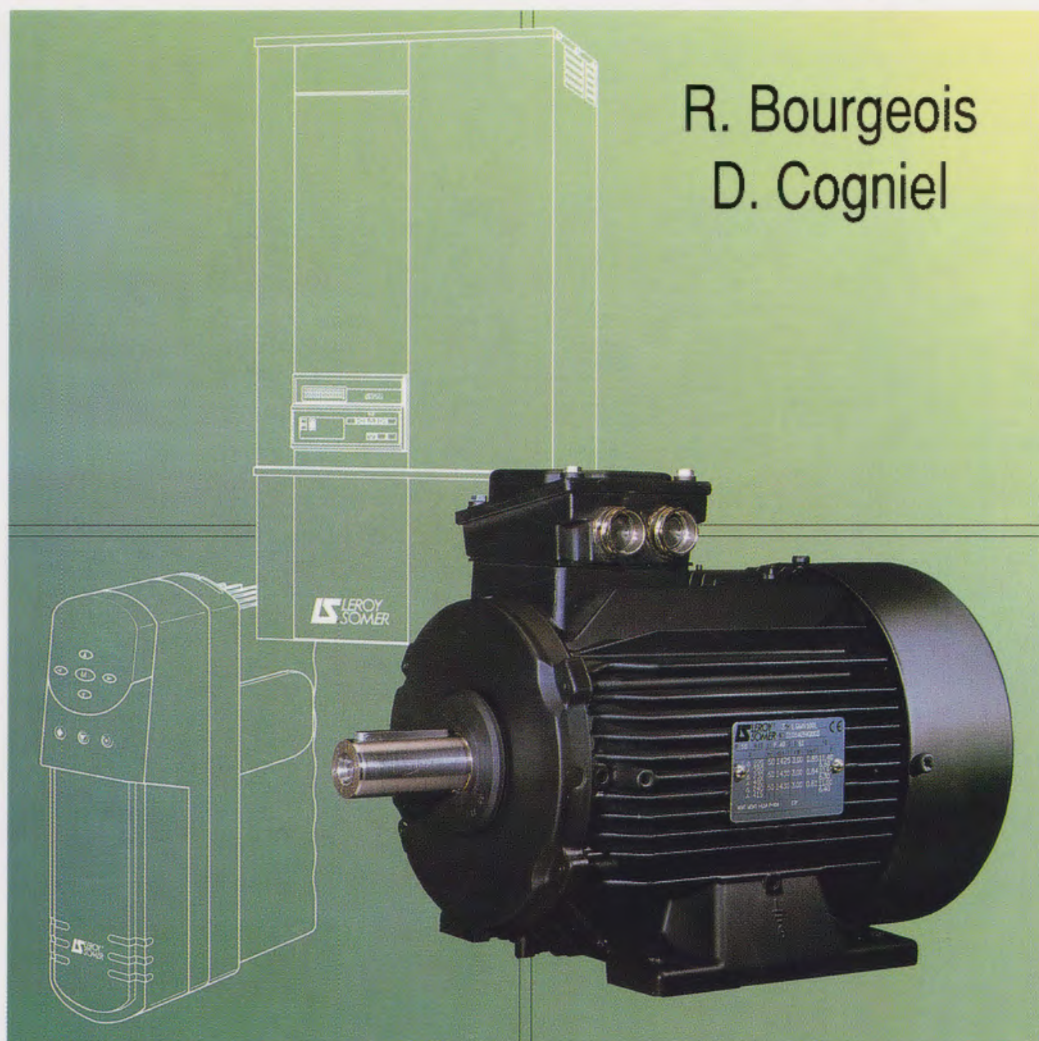


# mémotech **plus**

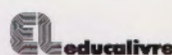
électrotechnique

R. Bourgeois  
D. Cogniel



La référence du technicien

**CASTEILLA**

educalivre

# TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRES		PAGES
1.	LOIS GÉNÉRALES D'ÉLECTROTECHNIQUE .....	9
2.	SYMBOLES ET CONVENTIONS	
	2.1. Les symboles électriques .....	13
	2.2. Les symboles pneumatiques et hydrauliques.....	40
	2.3. Les opérateurs logiques.....	46
	2.4. Les symboles et conventions pour les organigrammes.....	50
3.	PRÉVENTIONS DES ACCIDENTS ÉLECTRIQUES	
	3.1. Accidents d'origine électrique : nature et importance .....	55
	3.2. Mesures pratiques de protection.....	60
	3.3. Sécurité du personnel.....	65
4.	SCHÉMAS DES LIAISONS À LA TERRE	
	4.1. Étude des schémas des liaisons à la terre et les risques encourus .....	95
	4.2. Défauts d'isolement et protection des personnes.....	96
	4.3. Incidence des SLT sur la protection des personnes et des biens. Continuité de service.....	102
	4.4. Exemples d'application.....	112
	4.5. Choix d'un schéma des liaisons à la terre .....	119
5.	CLASSIFICATION DES LOCAUX À PARTIR DES INFLUENCES EXTERNES INDICES DE PROTECTION	
	5.1. Définition des influences externes.....	123
	5.2. Définition des indices de protection.....	124
	5.3. Classification des locaux selon les influences externes – indice de protection minimum .....	125
6.	LES CONDUCTEURS – LES CÂBLES – LES CANALISATIONS ÉLECTRIQUES	
	6.1. Détermination des sections des conducteurs.....	129
	6.2. Câbles et conducteurs .....	161
	6.3. Conduits.....	163
	6.4. Goulottes .....	167
	6.5. Chemin de câbles .....	168
	6.6. Canalisations enterrées.....	170
	6.7. Canalisations préfabriquées .....	171
	6.8. Exemple de choix d'une canalisation électrique.....	173
7.	L'ÉCLAIRAGE	
	7.1. Démarche de détermination d'un avant-projet d'éclairage .....	175
	7.2. Renseignements nécessaires à l'établissement d'un avant-projet d'éclairage .....	176
	7.3. Choix des sources lumineuses .....	184
	7.4. Les techniques et les matériels d'éclairage .....	185
	7.5. Avant-projet d'éclairage .....	192
8.	LE CHAUFFAGE DOMESTIQUE ÉLECTRIQUE	
	8.1. Démarche simplifiée de détermination d'un avant-projet de chauffage intégré.....	197
	8.2. Informations sur les éléments chauffants utilisés en chauffage électrique intégré haute isolation...	198
	8.3. Les câbles électrique chauffants.....	200
	8.4. Éléments permettant de vérifier les calculs d'un avant-projet de chauffage.....	203
	8.5. Définition des climats .....	205
	8.6. Caractéristiques des matériaux isolants thermiques.....	208
	8.7. Aération générale (réglementation) .....	210
	8.8. Exemple d'une maison en zone froide.....	212
	8.9. Schémas et repérage des circuits permettant d'effectuer les raccordements .....	213
	8.10. La régulation en chauffage électrique intégré haute isolation .....	216

CHAPITRES			PAGES
	8.11. Éléments chauffants utilisés en CEIH (Procédés de chauffage) .....		217
	8.12. Les pompes à chaleur .....		218
	8.13. Exemple d'étude thermique (pavillon) .....		219
	8.14. Abaque de consommations annuelles .....		222
	8.15. Lexique .....		223
	8.16. Production du froid en climatisation .....		224
9.	<b>ÉQUIPEMENTS ET INSTALLATIONS BT EN MILIEU DOMESTIQUE ET TERTIARE</b>		
	9.1. La distribution publique BT .....		229
	9.2. Règles d'installations électriques domestiques .....		230
	9.3. Canalisations sous conduits encastrés .....		234
	9.4. Canalisations sous conduits apparents .....		236
	9.5. Schémas de principe d'une installation .....		238
	9.6. Les conducteurs de protections (PE) .....		240
	9.7. Le conducteur neutre .....		243
	9.8. Les prises de terre .....		248
	9.9. Équipement électrique d'une salle d'eau .....		247
	9.10. Protection des installations électriques contre la foudre .....		248
	9.11. Gestion de l'énergie électrique en milieu domestique .....		263
	9.12. Montages lumières .....		268
	9.13. Exemple d'installation électrique domestique .....		269
10.	<b>SÉCURITÉ DANS LES BÂTIMENTS</b>		
	10.1. De la conception à la maintenance .....		271
	10.2. Spécificités d'un établissement .....		272
	10.3. Éclairage de sécurité .....		277
	10.4. Sécurité incendie .....		285
	10.5. Dispositifs de coupure .....		305
	10.6. Alarmes techniques. La surveillance technique d'un bâtiment .....		306
	10.7. Les mots clés de la sécurité .....		307
	10.8. Normes relatives aux installations de sécurité .....		308
	10.9. Sécurité intrusion .....		309
	10.10. Détection, commande et transmission .....		312
	10.11. Alimentations secourues – Filtres et conditionneur de réseau .....		314
	10.12. Alimentation sans interruption (ASI) .....		318
11.	<b>LES MOTEURS ÉLECTRIQUES INDUSTRIELS</b>		
	11.1. Les moteurs asynchrones .....		319
	11.1.1. Démarche de détermination d'un moteur asynchrone .....		319
	11.1.2. Machine entraînée .....		320
	11.1.3. Environnement .....		326
	11.1.4. Caractéristiques électriques .....		328
	11.1.5. Détermination de la puissance nominale d'un moteur .....		331
	11.1.6. Conditions de démarrage .....		334
	11.1.7. Choix du démarreur .....		338
	11.1.8. Démarrage et freinage des moteurs asynchrones .....		344
	11.1.9. Détermination des démarreurs (calculs approchés) .....		357
	11.1.10. Protection thermique des moteurs asynchrones .....		363
	11.1.11. Fonctionnement en service intermittent .....		363
	11.1.12. Choix des moteurs .....		368
	11.1.13. Exemple de choix d'un moteur et de son mode de démarrage .....		377
	11.2. Les moteurs à courant continu		
	11.2.1. Démarche de détermination d'un moteur à courant continu .....		379
	11.2.2. Possibilités d'adaptation des moteurs à courant continu .....		379
	11.2.3. Machine entraînée .....		380
	11.2.4. Environnement .....		380
	11.2.5. Paramètres électriques .....		380
	11.2.6. Conditions d'utilisation .....		381

# TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRES		PAGES
	11.2.7. Repérage des circuits internes d'un moteur à courant continu .....	381
	11.2.8. Guide de choix des moteurs à courant continu .....	382
	11.2.9. Caractéristiques des moteurs à courant continu type LSK .....	383
	11.2.10. Abaques de sélection des moteurs à courant continu type LSK .....	384
	11.2.11. Choix de la motoventilation pour moteurs à courant continu type LSK .....	384
	11.2.12. Conditions particulières de protection .....	385
	11.2.13. Exemple de choix .....	385
	11.3. Moteurs synchrones à aimants (sans balai) Brushless .....	386
	11.3.1. Concept des servomoteurs Brushless .....	386
	11.3.2. Paramètres techniques .....	387
	11.3.3. Guide de choix des moteurs sans balais (Brushless) .....	388
	11.3.4. Caractéristiques des moteurs .....	389
	11.3.5. Aباques de résolution des moteurs sans balais type LS .....	390
	11.3.6. Exemple de choix de moteur .....	390
12.	<b>LES CONVERTISSEURS STATIQUES</b>	
	12.1. Identification du convertisseur dans les équipements d'automatismes .....	391
	12.2. Éléments à prendre en compte pour choisir un convertisseur statique .....	391
	12.3. Guide de choix des convertisseurs statiques .....	398
	12.4. Schéma de branchement des convertisseurs statiques .....	400
13.	<b>LES MICROMOTEURS</b>	
	13.1. Guide de choix des micromoteurs .....	407
	13.2. Guide de choix du réducteur .....	408
	13.3. Détermination des micromoteurs .....	408
	13.3.1. Moteur PAS A PAS .....	408
	13.3.2. Moteur à courant continu .....	411
	13.3.3. Moteur asynchrone .....	412
	13.3.4. Moteur synchrone .....	413
14.	<b>LES VÉRINS PNEUMATIQUES ET LES VÉRINS ÉLECTRIQUES</b>	
	14.1. Structure générale d'une installation .....	415
	14.2. Démarche de détermination d'un vérin pneumatique .....	417
	14.3. Les distributeurs et les électrovannes .....	426
	14.4. Guide de choix d'un détecteur .....	433
	14.5. Exemple montrant l'exploitation des éléments à prendre en compte pour vérifier le comportement des composants pneumatiques .....	435
	14.6. Schémas et repérages des circuits permettant d'effectuer les raccordements .....	437
	14.7. Les vérins électriques .....	439
15.	<b>LES VÉRINS HYDRAULIQUES</b>	
	15.1. Informations sur les composants hydrauliques .....	443
	15.2. Les vérins hydrauliques (type HY/CUM) .....	446
	15.3. Les vérins hydrauliques (type CBDH) .....	448
16.	<b>DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE – LES RÉSEAUX ET LES POSTES HT/BT</b>	
	16.1. Principales architectures de la distribution BT .....	449
	16.2. La continuité de l'énergie électrique .....	450
	16.3. Évaluation et justification de la puissance d'une installation BT .....	451
	16.4. Exemple d'estimation de la puissance installée d'un atelier de fabrications mécaniques .....	452
	16.5. Réseau de distribution de deuxième catégorie .....	453
	16.6. Démarche de détermination des caractéristiques d'un poste de livraison .....	454
	16.7. Poste de livraison à comptage BT .....	455
	16.8. Choix de la cellule de protection du transformateur .....	456
	16.9. Poste de livraison à comptage HT .....	457
	16.10. Les postes HT/BT .....	458

CHAPITRES		PAGES
17.	<b>LES TRANSFORMATEURS</b>	
	17.1. Éléments à prendre en compte pour choisir un transformateur d'abonné .....	463
	17.2. Couplage des transformateurs.....	468
	17.3. Installation des transformateurs HT/BT (sécurité) .....	469
	17.4. Installation des transformateurs HT/BT (bruits).....	470
	17.5. Protection des transformateurs HT/BT .....	470
	17.6. Questions sur les transformateurs BT .....	471
	17.7. Détermination approchée de la puissance d'un transformateur d'équipement.....	473
	17.8. Chute de tension d'un transformateur .....	475
	17.9. Guide de choix d'un transformateur .....	476
	17.10. Remarques relatives au branchement des machines-outils .....	484
18.	<b>LES COFFRETS – LES ARMOIRES ET LES PUPITRES</b>	
	18.1. Démarche de détermination d'un coffret, d'une armoire ou d'un pupitre.....	485
	18.2. Guide de choix d'une enveloppe de protection .....	486
	18.3. Surfaces d'encombrement $S_e$ et hauteur d'encombrement $H_e$ .....	488
	18.4. Propriétés des enveloppes .....	488
	18.5. Choix de la climatisation pour les enveloppes.....	490
	18.6. Exemple.....	492
19.	<b>LES RÉSEAUX DE TERRAIN. VOIX – DONNÉES – IMAGES (VDI)</b>	
	19.1. Communication et protocole.....	493
	19.2. Les réseaux informatiques .....	494
	19.3. Les architectures d'automatismes.....	496
	19.4. Les bus et les réseaux de terrain en automatisme industriel.....	497
	19.5. Les liaisons asynchrones .....	501
	19.6. VOIX – DONNÉES – IMAGES (VDI).....	503
	19.7. Lexique de la VDI .....	506
20.	<b>ÉQUIPEMENTS ET INSTALLATIONS BT EN MILIEU INDUSTRIEL</b>	
	20.1. Règles générales.....	507
	20.2. Les sectionneurs à fusibles .....	513
	20.3. Les porte-fusibles .....	514
	20.4. Les fusibles .....	514
	20.5. Les contacteurs .....	525
	20.6. La protection contre les courts-circuits et les surcharges .....	535
	20.7. Le relais de protection thermique.....	536
	20.8. Le relais de protection magnétique .....	537
	20.9. Le relais de protection multifonction .....	538
	20.10. Les appareils intégrés .....	540
	20.11. Démarreur-Contrôleur .....	541
	20.12. Les disjoncteurs.....	542
	20.13. La protection différentielle .....	550
	20.14. Les interrupteurs.....	552
	20.15. Les détecteurs.....	554
	20.16. Les auxiliaires de commande et de signalisation .....	562
	20.17. Les contacteurs auxiliaires .....	563
	20.18. Les automates programmables industriels (API).....	565
	20.19. Les modules logiques de sécurité.....	572
	20.20. Sélectivité et coordination.....	576
21.	<b>LA GESTION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE</b>	
	21.1. La tarification.....	579
	21.2. Guide de choix d'un mode de tarification.....	579
	21.3. Informations sur les données tarifaires EDF en fonction des contrats.....	580
	21.4. Éléments permettant la vérification du choix d'une version tarifaire EDF.....	581

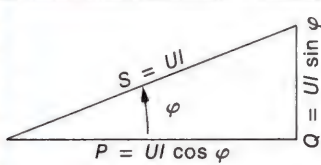
# TABLE DES MATIÈRES

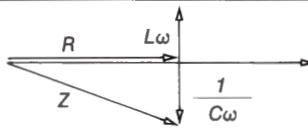
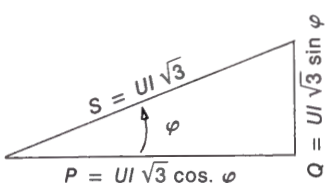
CHAPITRES		PAGES
	21.5. La compensation de l'énergie réactive .....	588
	21.6. Guide de choix d'une installation des condensateurs .....	592
22.	<b>LES COMMANDES DE SYSTÈMES</b>	
	22.1. Structuration des systèmes automatisés .....	593
	22.2. Le GRAFCET .....	594
	22.2.1. Langage de spécification Grafcet pour diagrammes fonctionnels en séquence .....	594
	22.2.2. Représentation graphique des éléments .....	600
	22.2.3. Représentation graphique des structures de séquence .....	605
	22.2.4. Structuration .....	608
	22.2.5. Exemple : doseur malaxeur automatique .....	612
	22.2.6. Le Gemma .....	616
23.	<b>ÉLECTRONIQUE DE COMMANDE</b>	
	23.1. Les circuits intégrés logiques (C.I.L) .....	617
	23.2. Attaques des entrées et des sorties des circuits intégrés logiques .....	620
	23.3. Table des circuits intégrés logiques par fonction .....	622
	23.4. Règles d'emploi des circuits intégrés logiques .....	624
	23.5. Composants passifs .....	626
	23.6. Les semi-conducteurs .....	628
	23.7. Transformateurs d'impulsions .....	630
	23.8. Circuits intégrés analogiques .....	631
	23.9. Brochages des composants .....	632
	23.10. Réalisation pratique des circuits imprimés .....	634
	23.11. Exemples de montages .....	636
24.	<b>ÉLECTRONIQUE DE PUISSANCE</b>	
	24.1. Éléments à prendre en compte pour choisir et protéger les composants électroniques de puissance .....	637
	24.2. Choix des diodes .....	641
	24.3. Choix des thyristors .....	643
	24.4. Choix des triacs .....	647
	24.5. Les thyristors G.T.O (Gate Turn off Thyristor) .....	649
	24.6. Choix des transistors .....	650
	24.7. Choix des fusibles en électronique de puissance .....	652
	24.8. Choix des dissipateurs .....	656
	24.9. Exemples d'application .....	660
25.	<b>MESURE ÉLECTRIQUE INDUSTRIELLE</b>	
	25.1. Multimétrie .....	665
	25.2. Sécurité électrique et mesures associées .....	675
	25.3. Sécurité des appareils de mesurage .....	684
26.	<b>NORMES ET TEXTES RÉGLEMENTAIRES</b>	
	26.1. Décrets, circulaires, arrêtés, brochures relatifs à la sécurité .....	693
	26.2. Normes d'électricité NFC .....	698
	26.3. Organismes agréés .....	699
ANNEXES	– Symboles des grandeurs et des unités de mesure .....	700
	– Caractéristiques des matériaux .....	704
	– Lexique anglais-français .....	705
	– Liste des constructeurs et des organismes .....	707
	– Index alphabétique .....	710

# 1. LOIS GÉNÉRALES D'ÉLECTROTECHNIQUE

<b>TRAVAIL – ÉNERGIE</b>	Travail	Force	Déplacement	Déplacement dans le sens de la force	
	$W = F \cdot d$				
	joule	newton	mètre		
	Travail	Force	Déplacement	Cos. Angle	Déplacement suivant un angle $\alpha$ par rapport à la force
	$W = F \cdot d \cdot \cos. \alpha$			cos. degrés	
	joule	newton	mètre	cos. degrés	
	Travail	Moment-Force	Rotation	Travail au cours d'une rotation	
	$W = M \cdot \theta$				
joule	newton-mètre	radian			
Moment-Force	Force	Rayon	Moment d'une force par rapport à son axe de rotation		
$W = F \cdot r$					
newton-mètre	newton	mètre			
<b>PUISSANCE MÉCANIQUE</b>	Puissance	Travail		Travail fourni par seconde	
		Temps			
	$P = \frac{W}{t}$				
watt	joule		seconde		
<b>CHAMP ÉLECTRIQUE</b>	Champ	Quant. d'élec.		Champ uniforme	
		Surface			
	$E = \frac{1}{\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{S}$				
volt/mètre	coulomb		mètre carré	Constante $\epsilon_0$ : permittivité du vide : $8,85 \cdot 10^{-12}$	
<b>TRAVAIL DE LA FORCE ÉLECTRIQUE</b>	Travail	Tension	Quant. d'élec.	Travail de la force électrique appliquée à une charge $Q$ passant d'un point A à un point B	
	$W = V_{AB} \cdot Q$				
	joule	volt	coulomb		
<b>CHAMP ET POTENTIEL</b>	Champ	Potentiel	Potentiel	Le champ se déduit du potentiel	
		Distance			
	$E = \frac{V_A - V_B}{AB}$				
volt/mètre	volt	volt	mètre		
<b>CONDENSATEURS : CHARGE</b>	Charge	Capacité	Tension	C : capacité ou facteur de proportionnalité	
	$Q = C \cdot U$				
	coulomb	farad	volt		
<b>CAPACITÉ</b>	Capacité	Surface		$\epsilon_r$ : permittivité relative ou constante diélectrique du milieu isolant	
		Distance			
	$C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{S}{d}$				
farad	mètre carré		mètre		
<b>COUPLAGE PARALLÈLE</b> <b>COUPLAGE EN SÉRIE</b>	$C = C_1 + C_2 + C_3$				
	$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$				
<b>INTENSITÉ DU COURANT</b>	Intensité	Charge		L'ampère est l'intensité d'un courant constant qui transporte 1 coulomb par seconde 1 ampère heure = 3 600 coulombs	
		Temps			
	$I = \frac{Q}{t}$				
ampère	coulomb		seconde		
<b>ÉNERGIE ABSORBÉE PAR UN RÉCEPTEUR</b>	Énergie	Tension	Charge	L'énergie absorbée par un récepteur est le travail des forces de coulomb	
	$W = U \cdot Q$				
	joule	volt	coulomb		

<b>PUISSANCE ABSORBÉE PAR UN RÉCEPTEUR</b>	Puissance	Tension	Intensité		
	$P = U I$				
	watt	volt	ampère		
<b>LOI D'OHM</b>	Tension	Résistance	Intensité	Cette formule ne s'applique qu'aux conducteurs passifs	
	$U = R I$				
	volt	ohm	ampère		
<b>RÉSISTANCE</b>	Résistance	Résistivité	Longueur	$\rho$ : caractérise un matériau	
			Surface		
	$R = \rho \frac{L}{S}$				
	ohm	ohm.mètre	mètre mètre carré		
<b>COUPLAGE EN SÉRIE</b> <b>COUPLAGE EN PARALLÈLE</b>  <b>ou</b>	Résistance	Résistance	Coef. temp.	Température	$R_0$ : résistance du matériau à zéro degré $a$ : coefficient de température
	$R = R_0 (1 + a t)$			degré	
	ohm	ohm			
	$R_e = R_1 + R_2 + R_3$				$R_e$ : résistance équivalente
	$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$				$G$ : conductance = $\frac{1}{R}$
	Conductance	Conductance	Conductance	Conductance	
	$G_e = G_1 + G_2 + G_3$				$n$ résistances $r$ identiques en parallèle Deux résistances en parallèle
	Siemens	Siemens	Siemens	Siemens	
	$R_e = \frac{r}{n}$				
		$R_e = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$			
<b>GÉNÉRATEUR</b>	Tension	f.é.m.	Résistance	Intensité	$E$ : force électromotrice à vide
	$U = E - r I$				
	volt	volt	ohm	ampère	
	Tension	f.c.é.m.	Résistance	Intensité	
<b>RÉCEPTEUR</b>	$U = E' + r I$				$E'$ : force contre-électromotrice
	volt	volt	ohm	ampère	
	$U = n E_1 - I n r_1$				
	$U = E_1 - I \frac{r_1}{n}$				
<b>COUPLAGE DES GÉNÉRATEURS ÉQUIVALENTS</b>					En série
					En parallèle
<b>EFFET JOULE</b>	Energie	Résistance	Intensité	Temps	$W$ : énergie calorifique
	$W = R I^2 t$				
	joule	ohm	amp. carré	seconde	
	Puissance	Résistance	Intensité		$P$ : puissance calorifique
	$P = R I^2$				
watt	ohm	amp. carré			
	$P = UI = \frac{U^2}{R}$				
<b>FORCE DE LA PLACE</b>	Force		Vitesse	Induction	
	$F = q V B$				
	newton	coulomb	mètre/sec.	tesla	
<b>FLUX MAGNÉTIQUE</b>	Flux	Induction	Surface	cos. angle	$\alpha$ : angle que fait le vecteur induction $B$ avec la normale à la surface $S$
	$\Phi = B S \cos. \alpha$				
	wéber	tesla	mètre-carré	cos. degré	
<b>CHAMP MAGNÉTIQUE DES COURANTS</b>	Force magnétomotrice <sup>09</sup>	nb de spires	Intensité		L'unité de la force magnétomotrice est l'ampère mais on la désigne souvent par l'ampère-tour
	$F = N I$				
	ampère-tour	spires	ampère		
	Excitation magnétique	Force magnétomotrice			
		Longueur			
	$H = \frac{F}{L}$				
ampère-tour/mètre	ampère-tour		mètre		

<b>CHAMP MAGNÉTIQUE DES COURANTS</b>	Induction	Perméabilité	Excl. Magnétique		$B_0 =$ induction dans le vide $\mu_0 =$ perméabilité dans le vide $= 4 \pi \cdot 10^{-7} \approx \frac{1}{800\,000}$ $\mu =$ perméabilité relative du matériau	
	$B_0 =$	$\mu_0$	$H$			
	tesla		amp. tour/mètre			
	$B =$	$\mu$	$B_0$			
<b>LOI DE LA PLACE</b>	Force	Induction	Intensité	Longueur	sin. angle	L'intensité est maximum lorsque le courant et l'induction font un angle de 90°
	$F = B$	$I$	$L$	$\sin \alpha$		
	newton	tesla	ampère	mètre	sin. degré	
	$B =$	$\mu_0 \mu$	$H$			
<b>TRAVAIL DES FORCES ÉLECTROMAGNÉTIQUES</b>	Travail	Flux	Intensité			
	$W =$	$\Phi$	$I$			
	joule	wéber	ampère			
<b>F.E.M. INDUITE</b>	F.E.M.	Induction	Longueur	Vitesse		$\Delta \varphi$ : variation du flux $\Delta t$ : variation du temps
	$E = B$	$L$	$v$			
	volt	tesla	mètre	mètre/sec.		
<b>INDUCTANCE SANS FER</b>	Flux	Inductance	Intensité		$L$ : unité d'inductance	
	$\Phi =$	$L$	$i$			
	wéber	henry	ampère			
<b>F.E.M. D'AUTO-INDUCTION</b>	$e =$	$-L$	$\frac{di}{dt}$		$\tau$ : constante de temps du phénomène	
	$\tau =$	$\frac{L}{R}$				
<b>CONDENSATEUR CHARGE</b>	Const. de temps	Résistance	Capacitance		Énergie mise en réserve dans le condensateur	
	$\tau =$	$R$	$C$			
	seconde	ohm	farad			
<b>ÉNERGIE DU CHAMP ÉLECTRIQUE</b>	Énergie	Capacité	Tension			
	$W =$	$\frac{1}{2} C$	$U^2$			
	joule	farad	volt			
<b>PULSATION D'UN COURANT</b>	Pulsation		Fréquence			
	$\omega = 2$	$\pi$	$f$			
	radian/sec.		hertz			
<b>FRÉQUENCE</b>	Fréquence	Période		Réseau distribué par EDF : $f = 50$ Hz $T = \frac{1}{f}$		
	$f =$	$\frac{1}{T}$				
	hertz	seconde				
<b>PUISSANCE MONOPHASÉE : PUISSANCE ACTIVE</b>	Puissance	Tension	Intensité			
	$P = U$	$I$	$\cos \varphi$			
	watt	volt	ampère			
<b>PUISSANCE RÉACTIVE</b>	Puissance	Tension	Intensité	$\cos \varphi$ : facteur de puissance $Q$ : en voltampère réactif $\tan \varphi = \frac{Q}{P}$ , $\cos \varphi = \frac{P}{S}$ , $\sin \varphi = \frac{Q}{S}$		
	$Q = U$	$I$	$\sin \varphi$			
	var	volt	ampère			
<b>PUISSANCE APPARENTE</b>	Puissance	Tension	Intensité			
	$S = U$	$I$				
	voltampère	volt	ampère			
<b>CIRCUIT IMPÉDANT</b>	$S =$	$\sqrt{P^2 + Q^2}$				
	Tension	Impédance	Intensité			
	$U = Z$	$I$				
	volt	ohm	ampère			
<b>IMPÉDANCE</b>	Tension	Inductance	Pulsation	Intensité		
	$U = L$	$\omega$	$I$			
	volt	henry	radian/sec.	ampère		
	Impédance	Résistance	Réactance			
$Z =$	$\sqrt{R^2 + X^2}$					
ohm	ohm	ohm				

CIRCUIT CAPACITIF PUR	Impédance	Tension Intensité	Capacité	Pulsation	Le condensateur est un générateur de puissance réactive  avec $R = 0$ et $X = -\frac{1}{C\omega}$
	$Z = \frac{U}{I} = \frac{1}{C\omega}$				
	ohm	volt ampère	farad	radian/sec.	
	$S = \frac{1}{C\omega} \quad P = 0 \quad Q = \frac{1}{C\omega}$				
INDUCTANCE, CAPACITÉ ET RÉSTIANCE EN SÉRIE	Impédance	Résistance	Inductance Pulsation	Capacité Pulsation	 <p>Le courant est intense, la tension est très grande (résonance pour un montage série)</p>
	$Z = \sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}$				
	ohm	ohm	henry radian/sec.	farad radian/sec.	
CIRCUIT EN RÉSONANCE	$L C \omega^2 = 1$				
INDUCTANCE, CAPACITÉ ET RÉSTIANCE EN PARALLÈLE	$I = U \left( \frac{1}{R} + \frac{1}{L\omega} - \frac{1}{C\omega} \right)$				Le courant est nul quelle que soit la tension $U$ (résonance pour montage parallèle)
CIRCUIT BOUCHON	$\frac{1}{L\omega} = \frac{1}{C\omega}$				
PUISSANCE TRIPHASÉE PUISSANCE ACTIVE	$P$ watt	$U$	$I$	$\cos$	
PUISSANCE RÉACTIVE	$Q$ var	$U$	$I$	$\sin$	
PUISSANCE APPARENTE	$S$	$U$	$I$		
MACHINE À COURANT CONTINU	Coefficient	Flux	Intensité		$K = \frac{P}{a} \frac{N}{2\pi}$  $N$ : nombre de conducteurs actifs  $p$ : nombre de paires de pôles $a$ : nombre de paires de voies d'enroulement
	$M$	$K$	$\Phi$	$I$	
	$E$	$K$	$\Phi$	$\Omega$	
	$E$	$N$	$n$	$\Phi$	
MACHINE À COURANT ALTERNATIF	$E = \frac{1}{2\pi} \frac{p}{a} N \Phi \Omega$				$K$ : coefficient de Kapp = $K_1 K_2 = 2,22$ $K_1$ : facteur de forme $K_2$ : facteur de bobinage
	$E$	$K f$	$N$	$\Phi$	
TRANSFORMATEUR	$E = 4,44 N f \Phi$				$N_1$ : nombre de spires au primaire $N_2$ : nombre de spires au secondaire $U_1$ : tension primaire $U_2$ : tension secondaire
RAPPORT DE TRANSFORMATION	$m = \frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1}$				
MOTEUR ASYNCHRONE	$\Omega$	$=$	$-$		$g$ : glissement $\Omega_s$ : vitesse de synchronisme $\Omega$ : vitesse de rotation $\Omega_b$ : vitesse de glissement  $\Omega_b = \Omega_s - \Omega$  $M$ : couple moteur électromagnétique
FRÉQUENCE DES COURANTS ROTORIQUES PUISSANCE PERDUE DANS LE ROTOR	$g$	$=$	$-\frac{\Omega}{\Omega_s} = 1 - \frac{\Omega}{\Omega_s}$		
	$\Omega$	$=$	$\Omega_s (1 - g)$		
RENDEMENT DU MOTEUR	$\eta$	$=$	$\frac{P_u}{P_e}$		

# 2. SYMBOLES ET CONVENTIONS

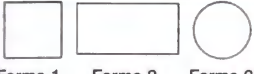



( CONFORMES AUX NORMES EN VIGUEUR )

## 2.1. LES SYMBOLES ÉLECTRIQUES





### 2.1.1. SYMBOLES ÉLÉMENTAIRES

NF EN 60.617.2













#### CADRES ET ENVELOPPES

 <p>Forme 1    Forme 2    Forme 3</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dispositif - Équipement</li> <li>- Unité fonctionnelle</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ligne de séparation</li> </ul>
 <p>Forme 1    Forme 2</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Enveloppe (ampoule ou cuve)</li> <li>- Enceinte</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Écran</li> </ul>




















#### NATURE DU COURANT ET DE LA TENSION

 <p>Forme 1    Forme 2</p> <p>Exemple : 2M ___ 220/110 V</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Courant continu</li> <li>- Trois conducteurs, dont un conducteur médian, 220 V (110 V entre conducteur et médian)</li> </ul>	 <p>50 Hz</p> <p>3 N ~ 50 Hz 400/230 V</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Courant alternatif, 50 Hz</li> <li>- Courant alternatif triphasé avec neutre (230 V entre phase et le neutre)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fréquences basses (fréquences industrielles)</li> <li>- Fréquences moyennes (fréquences acoustiques)</li> <li>- Fréquences hautes (fréquences radio-électriques)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Courant redressé avec composante alternative</li> <li>- Polarités positive et négative</li> </ul>
		<p>N</p> <p>M</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Neutre</li> <li>- Médian</li> </ul>

#### SENS DE L'EFFORT OU DU MOUVEMENT OU DE PROPAGATION

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Effort ou mouvement de translation dans le sens de la flèche.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Propagation de l'énergie ou de signaux dans un sens.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Réception.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Effort ou mouvement dans les deux sens.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Propagations simultanées dans les deux sens (émission et réception simultanées).</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Transit de l'énergie issue des barres (compteurs).</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rotation unidirectionnelle.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Propagations non simultanées dans les deux sens (émission et réception alternées).</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Transit de l'énergie dans les deux sens (compteurs et relais d'énergie).</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rotation limitée dans les deux sens.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Émission.</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mouvement oscillant.</li> </ul>				

#### TYPES DE MATIÈRE - EFFET OU DÉPENDANCE - RAYONNEMENT - SIGNAUX

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Matière non spécifiée.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Effet thermique.</li> <li>- Effet électromagnétique.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Impulsion positive.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Matière solide.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Effet par magnétostriktion.</li> <li>- Effet ou dépendance du champ magnétique.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Impulsion négative.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Matière liquide.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Temporisation.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Impulsion courant alternatif.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Matière gazeuse.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rayonnement électromagnétique non ionisant.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fonction échelon positive.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Électret.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rayonnement cohérent, non ionisant.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fonction échelon négative.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Semi-conducteur.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rayonnement ionisant (indiquer le type : <math>\alpha</math>, <math>\beta</math>, etc.)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Onde en dents de scie.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Isolant ou diélectrique.</li> </ul>				

COMMANDES MÉCANIQUES					
	- Liaison mécanique - Liaison pneumatique - Liaison hydraulique		- Verrouillage mécanique entre deux appareils		- Accouplement mécanique débrayé
	- Mouvement retardé dans le sens du déplacement de l'arc vers son centre		- Dispositif d'accrochage libéré		- Accouplement mécanique embrayé (1)
	- Retour automatique dans le sens du triangle		- Dispositif d'accrochage en prise		- Accouplement à entraînement dans un seul sens (roue libre) (2)
	- Crantage, retour non automatique. Dispositif de maintien dans une position		- Dispositif de blocage		- Frein
	- Crantage libéré		- Dispositif de blocage engagé, mouvement vers la gauche bloqué		- Moteur avec frein serré (1)
	- Crantage en prise		- Embrayage - Accouplement mécanique		- Moteur avec frein desserré (2)
	- Crantage en prise		- Embrayage - Accouplement mécanique		- Engrenage

DISPOSITIFS ET MÉTHODES DE COMMANDE					
	- Commande mécanique manuelle, cas général		- Commande par pédale		- Commande par came et galet
	- Commande mécanique manuelle, à accès restreint		- Commande par levier		- Commande par accumulation d'énergie mécanique
	- Commande par tirette		- Commande manuelle amovible		- Commande hydraulique ou pneumatique à simple effet
	- Commande rotative		- Commande par clef		- Commande hydraulique ou pneumatique à double effet
	- Commande par poussoir		- Commande par manivelle		- Commande électromagnétique
	- Commande par effet de proximité		- Commande par galet		- Commande par protection électromagnétique de surintensité
	- Commande par effleurement		- Commande par came		- Commande par élément thermosensible (thermique par surintensité)
	- Bouton poussoir de sécurité type « coup de poing »		- Profil de came		- Commande par moteur électrique
	- Commande par volant		- Développement linéaire d'une came		- Commande par horloge électrique

COMMANDE PAR GRANDEURS NON ÉLECTRIQUES					
	- Commande par le niveau d'un fluide		- Commande par le débit d'un fluide		- Commande par humidité relative - Commande par degré hygrométrique
	- Commande par comptage		- Commande par le débit d'un gaz		

ÉLÉMENTS IDÉAUX DE CIRCUIT					
	- Source idéale de courant		- Source idéale de tension		- Gyrateur idéal

## REPÉRAGE DES CONDUCTEURS ET DES BORNES

DÉSIGNATION DES CONDUCTEURS	NOTATION ALPHANUM.		Symbole graphique	DÉSIGNATION DES CONDUCTEURS	NOTATION ALPHANUM.		Symbole graphique	
	Conducteurs	Bornes			Conducteurs	Bornes		
Système d'alimentation alternatif	Phase 1	L1	U	Terre	E	E		
	Phase 2	L2	V		Terre sans bruit	TE		TE
	Phase 3	L3	W					
Système continu	Neutre	N	N	Masse, châssis	MM	MM		
	Positif	L +	A					
	Négatif	L -	B					
Conducteur de protection	Médian	M	C	Équipotentialité	CC	CC		
		PE	PE					
Conducteur de protection non mis à la terre		PU	PU	Borne d'équipotentialité (symbole utilisable sur le matériel)	CC	CC		
Conducteur de protection et conducteur neutre confondus		PEN	PEN					

## 2.1.2 CONDUCTEURS ET DISPOSITIFS DE CONNEXION

NF EN 60.617.3

### CONDUCTEURS


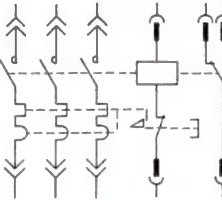
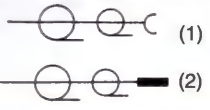
	- Conducteur. Groupe de conducteurs. Ligne. Câble. Circuit.		- Conducteur flexible		- Ex. : Deux conducteurs parmi cinq sont dans un câble
	- Ex. : trois conducteurs (deux variantes)		- Conducteur sous écran		- Paire coaxiale
	- Ex. : circuit à courant triphasé, 50 Hz, 400 V, trois conducteurs de 120 mm <sup>2</sup> , avec fil neutre de 50 mm <sup>2</sup>		- Conducteurs torsadés, deux conducteurs torsadés		- Paire coaxiale sous écran
			- Conducteurs dans un câble, trois conducteurs figurés		



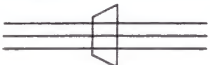
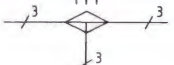
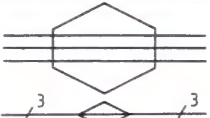
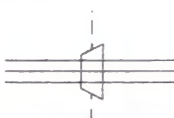
### BORNES ET CONNEXIONS DE CONDUCTEURS

	- Borne (le cercle peut être rempli)		- Jonction de conducteur		- Point neutre d'un système polyphasé, représenté en représentation unifilaire
	- Barrette à bornes		- Connexion commune à un groupe d'appareils similaires. - Ex. : Bancs multipliés et figurés pour 10 bancs		
	- Dérivation		- Permutation des conducteurs, changement de l'ordre de succession de phases ou inversion de polarité, figuré pour n conducteurs - Ex. : changement de l'ordre de succession des phases		- Ex. : alternateur triphasé, deux extrémités sorties sur chaque phase, point neutre extérieur
	- Double dérivation				


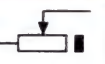
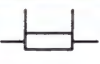




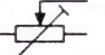


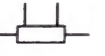
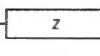


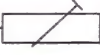
### DISPOSITIFS DE CONNEXION

















Forme 1	Forme 2		SYMBOLE	
		- Prise de connecteur - Prise de prolongateur - Pôle d'une prise		- Ensemble de connecteurs, partie fixe
		- Fiche de connecteur - Fiche de prolongateur - Pôle d'une fiche		- Ensemble de connecteurs, partie mobile
		- Fiche et prise unipolaires		- Ensemble de connecteurs accouplés (fiche fixe, prise mobile)
		- Fiche et prise multipolaires, hexapolaires, représentation multifilaire		- Fiche coaxiale et prise coaxiale
				- Barrettes de connexion (fermées : 2 symboles) (ouvertes : 1 symbole)
		- Représentation unipolaire		- Connecteurs - prise de dérivation (1) - pression en bout (2)

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Barrette de raccordement avec indications complémentaires sur les bornes.</li> <li>- Ex. : Borne 1 : avec sectionneur</li> <li>        Borne 2 : avec fusible</li> <li>        Borne 3 : avec fusible</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fiche et prise</li> <li>- Ex. : les deux formes de fiche et prise peuvent être utilisées dans un même schéma pour différencier certains circuits, tels que circuit de puissance et circuit auxiliaire d'un appareil mécanique de connexion</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fiche et prise triaxiales :</li> <li>- Prise, douille femelle (1)</li> <li>- Fiche, douille mâle (2)</li> </ul>		

<b>ACCESSOIRES POUR CÂBLES</b>			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Boîte d'extrémité pour câble tripolaire (2 variantes)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Boîte pour une dérivation, figurée avec trois conducteurs avec dérivation (2 variantes)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Boîte d'extrémité pour trois câbles unipolaires</li> </ul>		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Boîte de jonction pour conducteur, figurée avec trois conducteurs (2 variantes)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dispositif étanche de passage de câbles, figuré avec trois câbles</li> </ul>

<b>2.1.3. COMPOSANTS PASSIFS</b>	<b>NF EN 60.617.4</b>
----------------------------------	-----------------------

<b>RÉSISTANCES</b>					
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Résistance, symbole général (2 variantes)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Résistance à contact mobile avec position de coupure</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Shunt. Résistance à bornes « courant » et « tension » séparées</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Résistance variable</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Potentiomètre à contact mobile</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Résistance variable à disques de carbone</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Résistance dépendant de la tension. Varistance</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Potentiomètre à ajustage prédéterminé</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Élément chauffant</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Résistance variable à contact mobile</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Résistance avec prises fixes (deux prises figurées)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Impédance</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Résistance non réactive</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Thermistance, à coefficient de température Négatif ou Positif</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Résistance à ajustabilité prédéterminée</li> </ul>

<b>CONDENSATEURS</b>					
Forme 1	Forme 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Condensateur (symbole général)</li> </ul>	Forme 1	Forme 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Condensateur de traversée : sans connexion de sortie</li> </ul>
					<ul style="list-style-type: none"> <li>- Condensateur variable à double armature mobile</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Condensateur polarisé, par exemple électrolytique</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Condensateur polarisé variable en fonction de la température. (<math>\theta</math> peut être remplacé par <math>t^\circ</math>)</li> </ul>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Condensateur à ajustage prédéterminé</li> </ul>		
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Condensateur différentiel réglable</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Condensateur polarisé variable en fonction de la tension. (<math>U</math> peut être remplacé par <math>V</math>)</li> </ul>

INDUCTANCES					
	- Inductance, bobine, enroulement		- Inductance variable de façon continue à noyau magnétique		- Variomètre
	- Inductance à noyau magnétique		- Inductance avec prises fixes (deux prises figurées)		- Étouffoir de câble coaxial à noyau magnétique
	- Inductance à noyau magnétique avec entrefer		- Inductance variable par contact mobile, à variation par échelon		- Perle de ferrite, représentée sur un conducteur

## 2.1.4. SEMI-CONDUCTEURS

NF EN 60.617.5

DIODES					
	- Diode à semi-conducteur		- Diode tunnel		- Diode symétrique - Diac
	- Diode électroluminescente		- Diode à effet de claquage dans un seul sens		
	- Diode utilisant l'effet de la température		- Diode à effet de claquage dans les deux sens		- Diode Schottky
	- Diode à caractère variable		- Diode unitunnel		- Élément à effet Gunn dit : « Diode Gunn »

THYRISTORS					
	- Thyristor diode bloqué en inverse		- Thyristor triode bloqué en inverse, gâchette P		- Thyristor triode symétrique - Triac
	- Thyristor diode passant en inverse		- Thyristor triode blocable, gâchette non spécifiée		
	- Thyristor diode symétrique		- Thyristor triode blocable par la gâchette N		- Thyristor triode passant en inverse, gâchette non spécifiée
	- Thyristor triode, type non spécifié		- Thyristor triode blocable par la gâchette P		- Thyristor triode passant en inverse, gâchette N
	- Thyristor triode bloqué en inverse, gâchette N		- Thyristor tétrode bloqué en inverse		- Thyristor triode passant en inverse, gâchette P





TRANSISTORS					
	- Transistor PNP		- Transistors à jonction avec base de type P ou N		- Transistor PNIN avec connexion à la région intrinsèque
	- Transistor NPN, avec collecteur relié à l'enveloppe		- Transistor NPN avec base polarisée transversalement		- Transistor à effet de champ à grille-jonction avec canal de type P
	- Transistor avalanche NPN		- Transistor PNIP avec connexion à la région intrinsèque		- Transistor à effet de champ à grille-jonction avec canal de type P

DISPOSITIFS PHOTOSENSIBLES ET MAGNÉTOSENSIBLES					
	- Photorésistance - Cellule photoconductrice à conductivité symétrique		- Générateur Hall avec quatre connexions		- Magnétorésistance, type linéaire
	- Photodiode - Cellule photoconductrice à conductivité asymétrique		- Coupleur magnétique		- Coupleur optique. Exemple avec diode électroluminescente et phototransistor
	- Cellule photovoltaïque		- Coupleur optique. Exemple avec diode électroluminescente et phototransistor		
	- Phototransistor, type PNP				

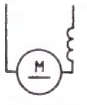

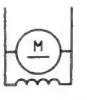


## 2.1.5. PRODUCTION, TRANSFORMATION, CONVERSION

NF EN 60.617.6





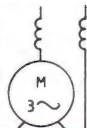
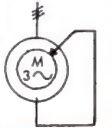
### TYPES DE MACHINES

	– Machine, symbole général L'astérisque * doit être remplacé par un des symboles suivants : C : commutatrice CS : compensateur synchrone G : génératrice GS : alternateur synchrone M : moteur MG : machine pouvant servir comme générateur ou comme moteur MS : moteur synchrone		– Moteur linéaire, symbole général
			– Moteur pas à pas, symbole général
			– Générateur à commande manuelle (magnéto d'appel)






### MACHINES À COURANT CONTINU

	– Moteur à courant continu à deux conducteurs, à excitation série		– Convertisseur rotatif de courant continu en courant continu avec excitation commune par aimant permanent
	– Moteur à courant continu à deux conducteurs, à excitation en dérivation		– Convertisseur rotatif de courant continu en courant continu avec enroulement d'excitation commun
	– Génératrice à courant continu à deux inducteurs, à excitation composée, à courte dérivation		






### MACHINES À COURANT ALTERNATIF À COLLECTEUR

	– Moteur à collecteur monophasé série		– Moteur à collecteur, monophasé, type Déri
	– Moteur à collecteur monophasé à répulsion (deux symboles)		– Moteur à collecteur, triphasé, shunt, à alimentation par le rotor à double rangée de balais (moteur Schrage)
		– Moteur à collecteur triphasé série	

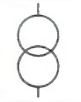










### MACHINES SYNCHRONES

	– Alternateur synchrone triphasé, à aimant permanent		– Alternateur synchrone triphasé, à deux bornes sorties par phase
	– Moteur synchrone monophasé		
	– Alternateur synchrone triphasé, à induit monté en étoile, avec neutre sorti		– Commutatrice triphasée à excitation en dérivation



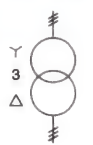
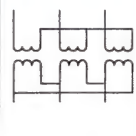


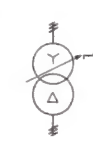
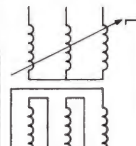


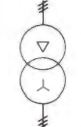
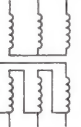
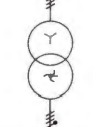
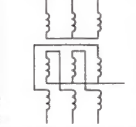
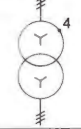
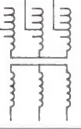
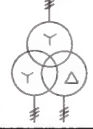
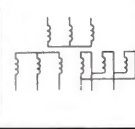
### MACHINES À INDUCTION (ASYNCHRONES)

	- Moteur asynchrone triphasé, à rotor en court-circuit		- Moteur asynchrone triphasé à stator monté en étoile, avec démarreur automatique dans le rotor
	- Moteur asynchrone monophasé à phase auxiliaire sortie et rotor en court-circuit		- Moteur linéaire asynchrone triphasé à déplacement dans un seul sens
	- Moteur asynchrone triphasé à rotor à bagues		






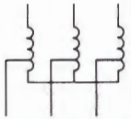

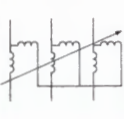
### TRANSFORMATEURS ET INDUCTANCES - SYMBOLES GÉNÉRAUX

Forme 1	Forme 2		Forme 1	Forme 2	
		- Transformateur à deux enroulements			- Autotransformateur
		• : Indicateurs de polarité instantanée des tensions			- Inductance
		- Transformateur à trois enroulements			- Transformateur de courant - Transformateur d'impulsion

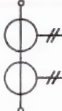
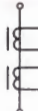



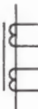

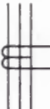




### TRANSFORMATEURS À ENROULEMENTS SÉPARÉS

Forme 1	Forme 2		Forme 1	Forme 2			
		- Transformateur monophasé à deux enroulements avec écran			- Groupe de trois transformateurs monophasés, couplage Étoile-Triangle		
		- Transformateur à prise médiane sur un enroulement					- Transformateur triphasé à prises multiples avec commutateur de prises pour manœuvre en charge, couplage Étoile-Triangle
		- Transformateur à couplage réglable					- Transformateur triphasé, couplage Étoile-Triangle
		- Transformateur triphasé, couplage Étoile-Triangle			- Transformateur triphasé, couplage Étoile-Zig-Zag, neutre sorti au secondaire		
		- Transformateur triphasé à quatre prises (non compris la prise principale) couplage Étoile-Étoile			- Transformateur triphasé à trois enroulements couplage Étoile-Étoile-Triangle		


### AUTOTRANSFORMATEURS ET RÉGULATEURS À INDUCTION

Forme 1	Forme 2		Forme 1	Forme 2	
		- Autotransformateur, monophasé			- Autotransformateur, monophasé à réglage progressif de la tension
		- Autotransformateur, triphasé, couplage étoile			- Régulateur à induction triphasé







### TRANSFORMATEURS DE MESURE ET TRANSFORMATEURS D'IMPULSION

Forme 1	Forme 2		Forme 1	Forme 2	
		- Transformateur de courant à deux enroulements secondaires, chacun sur un circuit magnétique			- Transformateur de courant sans primaire bobiné avec cinq passages du conducteur primaire
		- Transformateur de courant à deux enroulements secondaires sur un circuit magnétique commun			- Transformateur d'impulsion ou de courant avec un enroulement bobiné à trois conducteurs traversants
		- Transformateur de courant à un enroulement secondaire à trois bornes (deux conducteurs raccordés)			- Transformateur d'impulsion ou de courant avec deux enroulements sur le même noyau et neuf conducteurs traversants




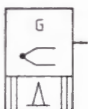
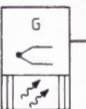

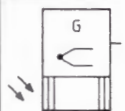
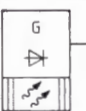
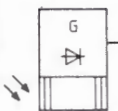
### PILES ET ACCUMULATEURS

	- Éléments de pile ou d'accumulateur - Le trait long représente le pôle positif - Le trait court représente le pôle négatif, il peut être épaissi		- Batterie d'accumulateurs ou de piles (2 variantes)
---	---	--	--


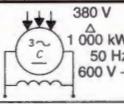
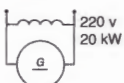
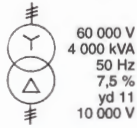
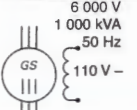
### CONVERTISSEURS DE PUISSANCE

	- Convertisseur (symbole général)		- Redresseur		- Onduleur
	- Convertisseur de courant continu		- Redresseur en couplage à double voie (en pont)		- Redresseur/onduleur



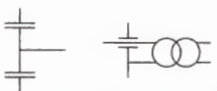

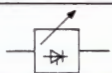
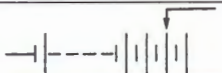
### GÉNÉRATEURS DE PUISSANCE

	- Source de chaleur (symbole général)		- Source de chaleur radio-isotopique		- Source de chaleur par combustion
	- Générateur thermoélectrique à source de chaleur par combustion		- Générateur thermoélectrique à source de chaleur radio-isotopique		- Générateur photovoltaïque
	- Générateur thermoélectrique à source de chaleur par rayonnement non ionisant		- Générateur thermoïonique à semi-conducteur à source de chaleur radio-isotopique		- Générateur thermoïonique à semi-conducteur à source de chaleur par rayonnement non ionisant

## INDICATIONS À PORTER SUR LES SYMBOLES

	- Moteur à courant continu, à excitation en série, à deux conducteurs 120 V, 500 W		- Commutatrice triphasée, à excitation en dérivation, 600 V, 1 000 kW, 50 Hz
	- Génératrice à courant continu, à excitation en dérivation, à deux conducteurs, 220 V, 20 kW		- Transformateur triphasé à deux enroulements 60 000/10 000 V, 4 000 kVA, 50 Hz, couplage Yd 11. Tension de court-circuit : 7,5 %
	- Alternateur synchrone (GS) ou moteur synchrone (MS) triphasé, à six bornes sorties, 6 000 V, 1 000 kVA, 50 Hz, excitation sous 110 V		







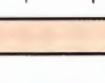
## AUTRES SYMBOLES - TRANSFORMATEURS - DIVISEURS CAPACITIFS - VARIATEURS - PILES

	- Transformateur de courant à plusieurs primaires (mesure de la composante homopolaire d'un réseau polyphasé)		- Équipement redresseur à tension continue réglable
	- Diviseur de tension capacitif. <b>Exemple :</b> Diviseur monophasé avec transformateur de tension		- Batterie d'accumulateurs à nombre d'éléments variable, utilisant le symbole général de variabilité extrinsèque par échelons
	- Variateur de puissance à thyristors		- Batterie avec régulateur simple, utilisant le symbole général de contact glissant




## 2.1.6. APPAREILLAGE ET DISPOSITIFS DE COMMANDE ET DE PROTECTION

NF EN 60.617.7





### CONTACTS À DEUX OU TROIS POSITIONS

	- Contact à fermeture (contact de travail) (NO)		- Contact à deux directions sans chevauchement		- Contact à deux directions avec chevauchement (deux symboles)
	- Contact à ouverture (contact de repos) (NC)		- Contact à deux directions avec position médiane d'ouverture		- Contact à deux fermetures
					- Contact à deux ouvertures

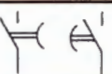
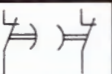

### CONTACTS DE PASSAGE À DEUX POSITIONS

	- Contact de passage fermant momentanément à l'action de son organe de commande (NO)		- Contact de passage fermant momentanément au relâchement de son organe de commande (NO)		- Fermant momentanément à l'action et au relâchement de son organe de commande (NO)
--	--	---	--	---	---





### CONTACTS À FONCTIONNEMENT DÉCALÉ

	- Contact à fermeture anticipée (1) (NO)		- Contact à ouverture tardive (NC)		- Contact à ouverture anticipée (NO)
	- Contact à fermeture tardive (2) (NO)				

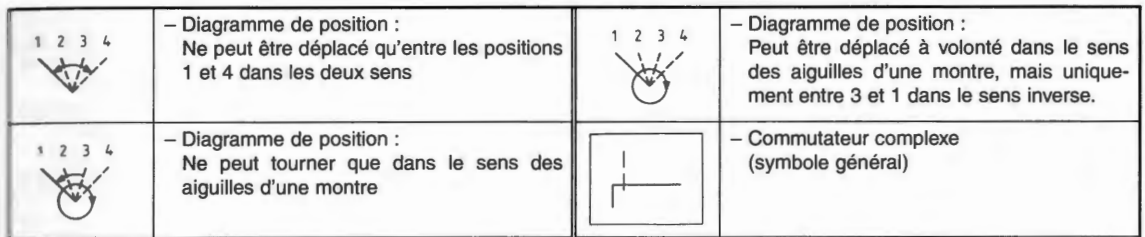
### CONTACTS À TEMPS SPÉCIFIÉ

	- Contact à fermeture, retardé à la fermeture (NO) (deux symboles)		- Contact à ouverture, retardé à la fermeture (NC) (deux symboles)		- Contact à fermeture, retardé à la fermeture et à l'ouverture (NO)
--	--	---	--	---	---

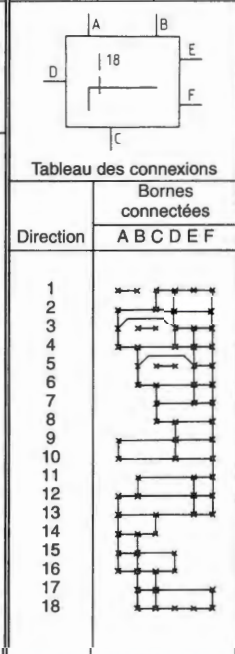
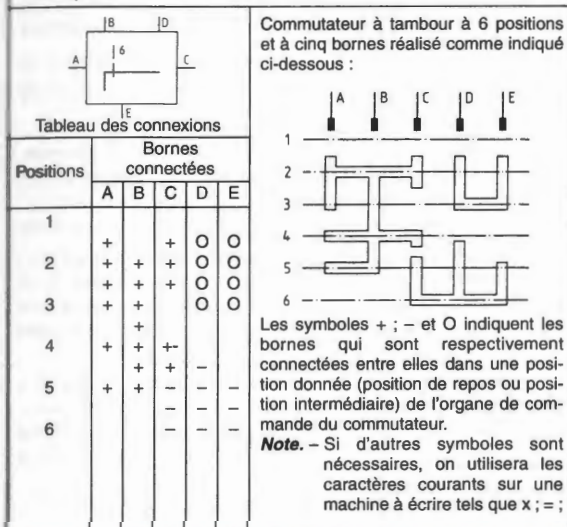
### CONTACTS À RETOUR AUTOMATIQUE OU À POSITION MAINTENUE

	- Contact à fermeture, à retour automatique (NO)		- Contact à fermeture, à position maintenue (NO)		- Contact à ouverture à retour automatique (NC)
	- Contact à deux directions avec position de coupure médiane d'ouverture, à retour automatique pour la direction de gauche et à position maintenue pour la direction de droite				

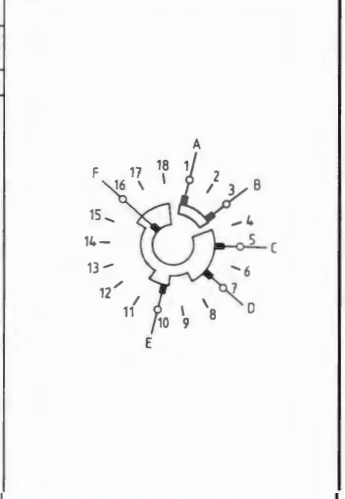
COMMUTATEURS UNIPOLAIRES ET INTERRUPTEURS DE POSITION					
	- Contact à fermeture à commande manuelle (NO) (symbole général)		- Bouton poussoir à fermeture à retour automatique (NO)		- Tirette à fermeture à retour automatique (NO)
	- Bouton rotatif à fermeture sans retour automatique (NO)		- Interrupteur de position (NO)		- Interrupteur de position à deux circuits distincts actionné mécaniquement dans les deux sens
INTERRUPTEURS FONCTIONNANT SOUS L'EFFET DE LA TEMPÉRATURE					
	- Interrupteur à fermeture (NO)		- Interrupteur agissant par effet thermique direct (NC) (ex. : bilame) (1) - Contact d'un relais thermique (NC) (2)		- Tube à gaz avec bilame. Starter pour lampe fluorescente
	- Interrupteur à ouverture (NC)				
CONTACTS AGISSANT SOUS L'EFFET D'UNE VARIATION DE VITESSE					
	- Interrupteur à inertie (actionné par une brusque accélération) (NO)		- Commutateur à mercure, trois bornes		- Commutateur à mercure, quatre bornes
APPAREILS MÉCANIQUES DE CONNEXION					
	- Interrupteur (deux variantes) (NO)		- Disjoncteur		- Interrupteur-sectionneur
	- Contacteur (1) (NO) - Discontacteur (2) (NO) (contacteur associé à un relais de protection)		- Sectionneur		- Interrupteur-sectionneur à ouverture automatique
	- Rupteur (NC)		- Sectionneur à deux directions avec position d'isolement médiane		- Sectionneur, à commande manuelle, avec dispositif de blocage
COMMUTATEURS MULTIPOLAIRES ET À PLUSIEURS DIRECTIONS					
	- Élément de commutateur à n directions représenté pour n = 6		- Élément de commutateur, à commande manuelle, avec quatre circuits indépendants		
	- Élément du commutateur à n directions, variante pour un faible nombre de directions, représenté pour n = 4		- Élément de commutateur à quatre directions, aucun circuit ne pouvant être raccordé sur la deuxième direction		
	- Élément de commutateur à quatre directions, avec diagramme de position		- Élément de commutateur à six directions avec chevauchement pendant le passage d'une direction à la suivante		
	- Combinateur à came et diagramme de fonctionnement correspondant		- Combinateur à tambour et diagramme de fonctionnement correspondant		



- Diagrammes de position :  
Il est parfois utile d'indiquer la fonction de chaque position du commutateur, ainsi que les limites imposées mécaniquement au mouvement du dispositif de commande, comme indiqué ci-dessus.



**Exemples :**  
Commutateur à galette, à 18 positions à six bornes, repérées ici A à F, réalisé comme indiqué ci-dessous (commutateur représenté en position 1)



**RELAIS ÉLECTROMÉCANIQUE DE TOUT-OU-RIEN**

	- Organe de commande d'un relais, symbole général (2 variantes)		- Organe de commande d'un relais avec deux enroulements séparés. Représentation rassemblée (2 variantes)		- Organe de commande d'un relais avec deux enroulements séparés, représentation développée (2 variantes)
	- Organe de commande d'un relais à mise au repos retardée		- Organe de commande d'un relais à mise au travail retardée		- Organe de commande d'un relais à mise au travail et mise au repos retardées
	- Organe de commande d'un relais rapide (mise au travail et mise au repos rapide)		- Organe de commande d'un relais insensible au courant alternatif		- Organe de commande d'un relais à courant alternatif
	- Organe de commande d'un relais à résonance mécanique		- Organe de commande d'un relais à verrouillage mécanique		- Organe de commande d'un relais polarisé
	- Relais polarisé fonctionnant pour un seul sens du courant (retour au repos à la coupure)		- Relais polarisé à position médiane fonctionnant pour les deux sens du courant		- Relais polarisé à deux positions stables
	- Organe de commande d'un relais à rémanence (2 variantes)		- Organe de commande d'un relais thermique		- Indication des positions d'un relais bistable : - Organe de commande à deux enroulements - Contact bidirectionnel
			- La norme permet d'ajouter des indications		

RELAIS DE MESURE					
	- Relais à manque de tension		- Relais à retour de courant		- Relais à maximum de puissance réactive ; - transit de l'énergie vers les barres - ajustement 1 Mvar - retard ajustable de 5 à 10 s
	- Relais à maximum de courant à action retardée		- Relais à maximum de courant à deux éléments de mesure, ajustement de 5 à 10 A		- Relais à maximum et à minimum de courant, actionné pour I > 5A et pour I < 3A
	- Relais à minimum de puissance active		- Relais à minimum de tension : - ajustement de 50 à 80 V - retard ajustable de 5 à 10 s		- Relais de détection de court-circuit entre spires
	- Relais à minimum d'impédance		- Relais de détection de défaut de phase dans un système triphasé		- Relais Buchholz
	- Relais à maximum de courant avec deux sorties, l'une active lorsque le courant dépasse 5 fois la valeur d'ajustement, l'autre avec caractéristique de retard à temps inverse		- Relais de détection de défaut de phase dans un système triphasé		- Relais de détection de rotor bloqué actionné par la mesure de courant
			- Relais Buchholz		- Dispositif de réenclenchement automatique
CAPTEURS ET DÉTECTEURS					
	- Capteur sensible à une proximité		- Capteur sensible à l'effleurement		- Dispositif sensible à une proximité, commandé par un aimant, avec contact à fermeture
	- Dispositif sensible à une proximité, symbole fonctionnel		- Capteur sensible à l'effleurement avec contact à fermeture		- Dispositif sensible à une proximité, commandé à l'approche de fer avec contact à ouverture
	- Détecteur capacitif de proximité, fonctionnant à l'approche d'un matériau solide		- Capteur sensible à une proximité avec contact à fermeture		
FUSIBLES ET INTERRUPTEURS À FUSIBLES					
	- Fusible (symbole général)		- Fusible, dont l'extrémité après fusion reste sous tension		- Fusible à percuteur
	- Fusible à percuteur avec circuit de signalisation à point commun		- Fusible à percuteur avec circuit de signalisation distinct		- Interrupteur triphasé à ouverture automatique par l'un quelconque des fusibles à percuteur
	- Fusible interrupteur (1) - Fusible sectionneur (2)		- Fusible interrupteur-sectionneur		
ÉCLATEURS ET PARAFONDRES					
	- Éclateur		- Éclateur double		- Parafoudre
AUXILIAIRES DE COMMANDE - COMMUTATEURS					
	- Commutateur à deux positions stables, bouton « pousser-tirer »		- Commutateur à deux positions stables, bouton « pousser-pousser »		- Auxiliaire manuel de commande actionné par une clé
	- Commutateur à deux positions stables, un bouton poussoir libérant l'autre		- Télérupteur		- Auxiliaire manuel de commande condamné par clé dans la position d'accrochage
	- Bouton rotatif à deux directions à retour automatique en position médiane		- Commutateur à clavier (un seul poussoir enfoncé à la fois)		- Commutateur « tourner-pousser » (à deux positions H et L) Représentation assemblée
	- Commutateur « tourner » lumineux				

**SYMBLES FONCTIONNELS DE DÉMARREURS DE MOTEUR**

	- Démarreur de moteur (symbole général)		- Démarreur avec mise à l'arrêt automatique		- Démarreur par autotransformateur
	- Démarreur opérant par échelons		- Démarreur direct par contacteur pour deux sens de marche		- Démarreur-régleur par thyristor
	- Démarreur-régleur		- Démarreur Étoile-Triangle		- Démarreur rhéostatique - <b>Exemple</b> : moteur asynchrone triphasé avec démarreur automatique par contacteur pour les deux sens de marche, mise à l'arrêt automatique. Démarreur rotorique rhéostatique automatique à 4 échelons (crans)
	- Démarreur automatique, symbole général, la partie hachurée peut être noircie		- Démarreur série-parallèle		
	- Démarreur semi-automatique, symbole général, la partie hachurée peut être noircie		- Démarreur par changement du nombre de pôles (exemple : 8/4 pôles)		

**2.1.7. APPAREILS DE MESURE, LAMPES ET SIGNALISATION NF EN 60.617.8**
**APPAREILS INDICATEURS**

















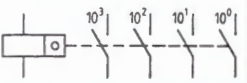




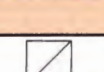












	- Voltmètre		- Ampèremètre de courant réactif		- Indicateur de maximum de puissance active asservi à un compteur d'énergie
	- Varemètre Indicateur de puissance réactive		- Cos phi mètre indicateur du facteur de puissance		- Phasemètre indicateur de déphasage
	- Fréquencemètre		- Synchronoscope		- Ondemètre
	- Oscilloscope		- Voltmètre différentiel		- Galvanomètre
	- Salinomètre		- Thermomètre		- Tachymètre
	- Indicateur de sens de courant		- Indicateur triphasé d'ordre de succession de phases		- Appareil de mesure à affichage numérique (2 variantes) L'astérisque est remplacé par le symbole de la grandeur à mesurer
	- Appareil indicateur double, les astérisques sont remplacés par les symboles				







**APPAREILS ENREGISTREURS**

	- Wattmètre enregistreur		- Enregistreur combiné wattmètre et varmètre		- Oscillographe
--	--------------------------	--	--	--	-----------------

**APPAREILS DE MESURE ET INSTRUMENTS DIVERS**

	- Synchro (symbole général) - Premières lettres : C : commande T : couple R : transfert de coordonnées - Lettres suivantes : D : différentiel R : récepteur T : transformateur X : transmetteur B : enroulement de stator orientable		- Transmetteur de couple		- Indicateur de position angulaire ou de pression, type à courant continu
		- Gyro		- Transmetteur de position angulaire ou de pression, type à courant continu	- Transmetteur de position angulaire ou de pression, type à induction
		- Indicateur de position angulaire ou de pression, type à induction			




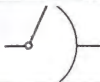
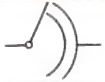
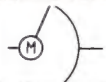


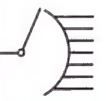
COMPTEURS				
	- Heuremètre - Compteur horaire		- Ampèreheuremètre	
	- Compteur d'énergie mesurant l'énergie dans un seul sens		- Compteur d'énergie reçue du jeu de barres	
	- Compteur d'énergie import-export - Compteur d'énergie échangée		- Compteur d'énergie active à dépassement de puissance	
	- Compteur d'énergie active avec émetteur		- Répétiteur d'un compteur d'énergie active	
	- Compteur d'énergie à tarifs multiples, figuré pour double tarif		- Compteur d'énergie active avec enregistrement du maximum de la puissance moyenne	
	- Compteur d'énergie active avec dispositif imprimant		- Varheuremètre - Compteur d'énergie réactive	
DISPOSITIFS DE COMPTAGE				
	- Fonction de comptage d'un nombre d'événements, symbole distinctif		- Compteur d'impulsions électriques	
	- Compteur d'impulsions électriques avec mise à zéro électrique		- Compteur d'impulsions, type mécanique	
	- Compteur d'impulsions électriques à plusieurs contacts. Les contacts sont fermés respectivement pour chaque unité (10 <sup>0</sup> ), dizaine (10 <sup>1</sup> ), centaine (10 <sup>2</sup> ), millier (10 <sup>3</sup> ) d'événements enregistrés		- Dispositif de comptage commandé par came, fermeture d'un contact tous les n événements	
THERMOCOUPLES				
	- Thermocouple (2 variantes)		- Thermocouple à élément chauffant non isolé (2 variantes)	
	- Thermocouple à élément chauffant isolé (2 variantes)		- Thermocouple à élément chauffant isolé (2 variantes)	
DISPOSITIFS DE TÉLÉMESURE				
	- Convertisseur de signal (symbole général)		- Émetteur de télémesure	
	- Récepteur de télémesure			
HORLOGES ÉLECTRIQUES				
	- Horloge, symbole général - Horloge secondaire		- Horloge mère	
	- Horloge synchrone pour 50 Hz		- Horloge à dispositif de remontage par moteur électrique	
	- Horloge à contact			
LAMPES ET DISPOSITIFS DE SIGNALISATION				
	- Lampe, symbole général - Lampe de signalisation, symbole général	Hg : mercure I : iode IN : Incandescence EL : électroluminescence ARC : arc FL : fluorescence IR : infrarouge UV : ultraviolet LED : diode électroluminescente		
	PRÉCISION DE LA COULEUR : RD : rouge BU : bleu YE : jaune WH : blanc GN : vert			
	TYPE DE LAMPE : NE : néon Xe : xénon Na : vapeur de sodium			

	- Avertisseur sonore - Klaxon		- Sifflet à commande électrique		- Sonnerie (2 variantes)
	- Sonnerie à un coup		- Sirène		- Ronfleur (2 variantes)













## 2.1.8. TÉLÉCOMMUNICATIONS

NF EN 60.617.9













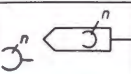
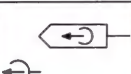
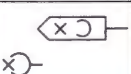
### SÉLECTEURS

	- Niveau de sélecteur avec balai à chevauchement		- Niveau de sélecteur avec balais sans chevauchement		- Sélecteur à un seul type de mouvement, sans position de repos
	- Sélecteur à un seul type de mouvement, avec position de repos		- Sélecteur à deux types de mouvement, avec position de repos		- Sélecteur entraîné par un moteur, avec position de repos
	- Sélecteur pour commutation à quatre fils, avec position de repos		- Sélecteur à un seul type de mouvement avec arrêt par potentiel de marquage sur une ou plusieurs broches du banc		- Sélecteur à un seul type de mouvement, avec position de repos et toutes les sorties représentées individuellement




### APPAREILS TÉLÉPHONIQUES

	- Appareil téléphonique (symbole général)		- Appareil téléphonique à batterie locale		- Appareil téléphonique à batterie centrale
	- Appareil téléphonique à cadran de numérotation		- Appareil téléphonique à cadran de numérotation		- Avec clé ou BP offrant des possibilités de commutation autres
	- Appareil téléphonique à prépaiement		- Appareil téléphonique avec générateur d'appel, par exemple magnéto		- Appareil téléphonique à haut-parleur
	- Appareil téléphonique avec amplificateur		- Appareil téléphonique autogénérateur		- Appareil pour deux ou plusieurs lignes, principales ou supplémentaires

### TRANSDUCTEURS

	- Microphone (symbole général)		- Microphone électrostatique - Microphone à condensateur		- Microphone symétrique
	- Récepteur téléphonique (symbole général)		- Récepteur type serre-tête, simple		- Combiné
	- Haut-parleur (symbole général)		- Microphone haut-parleur		- Tête de transducteur (symbole général)
	- Tête mécanique d'écriture ou de lecture, stéréophonique		- Tête de lecture optique monophonique		- Tête d'effacement
	- Tête magnétique pour n pistes (2 variantes)		- Tête magnétique d'écriture, monophonique (2 variantes)		- Tête magnétique d'effacement (2 variantes)

### APPAREILS D'ENREGISTREMENT ET DE LECTURE

	- Appareil d'enregistrement et de lecture (symbole général)		- Appareil d'enregistrement et de lecture à tambour magnétique		- Appareil de lecture à tête mécanique
--	---	---	--	---	--

## 2.1.9. SCHÉMAS ARCHITECTURAUX ET TOPOGRAPHIQUES NF EN 60.617.11

### CENTRALES, SOUS-STATIONS, POSTES ÉLECTRIQUES

En projet	En service		En projet	En service		En projet	En service	
		- Centrale			- Centrale de production combinée d'énergie électrique et de chaleur			- Sous-station - Poste
		- Centrale hydraulique			- Centrale thermique (charbon, lignite, fuel, gaz, etc.)			- Centrale nucléaire
		- Centrale géothermique			- Centrale solaire			- Centrale éolienne
		- Centrale à plasma MHD (magnétohydrodynamique)			- Sous-station de conversion, figurée pour courant continu converti en courant alternatif			
		- Poste sur poteau figuré avec poteau en béton			- Poste mobile ou amovible			

### RÉSEAUX - LIGNES

	- Ligne souterraine		- Ligne immergée		- Ligne aérienne
	- Canalisation en conduit ou fourreau		- Ligne avec retard d'accès à une chambre de raccordement		- Ligne avec point de raccordement enterré
	- Ex. : faisceau de six conduits		- Ligne avec vanne d'arrêt de gaz ou d'huile		- Ligne avec bouchon d'étanchéité à gaz ou huile, avec dérivation
	- Ligne avec bouchon d'étanchéité (gaz ou huile)		- Alimentation en courant continu par ligne de télécommunications		- Point de répartition
	- Alimentation en courant alternatif par lignes de télécommunications		- Concentrateur de lignes		- Dispositif évitant le glissement d'un câble de la canalisation
	- Cabine ou armoire pour installation extérieure (symbole général)		- Ex. : concentrateur de lignes sur poteau		- Dispositif dans chambre de raccordement
	- Ex. : cabine d'amplification		- Anode de protection		- Anode de protection en magnésium.

### LIGNES AÉRIENNES ET ACCESSOIRES

	- Ligne aérienne en conducteur isolé torsadé, sur support ou sur façade		- Ligne aérienne sur poteau en bois		- Ligne aérienne sur poteau métallique
	- Ligne aérienne sur poteau en béton		- Ligne aérienne sur potelet		- Boîte de jonction pour câbles
	- Boîte d'extrémité pour câble		- Boîte pour une dérivation		- Boîte à double dérivation

### IDENTIFICATION DE CONDUCTEURS PARTICULIERS - CANALISATIONS

	- Conducteur neutre		- Conducteur de protection et neutre confondu		- Ex. : canalisation triphasée avec conducteur neutre et conducteur de protection
	- Conducteur de protection		- Canalisation descendante		- Canalisation traversante verticalement
	- Canalisation montante		- Coffret de branchement avec une canalisation		- Coffret de répartition, figuré avec cinq canalisations
	- Boîte (symbole général)		- Coffret de répartition, figuré avec cinq canalisations		
	- Boîte de connexions				

## SOCLES DE PRISES DE COURANT

	- Socle de prise de courant (symbole général) (= 203.301)		- Socle pour plusieurs prises de courant, figuré pour trois		- Socle de prise de courant avec contact pour conducteur de protection
	- Socle de prise de courant avec volet d'obturation		- Socle de prise de courant avec interrupteur unipolaire		- Socle de prise pour terminal de télécommunication (symbole général) Ajouter les symboles :
	- Socle de prise de courant avec interrupteur de verrouillage		- Socle de prise de courant avec transformateur de séparation (Ex. : prise rasoir)	TP : téléphone M : microphone FM : modulation de fréquence TV : télévision TX : télex	

## INTERRUPTEURS ET APPAREILS DIVERS

	- Interrupteur (symbole général)		- Interrupteur à lampe témoin		- Interrupteur unipolaire à temps de fermeture limité
	- Interrupteur bipolaire		- Commutateur unipolaire Ex. : pour différentes intensités d'éclairage		- Interrupteur unipolaire va-et-vient
	- Commutateur intermédiaire pour va-et-vient		- Interrupteur gradateur		- Interrupteur unipolaire à tirette
	- Schéma équivalent des circuits		- Bouton poussoir (1) - Bouton poussoir lumineux (2)		- Bouton poussoir à accès protégé (glace à briser, etc.)
	- Minuterie		- Interrupteur horaire		- Dispositif de contrôle ou de commande par serrure (contrôleur de ronde)
	- Liaison d'interdépendance : - avec trait tireté - avec repère corrélatif (k)		- Touche à effleurement lumineuse (symbole général)		- Interrupteur à effleurement gradateur
	- Télérupteur		- Minuterie à préavis d'extinction		- Transformateur de séparation
	- Interrupteur crépusculaire		- Écran de visualisation		- Détecteur d'incendie ponctuel
	- Avertisseur manuel d'incendie		- Ensemble de matériel électrique. Ex. : tableau distributeur		- Centrale d'alarme à n circuits
	- Panneau à n signalisations lumineuses		- Panneau à n signalisations à voyants électromécaniques		- Chauffe-eau, représenté avec canalisation électrique
	- Ventilateur, représenté avec canalisation électrique		- Gâche électrique		- Interphone portier

## INSTALLATIONS D'ÉCLAIRAGE

	- Point d'attente d'appareil d'éclairage, représenté avec canalisation		- Point d'attente d'appareil d'éclairage en applique murale, représenté avec canalisation		- Lampe (symbole général) (= 208.801)
	- Luminaire à fluorescence (symbole général)		- Luminaire à trois tubes fluorescents		- Luminaire à cinq tubes fluorescents
	- Projecteur (symbole général)		- Projecteur à faisceau peu divergent		- Projecteur à faisceau divergent
	- Appareil auxiliaire pour lampe à décharge (utilisé lorsqu'il n'est pas dans le luminaire)		- Appareil d'éclairage de sécurité sur circuit spécial		- Bloc autonome d'éclairage de sécurité

La représentation de rampes de luminaires fluorescents peut se faire au moyen des symboles de base associés comme l'indiquent les exemples ci-contre		- Figuré 3 tubes bout à bout de chacun 40 W
	- Figuré 3 groupes bout à bout de 2 tubes 65 W chacun	- Figuré 3 tubes bout à bout
	- Figuré 3 groupes bout à bout de 2 tubes chacun	- Rampe d'éclairage montée sur canalisation préfabriquée
















### CANALISATIONS PREFABRIQUÉES

	- Élément droit (symbole général)		- Élément droit à n conducteurs		- Éléments droits assemblés Ex. : 2 éléments assemblés
	- Obturateur d'extrémité		- Coude		- Té
	- Croix avec double dérivation		- Élément à longueur ajustable		- Élément à barres bloquées par rapport à l'enveloppe
	- Élément de dilatation, barres par rapport à l'enveloppe		- Élément flexible		- Élément de réduction
	- Élément de permutation de phase		- Coffret d'appareillage en ligne		- Élément de traversée coupe-feu
	- Élément d'alimentation en bout <b>Exemple</b> : alimentation par la gauche		- Élément d'alimentation central Ex. : alimentation par le haut		- Exemple de canalisation, alimentée par la droite
	- Exemple de canalisation, alimentée au centre par le bas		- Coffret d'alimentation en bout (avec ou sans appareillage)		- Coffret d'alimentation central (avec ou sans appareillage)
	- Emplacement pour dérivation fixe <b>Exemple</b> : dérivation vers le bas		- Chariot coulissant		- Coffret de dérivation fixe
	-		- Dérivation fixe avec socle de prise de courant		- Élément à 2 circuits : l'un à 3 conducteurs l'autre à 2 conducteurs
	- Élément à 3 circuits. Les lettres A, B, C sont à remplacer par les caractéristiques de composition des circuits (2 variantes)		Coffret d'alimentation en bout pour canalisation à deux circuits (2 + 3) avec 3 entrées et une liaison vers canalisation		- Élément droit à trois compartiments séparés : 1) pour canalisation préfabriquée (circuit à 5 conducteurs) 2) pour la pose après installation, modulation de fréquence 3) pour la pose après installation, du circuit téléphone
	- Élément droit à 2 circuits assemblés <b>Exemple</b> : 2 éléments assemblés		- Élément droit à deux circuits A et B avec emplacement C disponible pour pose de câbles (2 variantes)		
	- Alimentation d'une canalisation à 2 circuits alimentés séparés				

### CONDUCTEURS ET CANALISATIONS DANS LE BÂTIMENT

- Le symbole du conducteur peut être complété, dans l'ordre, des renseignements concernant le mode de pose, le type de conduit, la nature du conducteur ou câble, selon le code suivant :
- Mode de pose : EN : Encastré ; NE : Apparent (non encastré) ; CC : Chemin de câble ; CS : Caniveau de sol ; GO : Goulotte ; MO : Moulure ; PF : Préfabriqué ; PL : Plinthe ; AE : Aérien ; AP : Autoporté ; AC : Flexible sur chariot ; AS : Suspendu ; AT : Trolley
  - Désignation normalisée du conduit (EN 586)
  - Désignation normalisée du câble ou conducteur (NFC 30-202)
- Exemple d'application : EN/MRL/H07 RN-F

## APPAREILS ÉLECTRODOMESTIQUES OU ASSIMILÉS

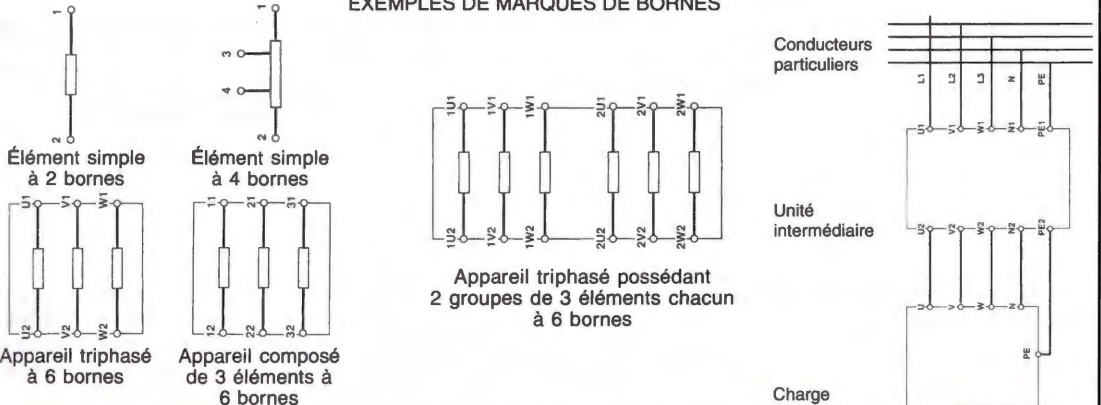
	- Appareil de chauffage électrique (symbole général)		- Appareil de chauffage électrique à accumulation		- Climatiseur
	- Cuisinière électrique		- Four électrique séparé		- Hotte aspirante et filtrante
	- Four à micro-ondes		- Plaque chauffante		* Réfrigérateur
	- Réfrigérateur avec compartiment congélateur		- Lave-vaisselle		*** Congélateur
	- Armoire sèche-linge		- Sèche-mains, sèche-cheveux, radiateur soufflant		- Appareil électromagnétique non défini

## 2.1.10. IDENTIFICATION DES BORNES D'APPAREILS

NF EN 60.445

DÉSIGNATION DES CONDUCTEURS	NOTATION ALPHANUMÉRIQUE	BORNES D'APPAREILS POUR	NOTATION ALPHANUMÉRIQUE
Système alternatif (alimentation)	Phase 1	Système alternatif	U
	Phase 2		V
	Phase 3		W
	Neutre		N
Système continu	Positif	Conducteur de protection	PE
	Négatif		E
	Médian		TE
Conducteur de protection	M	Terre sans bruit	
Conducteur de protection non mis à la terre	PE		
Conducteur de protection et conducteur neutre confondus	PU		
Terre	PEN		
Terre sans bruit	E		
	TE		

### EXEMPLES DE MARQUES DE BORNES



## 2.1.11. CODE DE DÉSIGNATION DES COULEURS

NFC 04.201

Noir .....	BK	Gris (ardoise) .....	G7	- Combinaison des couleurs pour un même élément : juxtaposer les codes des différentes couleurs dans l'ordre du tableau <b>Exemple</b> : élément rouge et bleu : RD BU
Brun .....	BN	Blanc .....	WH	
Rouge .....	RD	Rose .....	PK	
Orange .....	OG	Or .....	GD	
Jaune .....	YE	Turquoise .....	TQ	
Vert .....	GN	Argent .....	SR	- Combinaison pour des éléments différents : séparer les couleurs par le signe « plus » (+) <b>Exemple</b> : câble à 5 conducteurs isolés comportant : 2 noirs, 1 brun, 1 bleu, 1 vert et jaune : BK + BK + BN + BU + GNYE
Bleu (y compris bleu clair) .	BU	Vert et jaune .....	GNYE	
Violet (pourpre) .....	VT			

### Principes de marquage

- Le marquage des diverses bornes d'un même circuit doit caractériser leur appartenance au même circuit.
- Le marquage des bornes des circuits d'alimentation (bobine, impédance...) doit être alphanumérique.
- Le marquage des bornes des éléments de contacts doit être numérique.
- Si, pour obtenir une fonction donnée, le sens relatif des alimentations doit être spécialement caractérisé, les bornes reliées à la même polarité ou à la même phase doivent porter le même numéro.
- Si, de plus, le relais est polarisé, la borne destinée au pôle positif de la source d'alimentation doit être marquée 1 (exemple : A1, B1, ...).
- Chaque marquage ne doit apparaître qu'une seule fois.

	<p>- Les deux bornes du circuit d'alimentation d'un relais ne comportant qu'un seul circuit d'alimentation sont repérées A1 et A2.</p>	
		<p>- Lorsqu'un relais comporte plusieurs circuits d'alimentation distincts (relais bistables, par exemple) les bornes du premier circuit sont marquées A1 et A2, ceux du second B1 et B2, ceux du troisième C1 et C2, etc.</p>

- Dans le cas des relais de fonctions associant plusieurs circuits d'alimentation (bobines à point commun, source auxiliaire, « commande interne », impédance externe, etc.) les bornes supplémentaires peuvent avoir des indices différents.

--	--	--	--

### CONTACTS

- Les bornes des circuits de contacts sont marquées par un nombre à deux chiffres (arabes). Le chiffre des unités est un chiffre de fonction, celui des dizaines (et des centaines s'il y a lieu) est un numéro d'ordre.
- Chiffre de fonction :
  - l'entrée du contact est repérée 1
  - la sortie de repos est repérée 2
  - la sortie de travail est repérée 4
- Numéro d'ORDRE : - les bornes appartenant à un même ensemble de contacts sont affectées du même numéro d'ordre. Les ensembles de contacts différents doivent avoir un numéro d'ordre différent.

<p><i>exemple</i></p>	<h4>MARQUAGE PHYSIQUEMENT IMPOSSIBLE</h4> <p>Exemple</p> <p>Repère de position</p>	<h4>REPÉRAGE (Embase - Relais) Câblage Relais instantané 4RT</h4> <table border="1"> <tr> <td>A1</td><td>B1</td><td>B2</td><td>A2</td></tr> <tr> <td>11</td><td>21</td><td>31</td><td>41</td></tr> <tr> <td>14</td><td>24</td><td>34</td><td>44</td></tr> <tr> <td>12 / C2</td><td>22</td><td>32</td><td>42</td></tr> </table>	A1	B1	B2	A2	11	21	31	41	14	24	34	44	12 / C2	22	32	42
A1	B1	B2	A2															
11	21	31	41															
14	24	34	44															
12 / C2	22	32	42															

### CÂBLAGE POUR FONCTION BISTABLE (à autocoupeure sur enroulement d'appel)



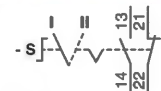




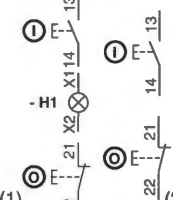
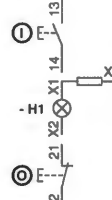
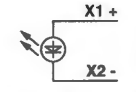
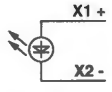

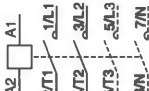
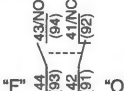
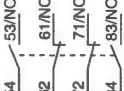


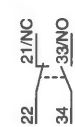
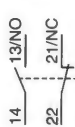
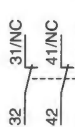
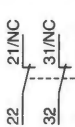
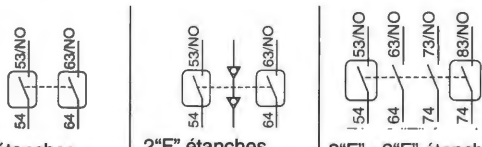
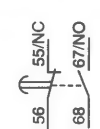

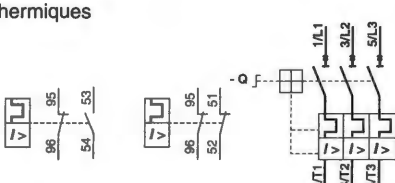
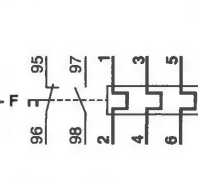
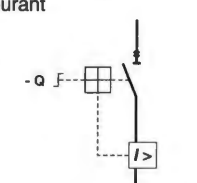
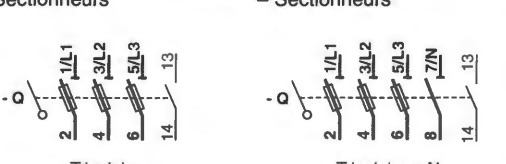
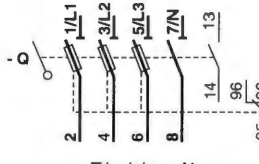
<p><i>Exemple 1</i></p>	<p><i>Exemple 2</i></p>
-------------------------	-------------------------

RELAIS avec un contact travail à temps non spécifié et un contact à 2 directions retardé au relâchement (temporisation réglable par potentiomètre extérieur), alimentation permanente et commande par contact d'ouverture

## 2.1.13. REPÉRAGE DES SCHÉMAS

NFC 45.252

### APPAREILLAGE – REPÉRAGE DES BORNES

<p>– Bouton-poussoir affleurant "F"</p> 	<p>– Bouton-poussoir coup de poing "O"</p> 	<p>– Bouton tournant "O + F"</p> 			
<p>– Bouton-poussoir affleurant "O"</p> 	<p>– Bouton-poussoir coup de poing "O + F"</p> 	<p>– Bouton tournant à serrure "O + F"</p> 			
<p>– Bouton-poussoir lumineux affleurant</p> 	<p>– Bouton-poussoir (1) à double touche avec voyant lumineux. Alimentation directe (2) à double touche sans voyant</p> 	<p>– Bouton-poussoir à double touche avec voyant lumineux. Alimentation réduite (130 V)</p> 			
<p>– Élément de contact adaptable</p> 	<p>– Voyant lumineux à DEL. Alimentation directe</p> 	<p>– Voyant lumineux à DEL avec transformateur incorporé</p> 			
<p>– Contacteur</p> 	<p>– Contacts auxiliaires ( ) : montage de l'additif à droite du contacteur</p> 	<p>– Contacts auxiliaires associés</p> 			
<p>– Contacts auxiliaires instantanés avec repérage conforme à la norme EN 50012</p>					
<p>1 "F" + 1 "O"</p> 	<p>1 "F" + 1 "O"</p> 	<p>1 "F" + 1 "O"</p> 	<p>2 "F" + 2 "O"</p> 	<p>2 "F" + 2 "O"</p> 	<p>2 "F" + 2 "O"</p> 
<p>– Contacts auxiliaires instantanés étanches</p> 			<p>– Contacts auxiliaires temporisés</p> <p>Contact temporisé au travail</p>  <p>Contact temporisé au repos</p> 		
<p>– Disjoncteurs-moteurs magnéto-thermiques</p> 			<p>– Relais thermique</p> 	<p>– Relais à maximum de courant</p> 	
<p>– Sectionneurs</p>  <p>Tripolaire</p> <p>Tripolaire + N</p>		<p>– Sectionneur avec dispositif contre la marche en monophasé</p>  <p>Tripolaire + N</p>			

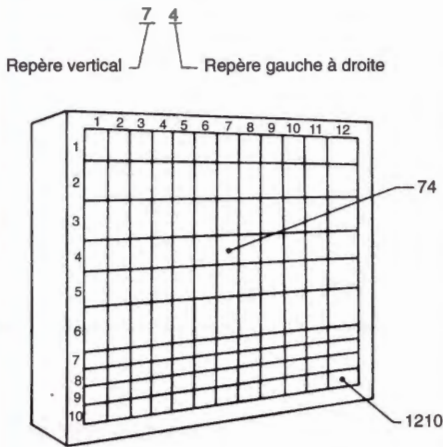
<b>LETTRES REPÈRES POUR L'IDENTIFICATION DES SORTES D'ÉLÉMENTS (Pour composition du bloc 3A)</b>		
<b>Lettre</b>	<b>Sorte d'élément</b>	<b>Exemples</b>
<b>A</b>	Ensembles, sous-ensembles fonctionnels.	Amplificateur à tubes ou à transistors, amplificateur magnétique, laser, maser. Variateur électronique. Automate programmable.
<b>B</b>	Transducteurs d'une grandeur non électrique en une grandeur électrique ou vice versa.	Couple thermo-électrique, cellule thermo-électrique, cellule photo-électrique, dynamomètre électrique, transducteur à cristal, microphone, tête de lecture, synchro-transmetteur.
<b>C</b>	Condensateurs.	
<b>D</b>	Opérateurs binaires, dispositifs de temporisation, dispositifs de mise en mémoire.	Opérateur combinatoire, ligne à retard, bascule bistable, bascule monostable, enregistreur, mémoire magnétique, enregistreur sur bande ou sur disque.
<b>E</b>	Matériels divers.	Éclairage, chauffage, éléments non spécifiés dans ce tableau.
<b>F</b>	Dispositifs de protection.	Coupe-circuit à fusible, limiteur de surtension, parafoudre.
<b>G</b>	Générateurs (dispositifs d'alimentation).	Génératrice, alternateur, convertisseur rotatif de fréquence, batterie, oscillateur, oscillateur à quartz.
<b>H</b>	Dispositifs de signalisation.	Avertisseurs lumineux et sonores.
<b>J</b>		
<b>K</b>	Relais et contacteurs.	
<b>L</b>	Inductances.	Bobine d'induction, bobine de blocage.
<b>M</b>	Moteurs.	
<b>N</b>		
<b>P</b>	Instruments de mesure, dispositifs d'essai.	Appareil indicateur, appareil enregistreur, compteur, commutateur horaire.
<b>Q</b>	Appareils mécaniques de connexion pour circuits de puissance.	Disjoncteur, sectionneur.
<b>R</b>	Résistances.	Résistance réglable, potentiomètre, rhéostat, shunt, thermistance.
<b>S</b>	Appareils mécaniques de connexion pour circuits de conduite.	Auxiliaire manuel de commande, bouton poussoir, interrupteur fin de course, sélecteur, cadran téléphonique, étage de connexion.
<b>T</b>	Transformateurs.	Transformateur de tension, transformateur de courant.
<b>U</b>	Modulateurs, convertisseurs.	Discriminateur, démodulateur, convertisseur de fréquence, codeur, convertisseur redresseur, onduleur autonome, translateur télégraphique.
<b>V</b>	Tubes électroniques, semi-conducteurs.	Tube à vide, tube à gaz, tube à décharge, lampe à décharge, diode, transistor, thyristor.
<b>W</b>	Voies de transmission, guides d'onde, antennes.	Bretelle (conducteur de renvoi), câble, jeu de barres, guides d'onde, coupleur directif de guide d'onde, dipôle, antenne parabolique.
<b>X</b>	Bornes, fiches, socles.	Fiche et prise de connexion, clips, fiche d'essai, plaquette à bornes, sortie à souder.
<b>Y</b>	Appareils mécaniques actionnés électriquement.	Frein, embrayage, électrovalve pneumatique.
<b>Z</b>	Charges correctives, transformateurs différentiels, filtres, correcteurs, limiteurs.	Équilibre, compresseur/extenseur, filtre à cristal.

**REPÉRAGE  
D'IDENTIFICATION  
DES  
ÉLÉMENTS**

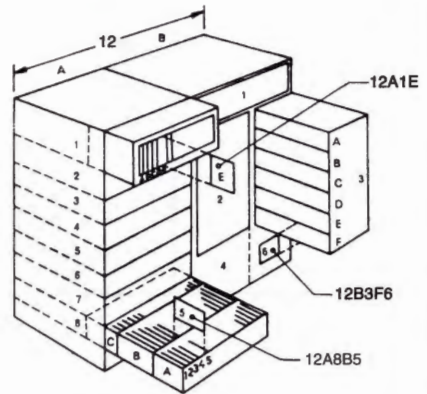
**LETTRES REPÈRES POUR L'IDENTIFICATION DES FONCTIONS GÉNÉRALES**  
(Pour composition du bloc 3C)

Lettre repère	Fonction générale	Lettre repère	Fonction générale
<b>A</b>	Auxiliaire.	<b>N</b>	Mesure
<b>B</b>	Direction de mouvement (avant, arrière, lever, baisser, dextrorsum, sinistrorsum).	<b>P</b>	Proportionnel.
<b>C</b>	Comptage numérique.	<b>Q</b>	Démarrage, d'arrêt, de fin de course.
<b>D</b>	Différentiel.	<b>R</b>	Réarmement, effacement.
<b>E</b>		<b>S</b>	Mise en mémoire, enregistrement.
<b>F</b>	Protection.	<b>T</b>	Temporisation.
<b>G</b>	Essai.	<b>U</b>	
<b>H</b>	Signalisation.	<b>V</b>	Vitesse (accélération, freinage)
<b>J</b>	Intégration.	<b>W</b>	Additionneur.
<b>K</b>	Approche (exemple : mise à niveau).	<b>X</b>	Multiplieur.
<b>L</b>		<b>Y</b>	Analogique.
<b>M</b>	Principal.	<b>Z</b>	Numérique.

**EXEMPLE DE REPÉRAGE D'EMPLACEMENT NUMÉRIQUE**



**EXEMPLE D'UN CODE DE REPÉRAGE DE L'EMPLACEMENT**



**REPÉRAGE D'IDENTIFICATION DES ÉLÉMENTS**

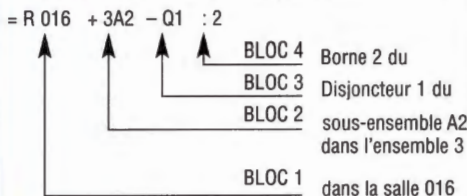
**DISPOSITION DES BLOCS D'INFORMATION**

Des symboles distincts sont utilisés pour différencier les blocs d'information 1, 2, 3 et 4. =, +, - et :

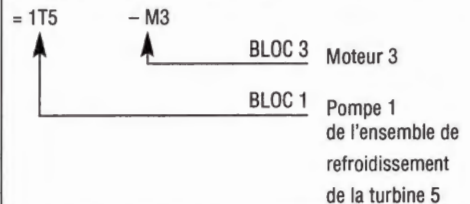


**Exemples :**

a) Repère d'identification complet dans lequel la subdivision essentielle sert à indiquer l'emplacement.



b) Repère d'identification dans lequel la subdivision essentielle sert à indiquer le RÔLE de l'élément dans un équipement complet.



## EXEMPLE DE RÉALISATION D'UN ÉQUIPEMENT

### CAHIER DES CHARGES :

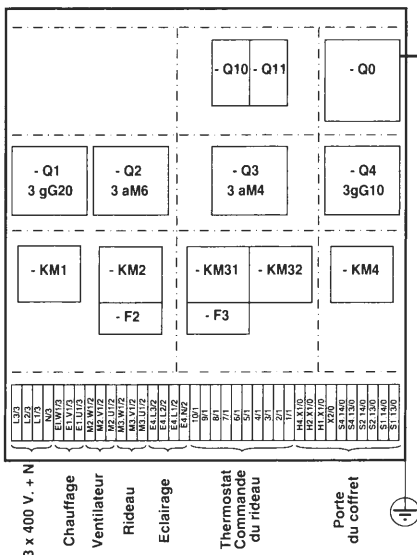
- L'équipement à étudier correspond à l'installation électrique d'un magasin, il comprend :
  - 1) un circuit de chauffage par résistances électriques de 11 kW (commande par thermostat) ;
  - 2) un circuit de ventilation assuré par un moteur asynchrone triphasé rotor à cage de 2,2 kW à démarrage direct ;
  - 3) un circuit d'ouverture et de fermeture du rideau de protection assuré par un moteur asynchrone triphasé rotor à cage de 0,75 kW à démarrage direct ;
  - 4) un circuit d'éclairage d'une puissance totale de 4 kW.
- L'alimentation de l'ensemble se fait sous 3 x 400 V 50 Hz.
- L'ensemble du matériel sera monté dans un coffret.
- La commande et la signalisation de (1), (2), (4) seront montées sur la porte du coffret.
- La commande de (3) sera placée à proximité du rideau.

### ANALYSE DE L'ORGANISATION DE L'INSTALLATION. Elle peut se faire sous la forme du tableau suivant :

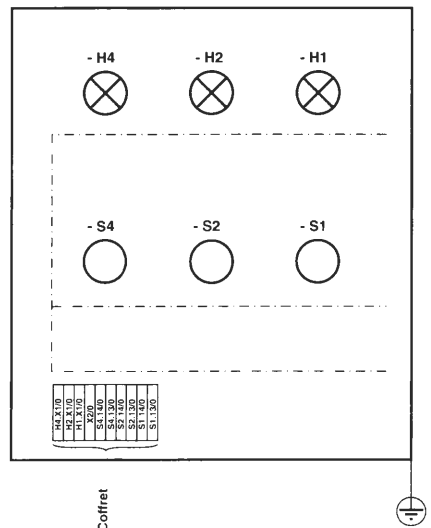
0	ISOLEMENT ET PROTECTION GÉNÉRALE 18 kW	SOUS-ENSEMBLE			
		1	2	3	4
3 x 400 V + N	DISJONCTEUR MAGNÉTO-THERMIQUE DIFFÉRENTIEL				
50 Hz					
1	ISOLEMENT ET PROTECTION DES SOUS-ENSEMBLES	SECTIONNEUR TRIPOLAIRE Q1 FUSIBLE gG20	SECTIONNEUR TRIPOLAIRE Q2 FUSIBLE aM6	SECTIONNEUR TRIPOLAIRE Q3 FUSIBLE aM4	SECTIONNEUR TÉTRAPOLAIRE Q4 FUSIBLE gG10
2	APPAREILS DE COMMANDE	CONTACTEUR TRIPOLAIRE KM1 (AC 1)	CONTACTEUR TRIPOLAIRE KM2 (AC 3)	CONTACTEUR INVERSEUR TRIPOLAIRE KM31-KM32 (AC 3)	CONTACTEUR TÉTRAPOLAIRE KM4 (AC 1)
3	APPAREILS DE PROTECTION		RELAIS THERMIQUE TRIPOLAIRE F2 RÉGLÉ À 5 A	RELAIS THERMIQUE TRIPOLAIRE F3 RÉGLÉ À 2 A	
4	CONNEXIONS	BORNIER X1	BORNIER X1	BORNIER X1	BORNIER X1
5	RÉCEPTEURS	CHAUFFAGE ÉLECTRIQUE E1 11 kW	VENTILATEUR M2 2,2 kW	RIDEAU M3 0,75 kW	ÉCLAIRAGE E4 4 kW

### IMPLANTATION DES ÉLÉMENTS

COFFRET (vue avant)



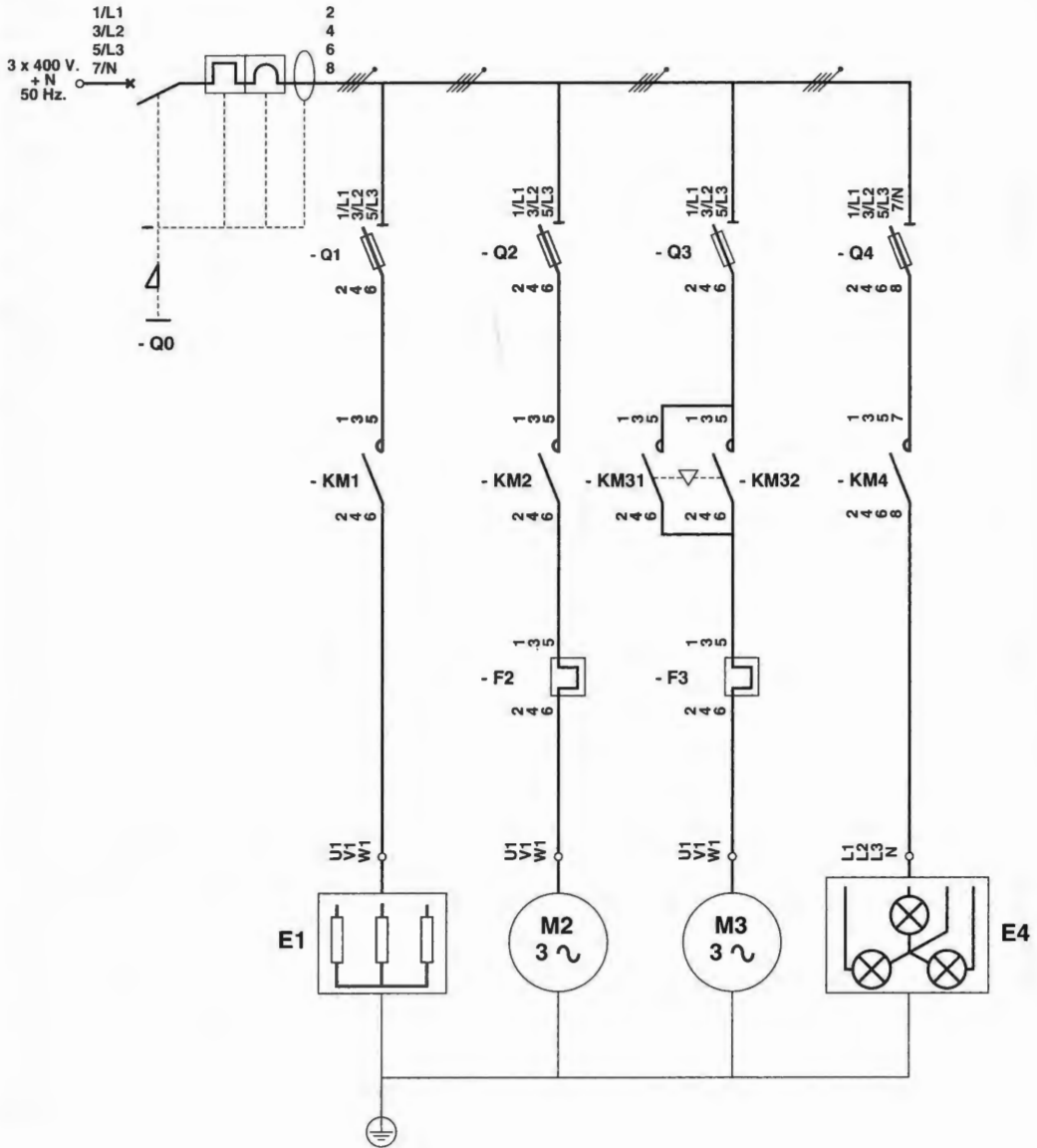
PORTE (vue arrière)



## SCHÉMA DU CIRCUIT DE PUISSANCE (Représentation unifilaire)

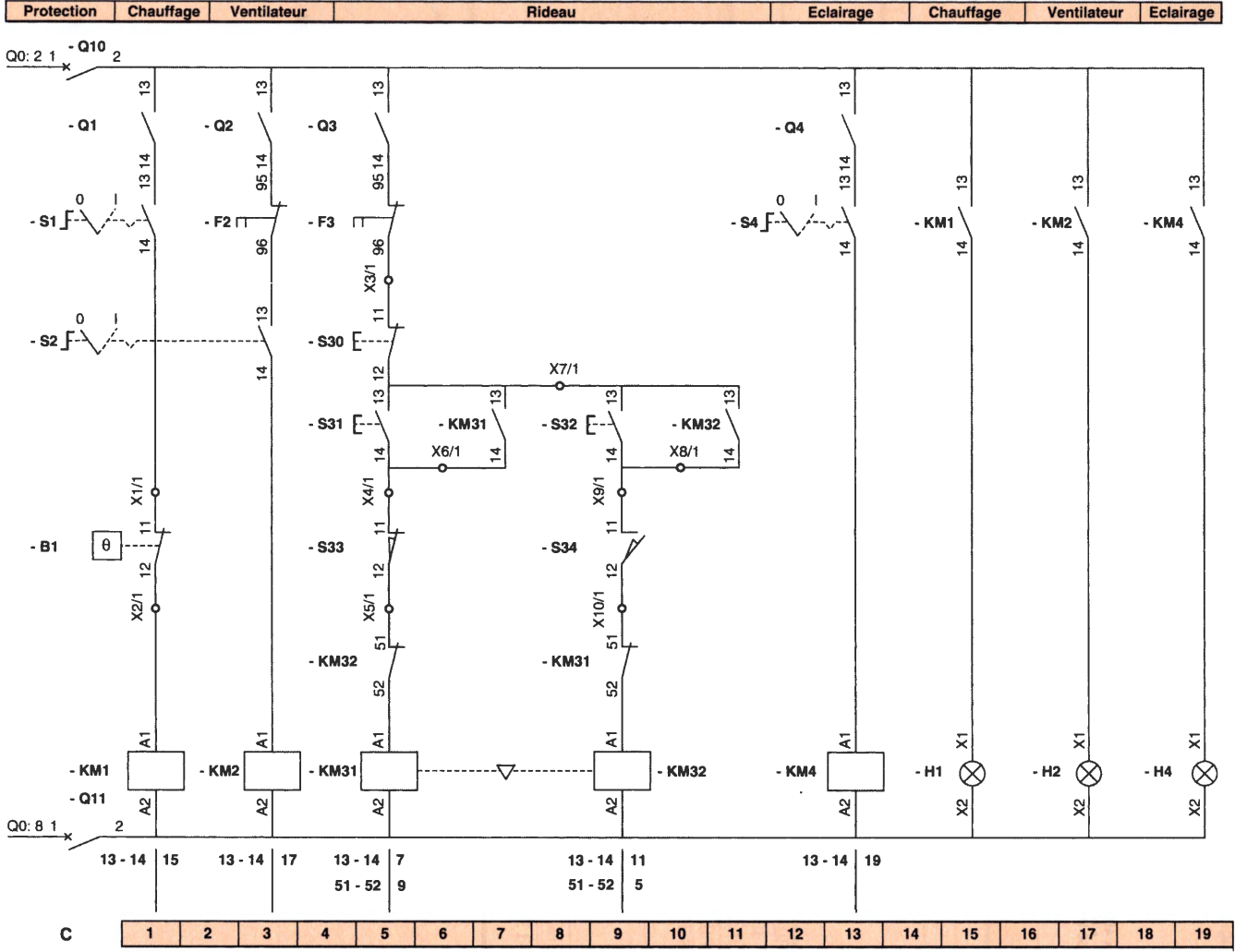
Étant donné l'absence de démarrages complexes, la représentation unifilaire a été adoptée pour le circuit « PUISSANCE »

Protection Générale	Chauffage 11 kW	Ventilateur 2,2 kW	Rideau 0,75 kW	Éclairage 4 kW
---------------------	-----------------	--------------------	----------------	----------------



P

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----



SCHEMA DU CIRCUIT DE COMMANDE (Représentation développée)




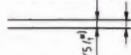







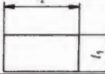
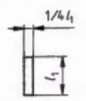
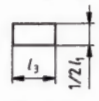


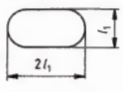

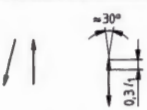
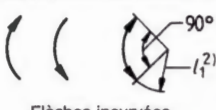
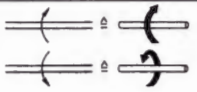


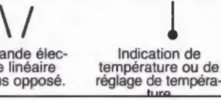




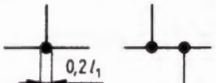

**TABLEAU DE COMPOSITION ET D'IDENTIFICATION DU MATÉRIEL**

IDENTIFICATION	SITUATION			DÉSIGNATION	CONSTITUTION (contacts)		IDENTIFICATION	SITUATION			DÉSIGNATION	CONSTITUTION (contacts)	
	Tableau d'analyse	Puissance	Commande		Puissance	Commande		Tableau d'analyse	Puissance	Commande		Puissance	Commande
Q0	0	P1	-	Disjoncteur tétrapolaire + Détecteur magnétothermique différentiel tétrapolaire	4F	-	Q3	13	P9	C5	Sectionneur tripolaire porte-fusibles (3 aM4)	3F	1F
							KM31	23	P8 P9	C5 C9	Contacteur inverseur tripolaire bobine 230 V 50 Hz	3F	(1 $\nabla$ +1F)
							KM32				3F	(1 $\nabla$ +1F)	
Q1	11	P2	C1	Sectionneur tripolaire porte-fusibles (3gG 20)	3F	1F	F3	33	P9	C5	Relais thermique tripolaire réglé à 2 A	-	1 "0"
KM1	21	P2	C1	Contacteur tripolaire bobine 230 V 50 Hz	3F	1F	S30	-	-	C5	Bouton poussoir « arrêt » rideau	-	1 "0"
S1	-	-	C1	Interrupteur de commande du chauffage	-	1F	S31	-	-	C5	Bouton poussoir « descente » rideau	1F	-
B1	-	-	C1	Thermostat d'ambiance	-	1 "0"	S33	-	-	C5	Fin de course « descente » rideau	-	1 "0"
E1	51	P2	-	Résistance de chauffage 11 kW	-	-	S32	-	-	C9	Bouton poussoir « montée » rideau	1F	-
H1	-	-	C15	Signalisation chauffage	-	-	S34	-	-	C9	Fin de course « montée » rideau	-	1 "0"
Q2	12	P6	C3	Sectionneur tripolaire porte-fusibles (3 aM6)	3F	1F	M3	53	P9	-	Moteur asynchrone tripolaire 0,75 kW 200/400 V	-	-
KM2	22	P6	C3	Contacteur tripolaire bobine 230 V 50 Hz	3F	1F	Q4	14	P12	C13	Sectionneur tétrapolaire porte-fusibles (3gG 10)	4F	1F
F2	32	P6	C3	Relais thermique tripolaire réglé à 5 A	-	1 "0"	KM4	24	P12	C13	Contacteur tétrapolaire bobine 230 V 50 Hz	4F	1F
S2	-	-	C3	Interrupteur de commande du ventilateur	-	1F	S4	-	-	C13	Interrupteur de commande éclairage	-	1F
M2	52	P6	-	Moteur asynchrone triphasé à cage à 2,2 kW, 230/400V	-	-	E4	54	P12	-	Éclairage 4 kW	-	-
H2	-	-	C17	Signalisation du ventilateur	-	-	H4	-	-	C19	Signal éclairage 4 kW	-	-
							X/0/1/2/3	4	-	-	Bornier coffret (37)	-	-
							X/0	-	-	-	Bornier porte (10)	-	-




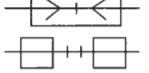
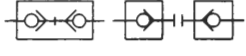
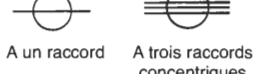
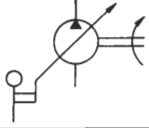
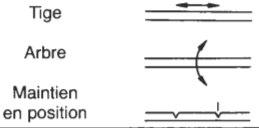
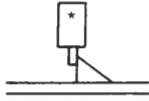
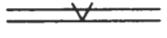
## 2.2. LES SYMBOLES PNEUMATIQUES ET HYDRAULIQUES

### 2.2.1. FONCTIONS DE RÉGULATION, DE MESURE ET D'AUTOMATISME DES PROCESSUS INDUSTRIELS




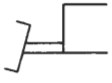

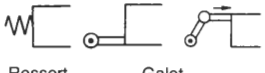

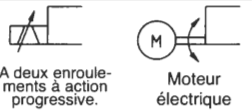
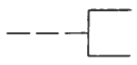
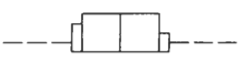
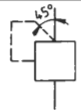
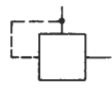

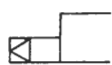

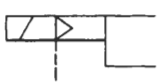
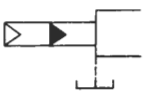
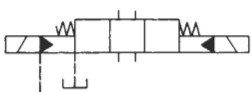
ISO 1219-1 NFE 04-056


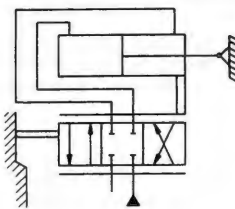
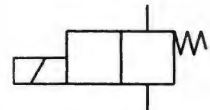
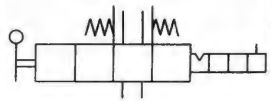

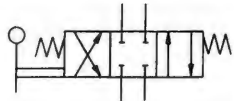

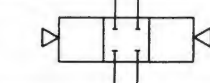



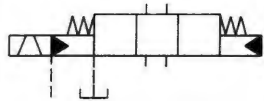
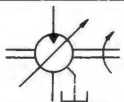





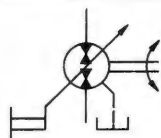

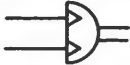

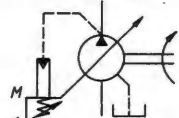
Conduite du travail. Conduite de pilotage d'alimentation. Conduite de retour Conduite électrique	 trait continu	Conduite de pilotage (commande intérieure et extérieure). Conduite de récupération des fuites, de purge ou de décharge. Filtre. Positions intermédiaires.	 trait interrompu
Réunion de deux ou plusieurs fonctions relevant d'une même unité de montage.	 trait mixte	Liaisons mécaniques (arbre, levier, tige de piston)	 trait double
Appareils de transformation de l'énergie (pompe, compresseur, moteur).	Cercle 	Appareils de mesure	Cercle 
Clapet de non-retour Raccord rotatif Articulation Galet (avec un point au centre).	Cercle 	Moteur ou pompe à angle de rotation limité	Demi-cercle 
Organes de commande Moteur d'entraînement autre qu'électrique.	Carré 	Appareil de conditionnement (filtre, séparateur, lubrificateur, échangeur de chaleur)	Carré sur pointe 
Poids dans un accumulateur.	Carré 	Vérin Distributeur	Rectangle 
Piston.	Rectangle 	Certains modes de commande.	Rectangle 
Amortissement dans un vérin	Rectangle 	Réservoir.	Demi-rectangle 
Réservoir sous pression Réservoir d'air Accumulateur Bouteille de gaz auxiliaire.	 capsule	Donne le sens de l'énergie transmise par le fluide et la nature du fluide : - Plein : hydraulique - Vide : pneumatique	Triangle 
Indication de mouvement rectiligne Passage et sens des flux dans les soupapes ou distributeurs Sens du flux thermique.	Flèches droites ou obliques 	Mouvement rotatif, la flèche est supposée se trouver sur le côté le plus proche de l'arbre.	 Flèches incurvées
Les figures de droite ne sont données qu'à titre d'exemples et non comme symboles.	 Flèches incurvées	Possibilité de réglage ou d'ajustement d'une pompe, d'un ressort, d'un électroaimant, etc.	 Flèche oblique longue
Signes de fonction divers.	 Électrique      Voie ou orifice fermé	Signes de fonction divers	 Commande électrique linéaire de sens opposé.      Indication de température ou de réglage de température
Entraînement	 M	Étranglement. Symbole simplifié du siège de clapet non-retour	
Ressort		Croisement sans connexion conduits flexibles reliant des éléments mobiles.	 croisement
Raccordements	 0,2 l1		 flexible

$l_1$  : dimension de base.

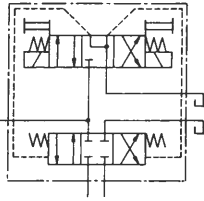

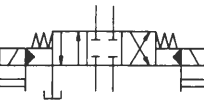


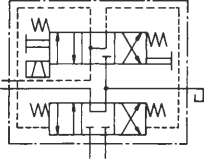

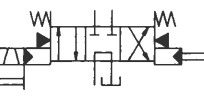
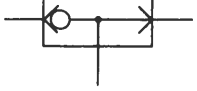
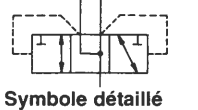
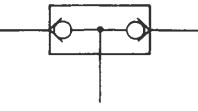
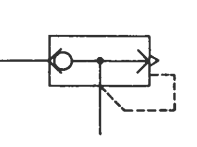

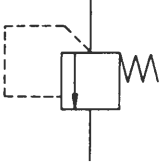
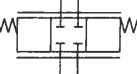
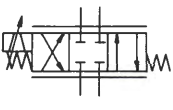
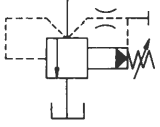
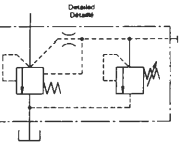
- Purges d'air	 Continue      Temporaire	- Orifices d'évacuation d'air	 Lisse, non connectable
- Purges d'air	 avec connexion	- Raccord rapide auto-obturant (ouvert mécaniquement)	 Sans clapet de non-retour
- Raccord rapide auto-obturant (ouvert mécaniquement)	 Avec clapet non-retour	- Raccordement d'angle et raccords rotatifs.	 A un raccord      A trois raccords concentriques
- Les flèches des unités variables peuvent être prolongées et incurvées pour incorporer les éléments de commande.		- Éléments mécaniques : Tige : mouvement rectiligne bi-directionnel. Arbre : mouvement rotatif bi-directionnel. Dispositif de maintien en position	 Tige      Arbre      Maintien en position
- Dispositif de verrouillage pour blocage d'un mécanisme. Le déverrouillage se fait par une commande indépendante. * indiquer le symbole de commande.		- Basculeur. Empêche l'immobilisation d'un appareil au point mort	

### MODES DE COMMANDE

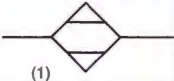


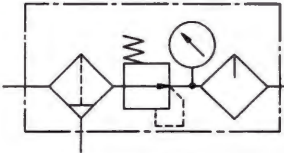
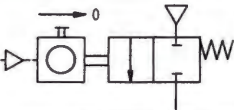


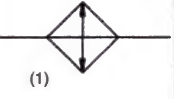
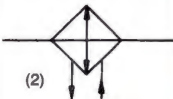

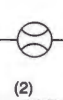
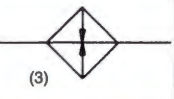
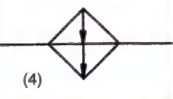

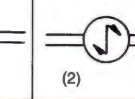


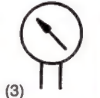
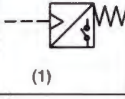


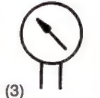
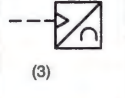
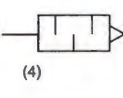
- Commande manuelle	 Symbole général      Bouton poussoir	- Commande manuelle	 Bouton-tirette      Bouton-poussoir tirette
- Commande manuelle	 Lever      Pédale	- Commande manuelle (deux sens de fonctionnement)	 Pédale      double effet
- Commande mécanique	 Poussoir      Poussoir à course variable	- Commande mécanique	 Ressort      Galet
- Commande électrique	 A un enroulement      A deux enroulements agissant en sens contraire	- Commande électrique	 A deux enroulements à action progressive.      Moteur électrique
- Commande directe par pression (par baisse ou application)		- Commande directe par pression (par aires d'influence opposées)	
- Commande directe par voie intérieure de commande		- Commande directe par voie extérieure de commande.	
- Commande pilotée (indirecte) par application d'une pression pneumatique à un étage de pilotage.		- Commande pilotée (indirecte) par baisse de la pression.	
- Commande pilotée (indirecte) par application d'une pression hydraulique à deux étages successifs de pilotage		- Commande pilotée (indirecte) par commande bi-étagée, par exemple électroaimant et pilote pneumatique.	
- Commande pilotée (indirecte) par commande bi-étagée, par exemple pilotage pneumatique puis pilotage hydraulique.		- Commande pilotée (indirecte) par commande bi-étagée. Par exemple électroaimant et pilote hydraulique.	

<p>Commande par rétro-action externe (symbole général)</p>		<p><b>Règles d'application des symboles de commandes multiples dans les symboles complets d'appareils</b></p>	
<p>Commande par rétroaction interne.          — La liaison mécanique de la partie mobile de la construction (transformateur d'énergie commandé) avec la partie mobile de l'appareil de commande est représentée par les symboles décrits dans ce chapitre.          — On compare la valeur requise et la valeur mesurée de la grandeur contrôlée, à l'intérieur de l'appareil.</p>		<p>Les symboles des modes de contrôle monodirectionnels sont placés à côté du symbole de l'élément commandé de manière que les forces imaginaires agissant sur le signe, semblent placer l'élément dans une autre position.</p>	
<p><b>Transformation et conservation de l'énergie</b></p>		<p>Dans le cas de distributeurs à trois positions ou plus, la commande des positions intérieures peut être explicitée par prolongement des limites du symbole du distributeur vers le haut ou vers le bas et addition du symbole de commande approprié</p>	
<p>Pompe hydraulique</p>		<p>Si cela ne gêne pas la compréhension, les symboles des éléments de commande de la position centrale d'un distributeur à trois positions peuvent être dessinés sur le côté des rectangles extérieurs</p>	
<p>Moteur pneumatique</p>		<p>Si l'élément commandé est centré au point mort, dessiner deux triangles distincts (5.4.1.1 ou 5.4.1.2) aux deux extrémités extérieures</p>	
<p>Compresseur</p>		<p>Les symboles simplifiés n'indiquent généralement pas les conduites internes de pilotage et de récupération des fuites des éléments à commande indirecte</p>	
<p>Exemple de pompe hydraulique à un sens de flux, à cylindrée fixe et à un sens de rotation.</p>		<p>Lorsqu'un dispositif à commande indirecte ne comporte qu'une seule conduite externe de pilotage et/ou de récupération des fuites, elle n'est représentée qu'à une extrémité du symbole simplifié. Les systèmes de pilotage et/ou de drain supplémentaires peuvent éventuellement être représentés à l'autre extrémité. Les symboles figurant sur les matériels doivent indiquer toutes les connexions externes</p>	
<p>Moteur hydraulique à un sens de flux, à cylindrée variable, à commande indéfinie, à drain, à un sens de rotation, à deux bouts d'arbre.</p>		<p>En commande parallèle (OU), les symboles des commandes doivent être indiqués l'un à côté de l'autre, par exemple l'électroaimant ou le bouton poussoir peut actionner le distributeur indépendamment.</p>	
<p>Moteur pneumatique à un sens de flux alterné, à cylindrée fixe, et à deux sens de rotation.</p>		<p>En commande en série (ET), les symboles des étages de commande successifs sont représentés en ligne, par exemple l'électroaimant actionne le distributeur pilote qui actionne à son tour le distributeur principal</p>	
<p>Pompe-moteur hydraulique à un sens de flux, à cylindrée fixe, à un sens de rotation.</p>		<p>Les dispositifs de maintien en position doivent être dessinés avec le même nombre de cases et dans le même ordre que l'élément commandé. Les encoches ne sont représentées que dans les positions d'immobilisation. Dessiner le symbole du poussoir dans la position correspondant à l'unité représentée</p>	
<p>Pompe-moteur hydraulique à deux sens de flux, à cylindrée variable, à commande manuelle, à drain et à deux sens de rotation.</p>		<p>Pompe-moteur à cylindrée variable à deux sens de rotation, ressort centré sur cylindrée zéro, à pilotage extérieur et à drain.</p>	
<p>Actionneur oscillant pneumatique à angle de rotation limité (exemple vérin) à deux sens de rotation.</p>			
<p>Variateur hydraulique à un sens de rotation et pompe à cylindrée variable.</p>			
<p>Pompe variable à compensation de pression, à un sens de rotation, à ressort réglable et à drain.</p>			

Transformateurs d'énergie linéaire		Distribution et régulation de l'énergie			
	Symboles			Symboles	
	détaillé	simplifié		détaillé	simplifié
Vérin pneumatique à simple effet en course aller avec rappel par force non définie, à simple tige ; évacuation à l'air libre			- Deux orifices, fermé en position de repos, à passage variable.		
Vérin hydraulique à simple effet en course retour avec rappel par ressort, à simple tige, évacuation dans un réservoir			- Deux orifices, ouvert en position de repos, à passage variable.		
Vérin pneumatique à double effet à double tige.			Trois orifices, ouvert en position de repos, à passage variable.		
Vérin hydraulique à double effet, à simple tige, à amortisseurs réglables des deux côtés et à rapport d'aires de piston 2/1.			Distributeur 2/2 Robinet d'isolement Deux orifices, deux positions distinctes, à commande manuelle.		
Vérins télescopiques, pneumatiques à simple effet			Distributeur à un étage de pilotage.  - Étage de pilotage : Quatre orifices, deux positions distinctes, un orifice sous pression dans la surface annulaire et ressort de rappel, pression de pilotage résultant de la surface annulaire du piston, drain de pilotage externe.		
Vérins télescopiques hydrauliques à double effet.					
<b>Transformateurs d'énergie spéciaux</b>			- Étage principal : Deux orifices, deux positions distinctes, un orifice sous pression dans la surface annulaire, un orifice sous pression dans la surface différentielle, rappel par ressort, commandé par relâchement de la pression de pilotage.	Surface annulaire / Surface du logement du ressort < 1	
Échangeurs de pression pneumatique - hydraulique (1) - à simple effet (2) - continu				Surface annulaire / Surface du logement du ressort > 1	
Multiplicateurs de pression transformant une pression (x) en une pression (y) pour deux types de fluide. (1) - à simple effet (2) - continu				Surface annulaire / Surface du logement du ressort = 0	
<b>Conservation de l'énergie</b>			Distributeur 3/2, trois orifices, deux positions distinctes, une position intermédiaire principale, commandé par électroaimant et ressort de rappel.	Surface annulaire = 0	
(1) Accumulateur en position verticale seulement (2) Accumulateur hydro-pneumatique (Le fluide est maintenu sous pression par un gaz comprimé)					
(1) Bouteille de gaz auxiliaire en position verticale seulement. (2) Réservoir d'air			Distributeur 3/2		
<b>Sources d'énergie</b>			Distributeur 5/2 cinq orifices, deux positions distinctes, commandé par pression des deux côtés.	Surface annulaire = 0	
(1) Source d'énergie hydraulique. (2) Source d'énergie pneumatique					
(1) Moteur électrique (2) Entraînement non électrique			Distributeur 5/2		

		Clapets de non-retour, sélecteurs, soupapes d'échappement	
		Détaillé	Simplifié
Distributeur 4/3 – Étage de pilotage : Quatre orifices, trois positions distinctes, centrage par ressort, commandé par deux électro-aimants agissant en sens contraire à commandes prioritaires manuelles, drain de pilotage externe – Étage principal : Quatre orifices, trois positions distinctes, centrage par ressort, commandé par pression de pilotage interne des deux côtés. Les conduites de pilotage ne sont pas sous pression en position neutre. (Les ressorts de centrage ne sont pas représentés)	 <p><b>Schéma détaillé</b></p>	Clapet de non-retour sans ressort. Ouverture si la pression d'entrée est supérieure à la pression de sortie.	
	 <p><b>Schéma simplifié</b></p>	Clapet de non-retour avec ressort. Ouverture si la pression est supérieure à la pression de sortie plus la pression du ressort.	
		Clapet de non-retour piloté. Il est possible de fermer le clapet sans ressort de rappel.	
Distributeur 4/3 – Étage de pilotage : Quatre orifices, trois positions distinctes, centrage par ressort, commandé par électroaimant à deux enroulements agissant en sens contraire, à commandes prioritaires manuelles, alimentation de pilotage externe.  – Étage principal : Quatre orifices, trois positions distinctes, centrage par pression et ressort, commandé par relâchement de la pression de pilotage.	 <p><b>Schéma détaillé</b></p>	Clapet de non-retour piloté. Il est possible d'ouvrir le clapet avec ressort de rappel.	
	 <p><b>Schéma simplifié</b></p>	Sélecteur de circuit L'orifice mis sous pression est relié automatiquement avec la sortie pendant que l'autre entrée est fermée.	
		Sélecteur prioritaire L'orifice mis sous pression n'est sous pression que si les deux entrées le sont.	 <p><b>Symbole détaillé</b></p>  <p><b>Symbole simplifié</b></p>
Les conduites de pilotages sont sous pression en position neutre (Les triangles séparés du symbole simplifié représentent le centrage par pression). – Quatre orifices, deux positions extrêmes distinctes, une position neutre, centrage par ressort, infinité de positions intermédiaires.		Soupape d'échappement rapide. En cas de décharge de la conduite d'entrée, la conduite de sortie est mise à l'air libre.	
		Appareils de réglage de la pression	
Position neutre à recouvrement négatif (tous orifices ouverts en position neutre)	 <p><b>Centre ouvert</b></p>	Limiteur de pression à un seul étage Limitation de la pression à l'orifice d'entrée par ouverture de l'orifice de décharge en utilisant un effort antagoniste (par exemple : ressort).	
Position neutre à recouvrement positif (tous orifices obturés en position neutre)	 <p><b>Centre fermé</b></p>		
Position neutre à recouvrement positif, centrage par ressort, commandé par électroaimant	 <p><b>Servo-distributeur</b></p>	Limiteur de pression à deux étages. Avec prévision d'une commande à distance	
		 <p><b>Symbole détaillé</b></p>	<p><b>Symbole simplifié</b></p>

Appareils de réglage de la pression (suite)		Appareils de réglage du débit (suite)		
<p>Soupage de séquence. Un seul étage, réglage par ressort, la sortie soutient la pression, à drain externe.</p> <p>Limiteur de pression à commande électrique.</p> <p>Réducteur de pression, détendeur Un seul étage, à réglage par ressort.</p> <p>Détendeur à deux étages. Deux étages à réglage par ressort pilote, hydraulique, avec rappel par pilote externe</p> <p>Détendeur avec orifice de décharge Si la pression de sortie est supérieure à la pression de réglage, il y a décharge à l'air libre, pneumatique.</p>				
<b>Appareils de réglage du débit</b>				
<b>Réducteurs de débit non compensés</b>	<b>Symboles</b>			
	détaillé	simplifié		
Réducteur de débit réglable sans indication du mode de commande ou de l'état de l'appareil, normalement sans position de fermeture complète.				
Robinet vanne. Normalement avec une position de fermeture complète.				
Réducteur de débit réglable commande mécanique par galet, à réglage par ressort.				
Clapet freineur. Avec étranglement réglable, à passage libre dans un sens et passage réduit dans l'autre.				
		<p><b>Réducteurs de débit compensés</b></p> <p>Régulateur de débit série. A débit variable, la flèche sur la conduite du symbole simplifié indique une compensation de pression, sans compensation de température.</p> <p>Régulateur de débit série, à compensation de température.</p> <p>Régulateur de débit à dérivation sur le réservoir, avec évacuation de l'excédent de débit, sans compensation de température.</p> <p>Diviseur de débit. Les flèches indiquent une compensation de pression.</p>		
		<p><b>Conservation et conditionnement de l'énergie</b></p> <p><b>Réservoirs hydrauliques</b></p> <p>Réservoir à l'air libre. A la pression atmosphérique avec conduite de retour débouchant au-dessous du niveau du fluide, à filtre à air.</p> <p>Drain ou retour local. Réservoir à l'air libre.</p> <p>Réservoir fermé sous pression ou étanche, avec conduite au-dessous du niveau du fluide, sans raccordement à l'air libre.</p>		
		<p><b>Appareils de conditionnement</b></p> <p>Filtres :</p> <p>(1) Symbole général (2) A élément magnétique complémentaire</p> <p>Filtres :</p> <p>(1) A indicateur de pollution (2) Avec séparateur à commande manuelle</p> <p>Purgeurs :</p> <p>(1) A commande manuelle (2) Automatique</p>		
		<p>(1) </p> <p>(2) </p> <p>(1) </p> <p>(2) </p> <p>(1) </p> <p>(2) </p>		

Appareils de conditionnement (suite)			Appareils de mesure et indicateurs (suite)		
(1) Déshydrateur d'air (2) Lubrificateur			Compteur d'impulsions A remise manuelle au zéro, à signal de sortie électrique		
Groupe de conditionnement. Composé d'un filtre, avec séparateur, d'un régulateur de pression, d'un manomètre, d'un lubrificateur.  La flèche verticale représente le séparateur.			Compteur d'impulsions A remise manuelle au zéro, à signal de sortie pneumatique.		
	<b>Symbole détaillé</b> 		<b>Symbole simplifié</b>	(1) Indicateur de niveau en position verticale (2) Thermomètre	
Échangeurs de chaleur (1) Refroidisseur sans indication des conduites de fluide caloporteur (2) Refroidisseur avec indication des conduites de fluide caloporteur (3) Réchauffeur (4) Régulateur de température.			(1) Indicateur de débit (2) Débitmètre (3) Compteur totalisateur		
			(1) Tachymètre (2) Mesureur de couple		
<b>Appareils de mesure et indicateurs</b>			<b>Autres appareils</b>		
Mesurage de la pression (1) Indicateur de pression (2) Manomètre (3) Manomètre différentiel				(1) Contact à pression Émet un signal électrique à une pression pré-réglée (2) Contact à limite	
(1) Indicateur de pression (2) Manomètre (3) Manomètre différentiel				(3) Compteur analogique Émet un signal électrique en analogie avec la pression d'entrée. (4) Silencieux pneumatique Réduit le bruit de sortie	
					

## 2.3. LES OPÉRATEURS LOGIQUES

NF EN 60.617.12

### 2.3.1. OPÉRATEURS COMBINATOIRES ÉLÉMENTAIRES

– Les opérateurs élémentaires et l'algèbre de Boole

**Définitions :**

Variables binaires (*entrée*) : A, B, C... Fonctions logiques (*sorties*) : W, X, Y... Vrai, oui = 1 Faux, non = 0

Table de vérité : elle comporte, 2<sup>n</sup> lignes (n = nombre de variables). Elle donne toutes les possibilités du système logique.

Dans la table de vérité : si A, B, Y... = 1, alors forme directe : A, B, Y... Si A, B, Y... = 0, alors forme inverse,  $\bar{A}, \bar{B}, \bar{Y}$ ...

Mise en équation directe Y : on prend les équations (ET) des lignes de la table de vérité séparées par des (OU) quand la fonction vaut 1.

Mise en équation inverse  $\bar{Y}$  : on prend les équations (ET) des lignes de la table de vérité séparées par des (OU) quand la fonction vaut 0.

Simplification algébrique : on utilise les théorèmes.

Logigramme : schéma construit à partir de l'équation logique à l'aide des symboles des opérateurs.

Propriétés générales : Commutativité :  $A \cdot B = B \cdot A$  ;  $A + B = B + A$  Associativité :  $(A \cdot B) \cdot C = A \cdot (B \cdot C)$  ;  $(A + B) + C = A + (B + C)$   
Distributivité :  $(A \cdot B) + C = (A + C) \cdot (B + C)$  ;  $(A + B) \cdot C = A \cdot C + B \cdot C$

Axiomes			Théorèmes (permettent les simplifications algébriques)			
OU	ET	NON	OU	ET	NON	Transformation de De Morgan
$0 + 0 = 0$	$0 \cdot 0 = 0$	$\bar{0} = 1$	$A + A = A$	$A \cdot A = A$	$\bar{\bar{A}} = A$	$\overline{A + B + C + \dots} = \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} \dots$
$0 + 1 = 1$	$0 \cdot 1 = 0$	$\bar{1} = 0$	$A + \bar{A} = 1$	$A \cdot \bar{A} = 0$		$\overline{A \cdot B \cdot C \dots} = \bar{A} + \bar{B} + \bar{C} + \dots$
$1 + 0 = 1$	$1 \cdot 0 = 0$		$A + 1 = 1$	$A \cdot 1 = A$		Transformation valable quel que soit le nombre de variables
$1 + 1 = 1$	$1 \cdot 1 = 1$		$A + 0 = A$	$A \cdot 0 = 0$		

Opérateur	Signe	Symbole AFNOR	Nb de var. (n)	Table de vérité	Équation	Commentaires																									
<b>NON</b> (Inverseur)	( $\bar{\quad}$ )		n = 1	<table border="1"> <tr> <td>N°</td> <td>A</td> <td>Y</td> <td>Équation des lignes</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0 (<math>\bar{A}</math>)</td> <td>1 (Y)</td> <td><math>\bar{A}</math></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1 (A)</td> <td>0 (Y)</td> <td>A</td> </tr> </table>	N°	A	Y	Équation des lignes	0	0 ( $\bar{A}$ )	1 (Y)	$\bar{A}$	1	1 (A)	0 (Y)	A	<p><i>Y est vrai pour</i> <math>\bar{A}</math></p> <p><math>Y = \bar{A}</math></p> <p><i>Y = A barre</i></p>	Y est l'inverse de A													
N°	A	Y	Équation des lignes																												
0	0 ( $\bar{A}$ )	1 (Y)	$\bar{A}$																												
1	1 (A)	0 (Y)	A																												
<b>OU</b> (inclusif)	(+)		n, de 2 à ∞	<table border="1"> <tr> <td>N°</td> <td>B</td> <td>A</td> <td>Y</td> <td>Équation des lignes</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td><math>\bar{B} \cdot \bar{A}</math></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> <td><math>\bar{B} \cdot A</math></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> <td><math>B \cdot \bar{A}</math></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td><math>B \cdot A</math></td> </tr> </table>	N°	B	A	Y	Équation des lignes	0	0	0	0	$\bar{B} \cdot \bar{A}$	1	0	1	1	$\bar{B} \cdot A$	2	1	0	1	$B \cdot \bar{A}$	3	1	1	1	$B \cdot A$	<p><math>Y = A + B</math></p> <p><i>Y = A OU B</i></p>	<p>(Y est faux si toutes les variables sont fausses)</p> <p>Y est vrai dès qu'une variable est vraie</p>
N°	B	A	Y	Équation des lignes																											
0	0	0	0	$\bar{B} \cdot \bar{A}$																											
1	0	1	1	$\bar{B} \cdot A$																											
2	1	0	1	$B \cdot \bar{A}$																											
3	1	1	1	$B \cdot A$																											
<b>ET</b>	(.)		n, de 2 à ∞	<table border="1"> <tr> <td>N°</td> <td>B</td> <td>A</td> <td>Y</td> <td>Équation des lignes</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td><math>\bar{B} \cdot \bar{A}</math></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td><math>\bar{B} \cdot A</math></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td><math>B \cdot \bar{A}</math></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td><math>B \cdot A</math></td> </tr> </table>	N°	B	A	Y	Équation des lignes	0	0	0	0	$\bar{B} \cdot \bar{A}$	1	0	1	0	$\bar{B} \cdot A$	2	1	0	0	$B \cdot \bar{A}$	3	1	1	1	$B \cdot A$	<p>Y n'est vrai que si A ET B sont vraies en même temps</p> <p><math>Y = A \cdot B</math></p> <p><i>Y = A ET B</i></p>	<p>(Y est faux dès qu'une variable est fausse)</p> <p>Y est vrai si toutes les variables sont vraies</p>
N°	B	A	Y	Équation des lignes																											
0	0	0	0	$\bar{B} \cdot \bar{A}$																											
1	0	1	0	$\bar{B} \cdot A$																											
2	1	0	0	$B \cdot \bar{A}$																											
3	1	1	1	$B \cdot A$																											
<b>NOR</b> (OU-NON)	( $\bar{+}$ )		n, de 2 à ∞	<table border="1"> <tr> <td>N°</td> <td>B</td> <td>A</td> <td>Y</td> <td>Équation des lignes</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td><math>\bar{B} \cdot \bar{A}</math></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> <td><math>\bar{B} \cdot A</math></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>0</td> <td><math>B \cdot \bar{A}</math></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> <td><math>B \cdot A</math></td> </tr> </table>	N°	B	A	Y	Équation des lignes	0	0	0	1	$\bar{B} \cdot \bar{A}$	1	0	1	0	$\bar{B} \cdot A$	2	1	0	0	$B \cdot \bar{A}$	3	1	1	0	$B \cdot A$	<p><math>Y = \overline{A + B}</math></p> <p><i>Y = A OU B le tout barré</i></p>	Le NOR est l'inverse de OU
N°	B	A	Y	Équation des lignes																											
0	0	0	1	$\bar{B} \cdot \bar{A}$																											
1	0	1	0	$\bar{B} \cdot A$																											
2	1	0	0	$B \cdot \bar{A}$																											
3	1	1	0	$B \cdot A$																											
<b>NAND</b> (ET-NON)	( $\bar{\cdot}$ )		n, de 2 à ∞	<table border="1"> <tr> <td>N°</td> <td>B</td> <td>A</td> <td>Y</td> <td>Équation des lignes</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1</td> <td><math>\bar{B} \cdot \bar{A}</math></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> <td><math>\bar{B} \cdot A</math></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> <td><math>B \cdot \bar{A}</math></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> <td><math>B \cdot A</math></td> </tr> </table>	N°	B	A	Y	Équation des lignes	0	0	0	1	$\bar{B} \cdot \bar{A}$	1	0	1	1	$\bar{B} \cdot A$	2	1	0	1	$B \cdot \bar{A}$	3	1	1	0	$B \cdot A$	<p><math>Y = \overline{A \cdot B}</math></p> <p><i>Y = A ET B le tout barré</i></p>	Le NAND est l'inverse du ET
N°	B	A	Y	Équation des lignes																											
0	0	0	1	$\bar{B} \cdot \bar{A}$																											
1	0	1	1	$\bar{B} \cdot A$																											
2	1	0	1	$B \cdot \bar{A}$																											
3	1	1	0	$B \cdot A$																											
<b>OU</b> (exclusif)	( $\oplus$ )		n = 2	<table border="1"> <tr> <td>N°</td> <td>B</td> <td>A</td> <td>Y</td> <td>Équation des lignes</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td><math>Bw \cdot Aw</math></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>1</td> <td><math>Bw \cdot A</math></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1</td> <td>0</td> <td>1</td> <td><math>B \cdot Aw</math></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>0</td> <td><math>B \cdot A</math></td> </tr> </table>	N°	B	A	Y	Équation des lignes	0	0	0	0	$Bw \cdot Aw$	1	0	1	1	$Bw \cdot A$	2	1	0	1	$B \cdot Aw$	3	1	1	0	$B \cdot A$	<p><math>Y = (\bar{B} \cdot A) + (B \cdot \bar{A})</math></p> <p><math>Y = A \oplus B</math></p> <p><i>Y = A OU exclusif B</i></p>	Y n'est vrai que si exclusivement A OU si exclusivement B est vrai
N°	B	A	Y	Équation des lignes																											
0	0	0	0	$Bw \cdot Aw$																											
1	0	1	1	$Bw \cdot A$																											
2	1	0	1	$B \cdot Aw$																											
3	1	1	0	$B \cdot A$																											

Exemple de mise en équation puis de simplification algébrique : voir la table de vérité du OU logique.

Mise en équation directe : $Y = \bar{B} \cdot A + B \cdot \bar{A} + B \cdot A$ (lignes 1, 2, 3 de la table)		Mise en équation inverse : $\bar{Y} = \bar{B} \cdot \bar{A}$ (ligne 0 de la table)	
Traitement algébrique	Commentaires des simplifications	Traitement algébrique	Commentaires
$Y = \bar{B} \cdot A + B \cdot (\bar{A} + A)$	Factorisation par B d'après le théorème : $\bar{A} + A = 1$ d'après le théorème : $B \cdot 1 = B$ Distributivité en OU ( <i>N'est valable qu'en algèbre de Boole</i> ). d'après le théorème : $\bar{B} + B = 1$ d'après le théorème : $1 \cdot (B + A) = A + B$	$\bar{Y} = A + B$	Transformation de de Morgan
$Y = \bar{B} \cdot A + B \cdot 1$		$Y = A + B$	
$Y = \bar{B} \cdot A + B$			
$Y = (\bar{B} + B) \cdot (A + B)$			
$Y = 1 \cdot (B + A)$			
$Y = A + B$			Remarque Pour la mise en équation, on choisit la forme utilisant le moins de termes. Ici c'est la mise en équation inverse.

## 2.3.2. OPÉRATEURS À RETARD

NF EN 60.617

	Opérateur à retard (symbole général)		Opérateur à retard avec indication des valeurs des retards		Opérateur à retards égaux variables
	Si les 2 retards sont égaux, cette valeur unique n'est indiquée qu'une seule fois		Opérateur à retards variables		Exemple à retard variable à deux sorties complémentaires

## 2.3.3. OPÉRATEURS SÉQUENTIELS

NF EN 60.617

	Mémoire binaire à inscription prioritaire $S = X + S\bar{Y}$ $\bar{S} = (Y + \bar{S})\bar{X}$		Mémoire binaire à effacement prioritaire $S = (X + S)\bar{Y}$ $\bar{S} = Y + \bar{S}\bar{X}$		Mémoire binaire à entrées simultanées actives (état 0 à 1)
	Mémoire binaire à entrées simultanées actives (état 1 à 0)		Mémoire binaire à 2 entrées simultanées passives		Mémoire binaire à entrées simultanées incompatibles
	Mémoire binaire à entrées simultanées incompatibles		Mémoire binaire à inscription prioritaire à la réapparition des conditions d'alimentation		Mémoire binaire à effacement prioritaire à la réapparition des conditions d'alimentation
	Mémoire binaire à l'état initial maintenu à la réapparition des conditions d'alimentation momentanément disparues.		Mémoire binaire à inscription prioritaire en cas de simultanéité des deux entrées et à inscription prioritaire à la réapparition des conditions d'alimentation momentanément disparues.		Mémoire binaire à inscription prioritaire en cas de simultanéité des deux entrées et à effacement prioritaire à la réapparition des conditions d'alimentation momentanément disparues (en l'absence des signaux d'entrée).
	Mémoire binaire à sorties complémentées lors du changement simultané de l'état 0 à l'état 1 des deux entrées et à inscription prioritaire à la réapparition des conditions d'alimentation momentanément disparues.		Mémoire binaire à inscription prioritaire en cas de simultanéité des deux entrées et à effacement prioritaire à la réapparition des conditions d'alimentation momentanément disparues.		Mémoire binaire à sorties inchangées en cas de présence simultanée des deux entrées et à effacement prioritaire à la réapparition des conditions d'alimentation momentanément disparues.
	Mémoire binaire à sorties complémentées lors du changement simultané de l'état 1 à l'état 0 des deux entrées et à l'état initial des sorties maintenu à la réapparition des conditions d'alimentation momentanément disparues.		Mémoire binaire à inscription prioritaire en cas de simultanéité des deux entrées et à effacement prioritaire à la réapparition des conditions d'alimentation momentanément disparues.		Mémoire binaire à sorties inchangées en cas de présence simultanée des deux entrées et à effacement prioritaire à la réapparition des conditions d'alimentation momentanément disparues.
	Mémoire binaire à sorties inchangées en cas de présence simultanée des deux entrées et à état initial des sorties également maintenu à la réapparition des conditions d'alimentation momentanément disparues.		Bascule bistable (diviseur binaire). Opérateur mémoire à une entrée pour lequel les états des parties changent d'état quand l'entrée passe à l'état dynamique 1.		Bascule bistable avec état des sorties maintenues lors de la réapparition des conditions d'alimentation momentanément disparues.
	Bascule bistable avec remise à zéro et remise à un.		Bascule bistable avec état des sorties maintenues lors de la réapparition des conditions d'alimentation momentanément disparues.		Opérateur à seuil (bascule de Schmitt)
	Opérateur monostable monocoup		Opérateur astable (oscillateur binaire) symbole général		Opérateur à seuil (bascule de Schmitt)
	Amplificateur pour schéma logique (convertisseur de niveaux) $S = X$		Amplificateur avec inversion pour négation logique $S = \bar{X}$		Opérateur astable commandé

### 2.3.4. ENTRÉES ET SORTIES DIVERSES

NF EN 60.617

		Entrée d'alimentation (symbole général)			Opérateur combinatoire ET avec une entrée d'alimentation
		Opérateur mémoire bistable avec entrée d'alimentation			

### 2.3.5. ALIMENTATION ET ÉCHAPPEMENT

NF EN 60.617.1

		(1) propagation du signal (2) propagation d'une autre grandeur			Positionnement des différents types de propagation
		Autres modes de positionnement de propagation			
		Symbole général d'alimentation et d'échappement ouvert			Symbole général d'alimentation et d'échappement avec branchement
		Pressions différentes d'alimentation avec indications des valeurs			Fonction active ET à deux entrées et échappement ouvert
		Fonction active OU à trois entrées et orifices d'échappement avec branchement			Amplificateurs avec alimentation et orifice d'échappement (fonctions inversées) (1)
		Fonction active ET, à 2 sorties complémentaires			Fonction active OU, à 2 sorties complémentaires

### 2.3.6. EXEMPLES D'ÉLÉMENTS BISTABLES

NF EN 60.617.1

	Symbole de base avec addition d'une alimentation et d'échappement ouverts		Symbole de base avec alimentation et orifice d'échappement connecté
	Mémoire binaire se maintenant dans son état initial en cas de simultanéité des deux entrées et lors de la réapparition des conditions d'alimentation momentanément disparues... et avec alimentation et échappement ouverts		Mémoire binaire à une seule sortie, se maintenant dans son état initial en cas de simultanéité des deux entrées et lors de la réapparition des conditions d'alimentation momentanément disparues... et avec alimentation et échappement avec branchement

### 2.3.7. SYMBOLES PARTICULIERS POUR MODULES PAS À PAS

NF EN 60.617.2

	Module type SR	Opérateurs module PAS à PAS qui désactive seulement le module précédent		Module type SR	Opérateurs module PAS à PAS qui désactive tous les modules précédents
	Module type in/out			Module type in/out	

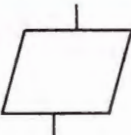
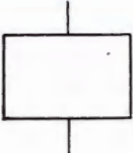
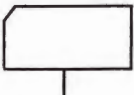
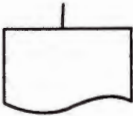



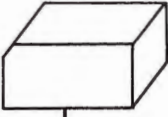










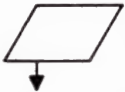
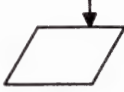



## 2.4. SYMBOLES ET CONVENTIONS POUR LES ORGANIGRAMMES

- Symboles graphiques à utiliser dans les organigrammes pour les systèmes de traitement de l'information, y compris les systèmes de traitement automatique des données.
- Fixation des conventions relatives à la disposition des symboles dans les organigrammes.

### 2.4.1. ORGANIGRAMME DES DONNÉES

NFZ 67.010

- Il représente l'évolution, dans un système de traitement, des informations entrant dans un problème donné.
- Il représente les opérations subies par les données ainsi que les différents types de supports physiques nécessaires pour effectuer ces opérations.
- Il documente l'analyse globale du problème à traiter.
- Il est constitué par : - des lignes de liaison,
  - des symboles d'information, des symboles de traitement, des symboles auxiliaires.
- Il permet aussi de distinguer clairement les opérations manuelles, les opérations propres à l'ordinateur et les autres opérations automatiques ainsi que les différents supports physiques.

SYMBOLES D'INFORMATIONS		SYMBOLES DE TRAITEMENT	
<p><b>Symbole général « information »</b> Utilisé lorsqu'il n'existe pas de symbole particulier.</p> 		<p><b>Symbole général « traitement »</b></p> 	
 <p><b>Carte perforée</b></p>	 <p><b>Document imprimé</b></p>	 <p><b>Fusion</b></p>	 <p><b>Séparation</b></p>
 <p><b>Bande perforée</b></p>	 <p><b>Paquet de cartes</b></p>	 <p><b>Interclassement ou assortiment</b></p>	 <p><b>Tri</b></p>
 <p><b>Tambour magnétique</b></p>	 <p><b>Bande magnétique</b></p>	 <p><b>Entrée manuelle</b></p>	 <p><b>Opération manuelle</b></p>
 <p><b>Sortie illustrée</b></p>	 <p><b>Disque magnétique</b></p>	<b>LIGNES DE LIAISON</b>	
		 <p><b>Transfert d'information</b></p>	 <p><b>Transmission</b></p>
		<b>SYMBOLES SPÉCIAUX</b>	
 <p><b>Document d'entrée</b></p>	 <p><b>Document de sortie</b></p>	 <p><b>Fichier</b></p>	 <p><b>Renvoi</b></p>
			 <p><b>Commentaire</b></p>

## 2.4.2. ORGANIGRAMME DE PROGRAMMATION

NFZ 67.010

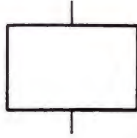
- Il décrit l'enchaînement des opérations apparaissant dans un programme de calculateur.
- Il est constitué :
  - des lignes de liaison,
  - des symboles de traitement, des symboles logiques, des symboles auxiliaires.

### SYMBOLES DE TRAITEMENT

### SYMBOLES LOGIQUES

#### Symbole général

Opération ou groupe d'opérations portant sur des données, instructions, etc. ou opérations pour lesquelles un symbole particulier n'est pas défini dans la norme.



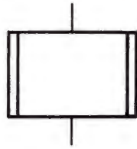
#### Embranchement

Exploitation de conditions variables impliquant le choix d'une voie parmi plusieurs. Couramment utilisé pour représenter une décision ou un aiguillage.



#### Sous-programme

Portion de programme considérée comme une simple opération.



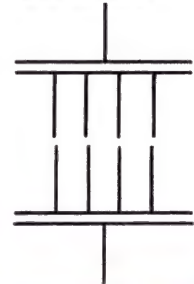
#### Mode synchrone

#### Mode parallèle

#### Mode asynchrone

Utilisé lorsqu'une ou plusieurs voies doivent l'avoir atteint avant qu'une ou plusieurs voies qui en sortent soient utilisées en parallèle ou suivant un ordre quelconque.

Deux exemples :



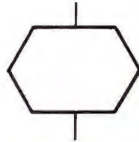
#### Entrée - Sortie

Mise à disposition d'une information à traiter ou enregistrement d'une information traitée.



#### Préparation

Opération qui détermine partiellement ou complètement la voie à suivre dans un embranchement ou un sous-programme.



### SYMBOLES RÉSERVÉS

Si l'on veut utiliser des symboles supplémentaires, il faut prendre soin de n'utiliser aucun de ceux qui suivent dans un sens différent de celui indiqué ci-dessous :

#### Opération auxiliaire

Opération périphérique exécutée sur un appareil qui n'est pas sous contrôle direct de l'unité centrale de traitement.



### SYMBOLES SPÉCIAUX

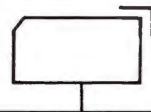
#### Renvoi

Ce symbole est utilisé deux fois pour assurer la continuité lorsqu'une partie de ligne de liaison n'est pas représentée.



#### Fichier de cartes

Ensemble d'enregistrements apparentés sur cartes perforées.



#### Mémoire à ferrite

Fonction d'entrée-sortie pour laquelle le support est une mémoire à ferrite magnétique.



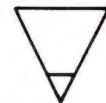
#### Début, fin, interruption

Début, fin ou interruption d'un organigramme, point de contrôle, etc.



#### Mémoire extérieure au système

Fonction de conservation de l'information à l'extérieur du système, quel que soit le support sur lequel cette information est enregistrée.



#### Commentaire

Ce symbole est utilisé pour donner des indications marginales.



#### Mémoire intérieure au système

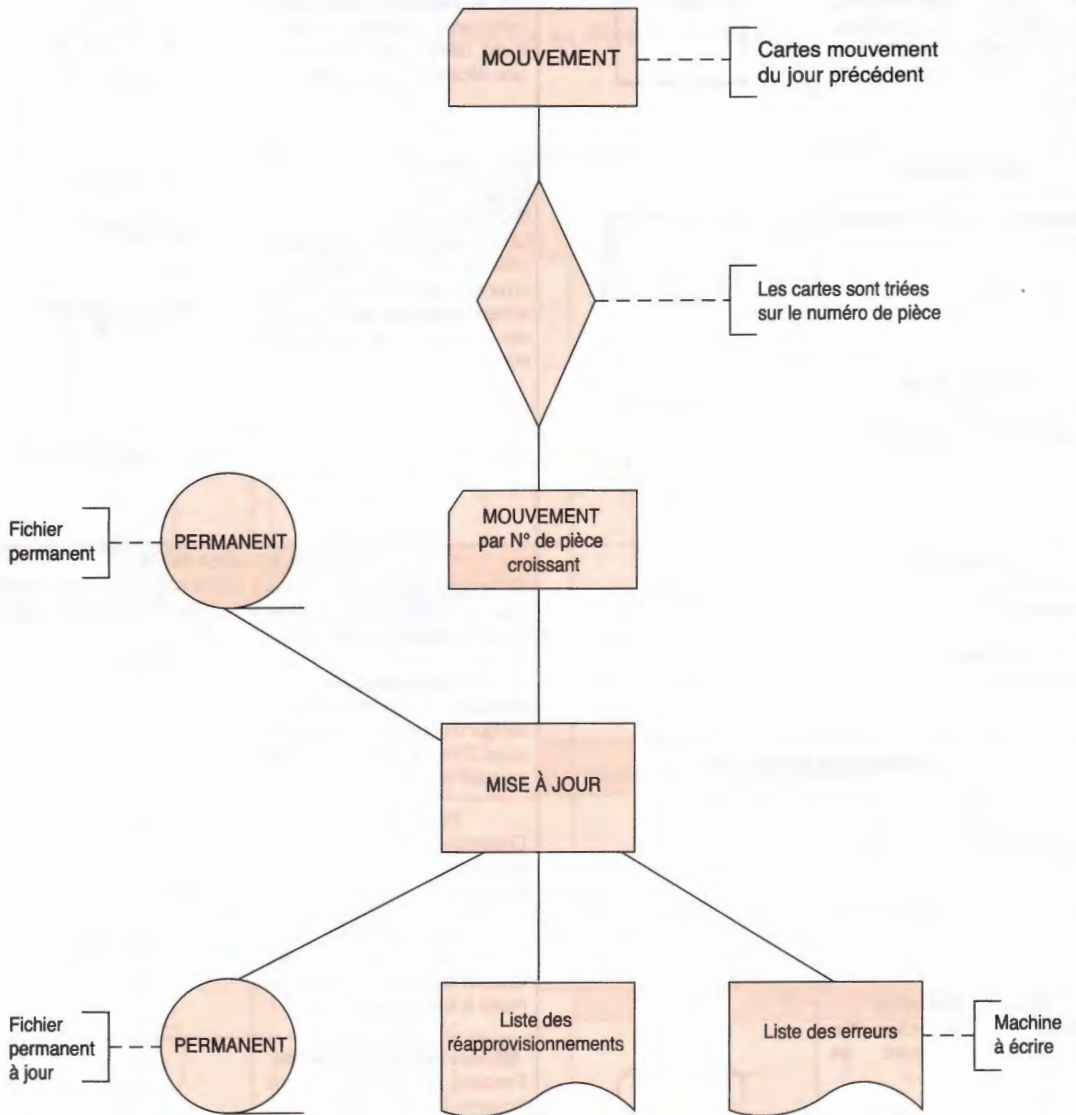
Support ou fonction d'entrée-sortie utilisant un type quelconque de mémoire intérieure au système.



## 2.4.3. EXEMPLES DE TRAITEMENT SIMPLIFIÉ D'UN CONTRÔLE DE STOCK

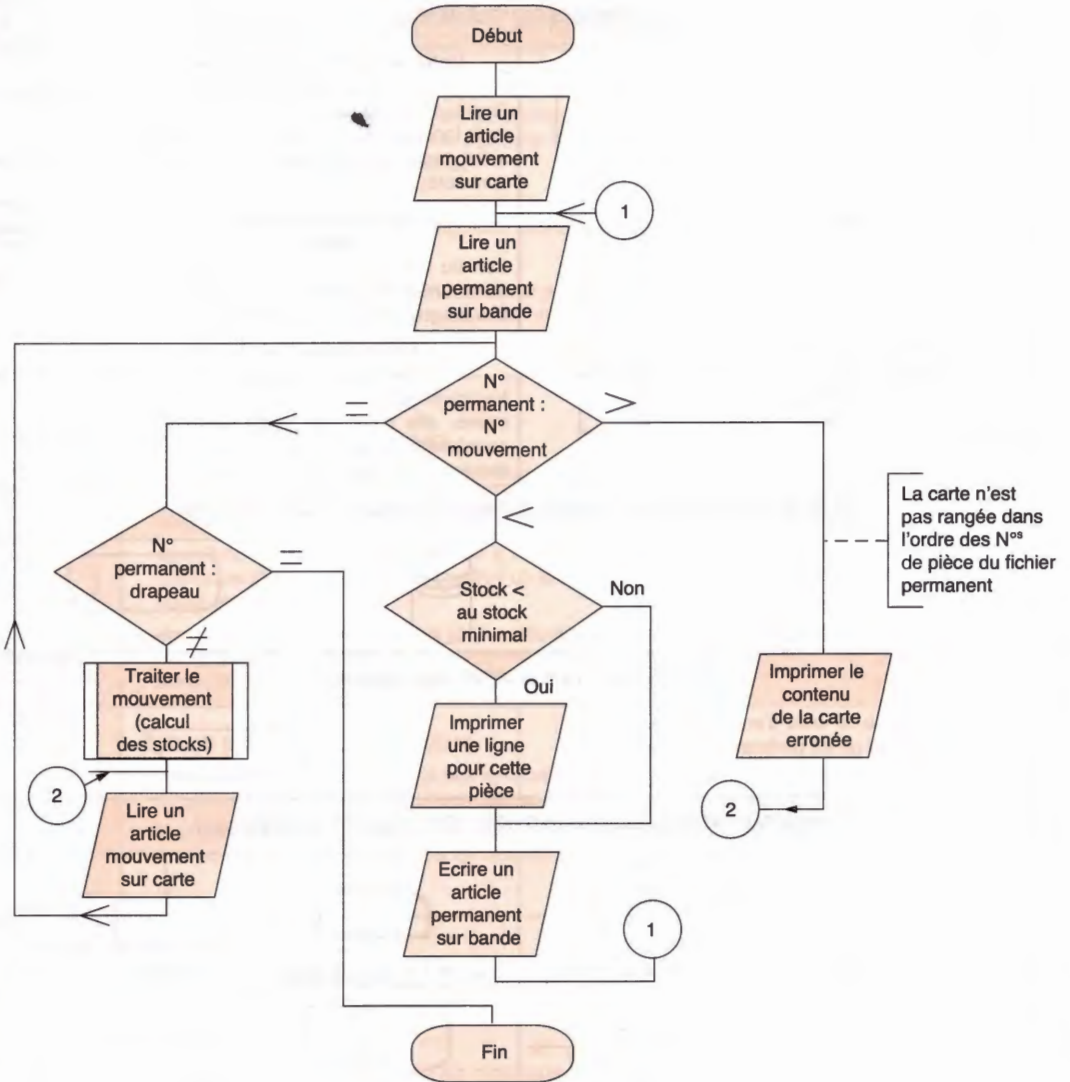
NFZ 67.010

### ORGANIGRAMME DES DONNÉES



## TRAITEMENT SIMPLIFIÉ D'UN CONTRÔLE DE STOCK ORGANIGRAMME DE PROGRAMMATION

L'exemple simplifié de la page précédente comporte un symbole de traitement « mise à jour ». Une solution possible pour cette mise à jour est représentée ci-dessous. L'organigramme lui-même peut prendre plusieurs formes. Cette variante a été volontairement retenue, en vue de faire apparaître un maximum de symboles de la norme.






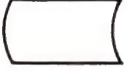


## 2.4.4. ORGANIGRAMME POUR LE TRAITEMENT DE L'INFORMATION

NFZ 67.011

- Le schéma fonctionnel est une représentation des fonctions attribuées aux différents éléments physiques composant un ensemble de traitement de l'information et des relations entre ces éléments.
- Il est constitué par :
  - des symboles d'éléments dont le but est de représenter une unité physique par sa fonction essentielle ;
  - des lignes de liaison représentant une connexion physique ou une ligne de transmission susceptible de permettre des transferts d'information dans les sens indiqués par les flèches ;
  - des symboles auxiliaires dont l'objet est de faciliter l'écriture et la lecture de l'organigramme.

### SYMBOLES D'ÉLÉMENTS

<p><b>Unité physique de traitement (Processing Unit)</b> Représente une unité physique capable d'effectuer un traitement arithmétique ou logique (unité principale ou centrale d'un ordinateur).</p>		<p><b>Unité de traitement asservie (Auxiliary processing Unit)</b> Représente une unité comme ci-contre mais fonctionnant sous le contrôle d'une autre unité de traitement (calculateur connecté).</p>	
<p><b>Unité auxiliaire (Auxiliary Unit)</b> Unité physique capable d'effectuer une série d'opérations programmées ou non.</p>		<p><b>Unité de commutation (Switch)</b> L'un ou l'autre de ces symboles représente une unité physique de commutation programmée ou manuelle.</p>	
<p><b>Mémoire principale (Main storage)</b> Mémoire adressable la plus rapide liée à l'unité principale (ou centrale) en permanence.</p>		<p><b>Mémoire auxiliaire (Auxiliary storage)</b> Mémoire autre que la mémoire principale, elle n'est pas nécessairement connectée en permanence (unité de bandes ou de disques magnétiques).</p>	

### MÉMOIRES AUXILIAIRES PARTICULIÈRES (Specific auxiliary storages)




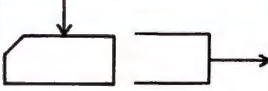



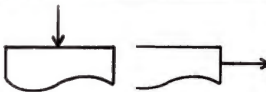


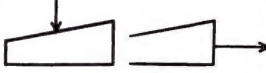
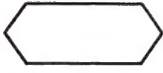




 Unité de bande magnétique	 Unité à disques	 Tambour
--	---	---

### MOYEN D'ENTRÉE SORTIE (Input-Output)

Représente tout organe ou unité d'entrée-sortie.  
Par exemple un lecteur ou un perforateur de cartes.



### MOYENS D'ENTRÉE-SORTIE PARTICULIERS (Specific Input-Output)

 Unité de bande magnét. Amovible	 Unité à disque amovible	 Unité à cartes perforées	 Perforateur Lecteur
 Unité à bande perforée	 Perforateur Lecteur	 Unité à support papier	 Imprimante Lecteur
 Unité à écran	 Unité à clavier ou pupitre	 Sortie machine Entrée machine	 Unité de transmission (Transmission Unit)
 Connexion	 Voie de transmission	 Connecteur (Connector)	 Commentaire (Comment)

# 3. PRÉVENTION DES ACCIDENTS ÉLECTRIQUES

Ce chapitre traite de la protection des travailleurs lors de la mise en œuvre de courants électriques ou de l'exécution de travaux au voisinage d'installations électriques.

Ce chapitre emprunte de larges passages à l'article D95 « Prévention des accidents électriques » par MM. : Roland AUBER et Lucien RICHARD, paru en décembre 1983 dans l'encyclopédie à fascicules mobiles. Techniques de l'ingénieur. Reproduit avec l'autorisation de l'éditeur et des auteurs.

## 3.1. ACCIDENTS D'ORIGINE ÉLECTRIQUE : NATURE ET IMPORTANCE

<p><b>3.1.1.</b> <b>TERMINOLOGIE</b></p>	<p><b>ÉLECTRISATION</b> : Désigne tout accident électrique, mortel ou non. L'électrisation peut se traduire par une simple commotion qui peut ne pas avoir de suite, ou, à l'opposé, par un état de fibrillation ventriculaire, ou un choc cardiaque mortel.</p> <p><b>ÉLECTROCUTION</b> : Désigne un accident mortel d'origine électrique.</p> <p><b>FIBRILLATION VENTRICULAIRE</b> : Elle peut suivre l'électrisation. C'est un état transitoire de l'organisme dit de « mort apparente » qui correspond à un rythme de fonctionnement anarchique du cœur.</p>
<p><b>3.1.2.</b> <b>CLASSEMENT</b></p>	<p><b>ACTION DIRECTE DU COURANT :</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Première famille : électrisation ou électrocution due à un état prolongé de fibrillation. Ce sont des accidents dus à un courant sous basse tension, de faible intensité, traversant le corps pendant un temps assez court.</li><li>- Deuxième famille : électrocution due à des brûlures internes ou externes provoquées par un courant électrique d'intensité suffisante pendant un temps assez long. C'est en général le cas des courants sous haute tension.</li><li>- Remarque : l'accident électrique le plus fréquent est l'accident en basse tension de la première famille, qui se produit par contact soit entre conducteurs, soit entre conducteurs et terre, avec ou sans interposition de la masse métallique d'un appareil.</li></ul> <p><b>ACTION INDIRECTE DU COURANT :</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Troisième famille : le corps n'est pas traversé par le courant. Il s'agit d'accidents dus à un arc électrique. En général ils ne sont pas mortels mais peuvent provoquer des brûlures externes graves.</li><li>- Quatrième famille : le corps est soumis à des courants engendrés par le champ électrique dû au courant principal (tension au-dessus de 220 kV).</li></ul>
<p><b>3.1.3</b> <b>ACTIONS</b> <b>PATHOPHYSIO-</b> <b>LOGIQUES</b></p>	<p><b>EFFETS ÉLECTROTHERMIQUES (effet joule) :</b> Ils se traduisent par des brûlures externes et internes.</p> <p><b>ÉLECTRISATION SANS PERTE DE CONNAISSANCE :</b> Elle va du simple picotement sans conséquence à la violente contraction correspondant à la tétanisation électrique. Une violente contraction musculaire peut provoquer la chute grave ou le collage par crispation de la main sur le conducteur.</p> <p><b>ÉLECTRISATION AVEC PERTE DE CONNAISSANCE (état de fibrillation ventriculaire) :</b> La fibrillation cardiaque ventriculaire empêche l'irrigation du cerveau, cause des lésions irréparables au-delà de quelques minutes et entraîne la mort. Le maintien en survie nécessite des moyens appropriés.</p>

## Causes humaines

← IGNORANCE →

ENSEIGNEMENT

- Enfants :** Décret du 28.11.58 : Enseignement des règles de sécurité à l'école.  
: Arrêté au 17.06.60 : Programme d'enseignement des règles de sécurité à l'école.
- Adultes :** Loi du 06.12.76 relative à la prévention et à la formation pratique et appropriée à la sécurité. Affichages obligatoires : EX. Art. du 13.02.70.

← INCOMPÉTENCE →

COMPÉTENCE

- Travaux d'électricité Interdits aux ENFANTS de moins de 18 ans : décret du 19.07.58.
- Codification des personnes ADULTES, NFC 15-100-322-1 (512-2-BA-1 ordinaires)

← FAUTE DE COMPORTEMENT →

INFORMATION :

PUBLICITÉ, ÉTIQUETAGE, NOTICES.

**Adultes : Bricolage sous tension**

Usage d'un appareil raccordé au réseau tout en prenant un bain.  
Matériel de classe 0 utilisé dans une pièce à sol non isolant.  
Non-respect des volumes enveloppe et de protection dans la salle d'eau.

MARQUE DE CONFORMITÉ AUX NORMES →



**Mise hors tension :** Coupure omnipolaire (au disjoncteur) avec toute intervention sur l'installation.  
Exemples : Loi ROYER du 27.12.73 – concerne la PUBLICITÉ MENSONGÈRE

Loi SCRIVENER du 10.01.78 – concerne la PROTECTION ET L'INFORMATION DES CONSOMMATEURS DES PRODUITS ET SERVICES Décret 75-848 du 26-08-75 (paragraphe 3 1.a) : Les caractéristiques essentielles dont la connaissance et le respect sont des conditions pour que le matériel soit utilisé conformément à sa destination et employé sans danger, doivent figurer sur le matériel électrique.  
Normes sur les jouets NFC 73-610 (construction) NFC 52-210 (transformateurs) NFC 15-100, 511-2 (installation)

**Enfants :** Comportement systématiquement incorrect « avec l'enfant, l'impossible est possible », utilisation systématique des deux mains par le tout petit.

← INAPTITUDE →

POSTE DE SÉCURITÉ POSTE DANGEREUX

APTITUDE LORS DES VISITES RÉGLEMENTAIRES DE MÉDECINE DU TRAVAIL →

– Décret du 20.03.79 – Code du travail, livre II, titre IV

– Publication UTE C. 18.510 – Prescriptions de sécurité applicables aux travaux sur installations électriques.

## Causes matérielles

← LOCAUX OU EMPLACEMENTS : INFLUENCES EXTERNES →

**Domestique :** Ex. : Locaux dits à risques importants (salle d'eau)  
Pièces à sols isolants ou non isolants

NFC 15-100 chap. 32

Attestation de conformité

à la réception. Déc. Du 14.12.72

Différenciation des locaux à risques différents  
NFC 15-100 (234-2-625) – Détermination, des volumes des salles d'eau, douches, pédiluves, piscines...  
NFC 15-100 701-702

**Loisirs :** Établissements recevant du public, ex. : salle de spectacle, lieu de culte, de plein air recevant du public...

**Commissions de sécurité :** Décret du 31.10.73. Règlement du 25.06.80 : sécurité dans les établissements recevant du public.

← **Travail :** Exemples de problèmes spécifiques :

- **Bâtiment :** main-d'œuvre immigrée, installations provisoires
- **Agricole :** main-d'œuvre immigrée, intempéries, animaux, dispersion des bâtiments, poussières...

**Organismes agréés contrôles périodiques :**

- Décret du 14.11.88 – article 53
- Décret du 14.11.88

**Soins :** Patients anesthésiés, appareils électromédicaux  
Autres...

Arrêté du 27.06.88 – Homologation des appareils électromédicaux  
Décret du 14.11.88 – Protection, des travailleurs.

← MAUVAISES INSTALLATIONS →

**BONNES INSTALLATIONS – NFC 15-100**

Domestique

Arrêté du ministère de l'Équipement du 22.10.69 – DTU 70. 1 du C.S.T.B.

Travail

Décret du 14.11.88 – Protection des travailleurs

Inadaptation

Adaptation

Bricolage

Mises en garde : Directive BT (décret 75-848 – paragraphe 3.1.C) Information, Étiquetage...

← MAUVAIS MATÉRIELS

Douille Edison  
Fiche plate à broches conductrices sur leur longueur

Exemples :

Prise mobile sans protection

← Inadaptation : Classe mal utilisée

Protection incorrecte

← Réparation incorrecte

Modalités de contacts

**DIRECTS** (Parties actives)

Installations  
Matériels

Protection complémentaire

← **INDIRECTS** (Masses)

Installations

Mesures passives

Mesures actives

Matériels

**BONS MATÉRIELS** ➤ **NORMES** ➤ Marque de conformité aux normes



Douille Edison à deux contacts à fond de douille (NFC 61-550 – CEI 238)  
Fiche plate à broches isolées sur une partie de leur longueur pour appareil de classe II (C. 61-320 et 61-321)

Prise mobile de prolongateur avec jupe de protection (NFC 61-321)

**Matériel adapté classification**

**Protection contre les chocs électriques (NFC 20-030)**

**Protection contre les influences externes (C15-100, 32, 512, 522)**

**Degrés de protection (C.20-010) IP XX**



Mesures de protection

**Isolation (NFC 15-100, 412-1)**

**Barrières, enveloppes (NFC 15-100, 412-2)**

**Obstacles (NFC 15-100, 413-3)**

**Degrés de protection IPXX** (suivant normes particulières des matériels adaptés aux conditions d'influences externes (NFC 15-100, 32, 512, 522))

**Amélioration des appareils et appareillages.** Exemples :

- Socles de prises de courant munis de collerette (NFC 61-303, arrêté du 30.12.81)
- Fiches de prises de courant à broches protégées empêchant tout contact direct.
- Socles de prises de courant à éclipses empêchant l'introduction d'objets divers et permettant uniquement l'introduction simultanée des deux broches d'une fiche (NFC 61-303)
- Socle de prise de courant alimenté par un transformateur de séparation, pour rasoir.
- Interrupteur non démontable sans l'aide d'un outil (NFC 61-303)

**Dispositifs différentiels à haute sensibilité** ( $I_{\Delta n} \leq 30$  mA) (C 15-100, 412-5, 532-2-6)

**Exemples :**

- Prise de courant  $\leq 32$  A.
- Prises de courant locaux mouillés.
- Prises de courant installations temporaires.
- Luminaires et appareils de chauffage des salles d'eau.
- Alimentation des caravanes et bateaux de plaisance.
- Installations foraines.
- Établissements agricoles et horticoles.

Double isolation (Classe II)

ou isolation supplémentaire lors de l'installation (NFC 15-100, 413-2)

Séparation de sécurité des circuits (NFC 15-100, 413-5)

Très basse tension de sécurité (NFC 15-100, 411-1)

Liaisons équipotentielles principales (NFC 15-100, 413-1-2)

supplémentaires (NFC 15-100, 413-1-5)

Voir ci-après :

**Sécurité des appareils d'utilisation :**

- Appareils électrodomestiques (NFC 73-150, 200, 600,...)
- Armoires de toilette (NFD 62-030)
- Téléviseurs (NFC 92-100)
- électrophones, magnétophones...
- Luminaires (NFC 71-110 et 111)
- Guirlandes lumineuses (NFC 71-111)
- Baladeuses (NFC 61-710)
- Outils portatifs (NFC 75-100)

**SITUATIONS PARTICULIÈRES**

(Immersion très conductrices...)  
(BB2, BB3, BC4 suivant NFC 15-100, 322)

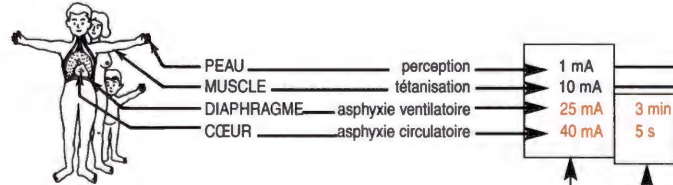
- Salles d'eau, douches, piscines** (C 15-100, 701, 702) détermination des volumes enveloppe et de protection
- Bainéothérapie** (C 15-100, 751)
- Chantiers** (C 15-100, 704 – Recommandations de l'OPBBTP)
- Camps de caravaning** (C 15-100, 708)
- Ports de plaisance** (C 15-100, 709)
- Enceintes conductrices** (C 15-100, 706)

**EFFETS DES ÉLECTRISATIONS**

**Physiopathologie**

**RÉCEPTEURS**

du corps humain

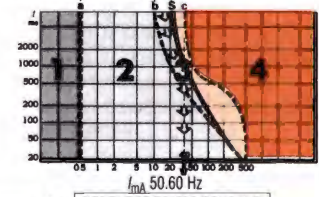


**SÉCURITÉ EN ÉLECTRICITÉ**

**Dispositions actives**

**INTENSITÉS SEUILS**  
(Courant alternatif 50 Hz)

**CEI** Commission Electrotechnique internationale



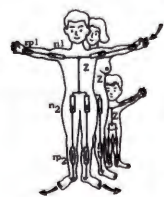
Rôle des différents

**PARAMÈTRES**

Action de **I** Intensité  
Action de **t** Temps de passage

**Action de Z**

DÉTERMINATION DES « RÉSISTANCES » DU CORPS HUMAIN PAR DES MESURES SUR L'HOMME POUR LES FAIBLES VALEURS DE TENSION PAR LE CALCUL À PARTIR DE DONNÉES D'ACCIDENTS ET PAR DES MESURES SUR LES ANIMAUX



**Impédance du corps humain**

Tensions de contact (V)	BB1 Z (Ω) I (mA)	BB2 Z (Ω) I (mA)
25		1 075 23
50	1 725 29	925 54
75	1 625 46	825 91
100	1 600 62	800 125
150	1 550 97	740 203
230	1 500 153	700 329
300	1 480 203	660 454
400	1 450 276	
500	1 430 350	

**IMPÉDANCES DU CORPS HUMAIN EN FONCTION DES CONDITIONS D'INFLUENCES EXTERNES**

Z : Impédance du corps humain  
I : intensité du courant traversant le corps humain

BB1 sèches  
BB2 mouillées  
BB3 immergées

**CHOIX DES MESURES DE PROTECTION**

NF C 15-100  
413-1  
481-3

Action de **U** → Différence de potentiel

- si  $U \neq R \neq$
- si  $U \neq I \neq$
- si  $U \neq W \neq$  brûlures

# ÉQUATION FINALE DU RISQUE ÉLECTRIQUE

$$F_H \times F_M \times \text{CONTACTS} \quad W = UIt = RI^2 t$$

ACTION GLOBALE DE LA SOURCE

↓  
ÉLECTRISATION

↓  
CHOIX DE DISPOSITIFS DE COUPE  
(NFC 15-100, 413-1, 431-3)

IGNORANCE  
DE LA CONDUITE À TENIR

↓  
BRÛLURES

↓  
ÉLECTROCUTION

COURSES	CONDITIONS D'INFLUENCE EXTERNES			EXEMPLES D'APPLICATION
	AD Présence d'eau	BB Résistance électrique du corps humain	BC Contacts avec la terre	
A	1-2-3	1	1-2-3	Locaux non mouillés
B	4-5-6	2	3	Locaux mouillés
C	7-8	3	3-4	Emplacements immergés

Connaissances des gestes de premier secours	
Décret du 04.01.1977 :	Équipement et pratique du secourisme
Décret du 28.01.1978 :	Soins aux électrisés
Arrêté du 15.04.1978 :	Application du décret du 4.1.77
Décret 20.03.1979 :	Formation des nouveaux embauchés (secourisme et sécurité)
Décret du 13.07.1975 :	Attestation d'aptitude au secourisme
Arrêté du 05.003.1981 :	Initiation à la sécurité familiale

SLT	TEMPS DE COUPURES (s) EN FONCTION DE LA TENSION NOMINALE	
	TENSION DE FONCTIONNEMENT 230/400 V	
	$U_L$	
	50 V (BB1)	25 V (BB2)
TN	0,4	0,2
IT SN	0,4	0,2
IT AN	0,8	0,5

↓  
PROTECTION ASSURÉE PAR

DISJONCTEURS OU FUSIBLES

(Schémas TN, IT)  
ou

DISPOSITIFS DIFFÉRENTIELS RÉSIDUELS  
(Schéma TT, et si nécessaire pour schémas TN et IT)

↓  
COUPE DE COURANT

↓  
SIMPLE ACCIDENT

SN : sans neutre  
AN : avec neutre  
 $U_L$  : tension limite de sécurité

↓  
l'électricité en toute

↓  
SÉCURITÉ

## 3.2. MESURES PRATIQUES DE PROTECTION

### CONTACT DES MASSES MISES ACCIDENTELLEMENT SOUS TENSION

Malgré une installation conforme aux règles de l'art, en cas d'incidents, il faut assurer la protection par :

#### – Interconnexion des masses et mise à la terre :

Dans le cas de la Fig. 1, un courant de défaut, insuffisant pour déclencher un appareil de protection, peut être dangereux pour l'homme.

#### Que se passe-t-il en cas de défaut ?

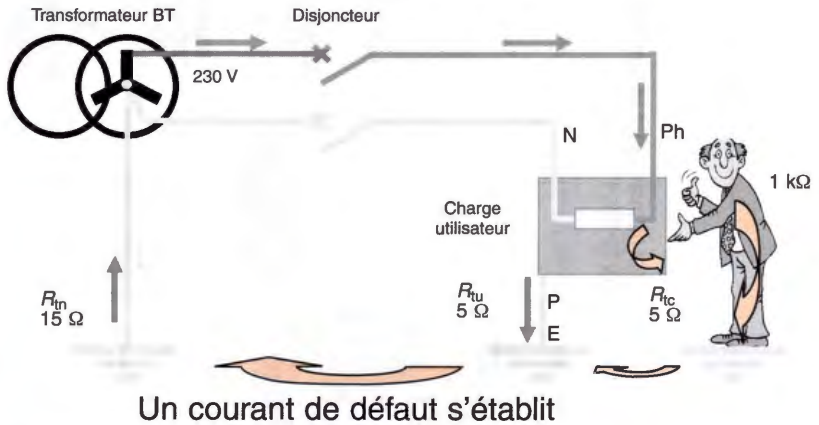


Schéma équivalent :

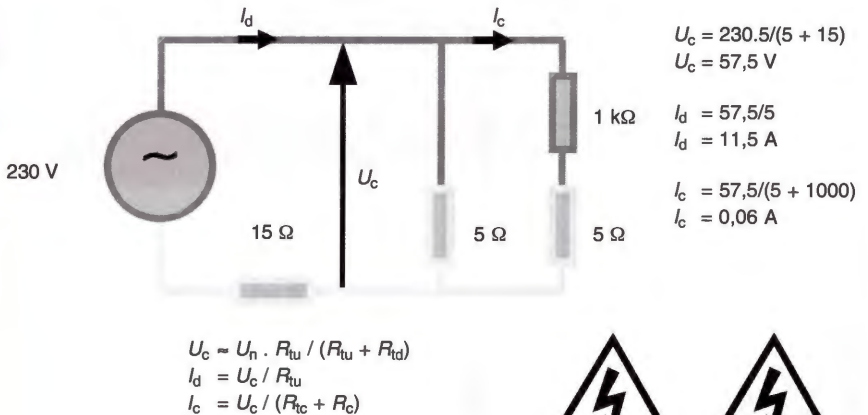


Fig. 1 : Contact avec un appareil sous basse tension, en schéma TT.

Le courant, qui traverse le corps de l'utilisateur sous la tension présumée de contact de 57,5 V et qui a pour valeur 60 mA peut être mortel.

#### – Amélioration des prises de terre :

Dans la plupart des cas, la réduction de la résistance des prises de terre même si elle réduit la tension présumée de contact ne suffit pas à faire circuler un courant de défaut susceptible de faire fonctionner la protection de surintensité dans un temps suffisamment court pour la protection des personnes.

#### – Réalisation de liaisons équipotentielles :

Elle permet la mise au même potentiel, ou à des potentiels voisins, des masses et des éléments conducteurs. Cette disposition est rendue obligatoire pour les canalisations métalliques (eau, gaz, chauffage, conditionnement d'air), pour les éléments métalliques de la construction et pour les gaines ou tresses métalliques des câbles de communication.

#### – Présence d'un dispositif de coupure automatique :

Les caractéristiques d'un tel dispositif sont définies suivant le schéma des liaisons à la terre TT, TN ou IT

### CLASSES ET CARACTÉRISTIQUES.

- 30 % des accidents sont dus à l'emploi d'appareils portatifs : on distingue :
- **Matériel de classe 0** : possédant l'isolation fonctionnelle, mais pas de disposition pour la mise à la terre.
- **Matériel de classe I** : isolation principale (isolation fonctionnelle) avec dispositif de mise à la terre, un dispositif de coupure automatique sensible au courant de défaut doit être associé à cette mise à la terre.
- **Matériel de classe II** : double isolation ou isolation renforcée (symbole : double carré).
- **Matériel de classe III** : tension nominale inférieure ou égale à 50 V, alimentation à partir d'un circuit TBT de sécurité.
- Les machines dont il est question ici sont :
  - les machines-outils portatives,
  - les lampes baladeuses,
  - les appareils de mesure.

### MACHINES-OUTILS PORTATIVES.

#### Prévention générale

- Le câble souple d'alimentation des appareils doit comporter une gaine élastomère enrobant tous les conducteurs, y compris pour les appareils de classe I. La fiche et le socle de prise de courant doivent être conformes aux prescriptions.
- Les organes de contact des conducteurs de protection ne doivent pas être en contact avec les conducteurs actifs et doivent être en contact entre eux avant les autres conducteurs et séparés après.
- La séparation des circuits est un autre moyen de prévention (transformateurs à deux enroulements) conforme à la **Norme EN 60. 742**.
- L'emploi de la Très Basse Tension de Sécurité ( $\leq 50$  V) **TBTS** doit répondre aux conditions suivantes :
  - La **TBTS** est fournie par l'intermédiaire :
    - de transformateurs de sécurité de **classe II**,
    - de groupes moteur-générateur présentant des garanties équivalentes,
    - de sources autonomes, telles que batteries de piles ou accumulateurs.
  - Les circuits secondaires à **TBTS** ne doivent avoir aucun point relié à la terre, ils ne doivent pas être en liaison électrique avec des installations de tension plus élevée, ils ne doivent comporter aucun autre conducteur soumis à une tension d'autre classe.

**Remarques** : Dans le cas de la séparation des circuits et de l'emploi de la **TBTS** :

- Les masses des machines-outils portatives ne doivent être reliées, ni avec la terre, ni avec d'autres masses.
- Si un tel incident se produisait, la sécurité ne dépendrait alors que de la protection des autres masses en question.

#### Conditions particulières de travail :

Lorsque les lieux de travail sont particulièrement conducteurs, on doit obligatoirement utiliser la **TBTS**.

A l'intérieur des enceintes très conductrices (chaudières, réservoirs, etc.) les transformateurs ou les groupes moteur-générateur doivent se trouver à l'extérieur.

On peut utiliser la mesure de séparation des circuits à condition que le secondaire n'alimente qu'un seul appareil qui doit être de **classe II** (éventuellement de **classe I**) (Fig. 2).

Si l'on utilise plusieurs appareils de **classe I** leurs masses doivent être interconnectées.

### LAMPES BALADEUSES.

Elles sont toutes de **classe II**, conformes à la Norme et sont de deux types :

**A** : type domestique et **B** : type professionnel.

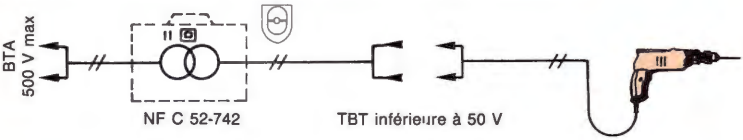
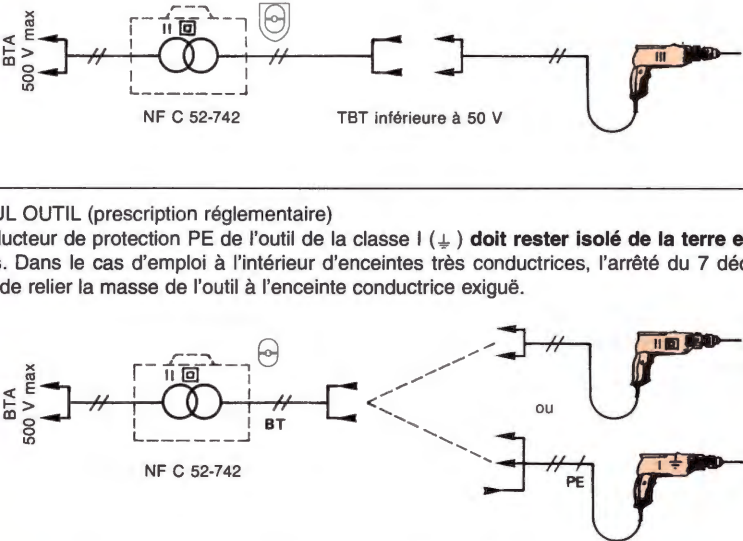
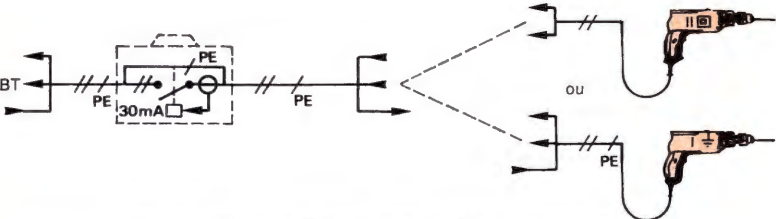
C'est le type B dont le ministère du Travail requiert l'utilisation dans les établissements soumis au Code du travail (arrêté du 21 fév. 1981).


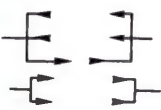

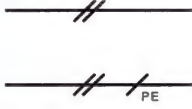
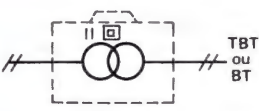
L'emploi des lampes témoins, comme vérificateurs de tension, doit être proscrit. Il convient d'utiliser des vérificateurs spécialement conçus pour cet usage (**Normes NFC 18-310 et NFC 18-311**).

### APPAREILS DE MESURE.

Ces appareils ne doivent présenter aucun danger même en cas de fausse manœuvre.

Les pinces crocodiles seront d'un modèle isolé. Les connexions enroulées sur des tiges filetées de bornes d'appareils de mesure ou d'autres appareils sont **INTERDITES**.

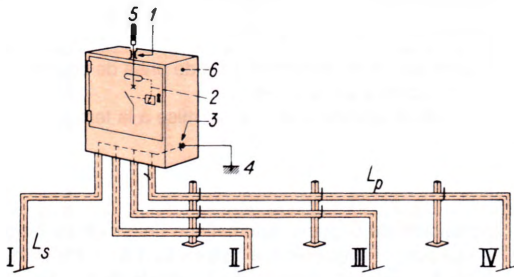
Emplacement des travaux ou des interventions	Protection réglementaire lors de l'utilisation à l'intérieur d'enceintes conductrices exigües Précautions complémentaires lors de l'utilisation sur emplacements à risques spéciaux
Enceintes conductrices exigües	<p><b>PROTECTION RÉGLEMENTAIRE OBLIGATOIRE</b> TBT de sécurité quelle que soit la tension de l'installation fixe alimentant l'emplacement de travail. Le transformateur doit être placé en dehors de l'enceinte très conductrice.</p> 
Autres emplacements à risques spéciaux	<p><b>PRÉCAUTIONS COMPLÉMENTAIRES</b> Énumérées dans l'ordre préférentiel décroissant.</p>  <p><b>UN SEUL OUTIL</b> (prescription réglementaire) Le conducteur de protection PE de l'outil de la classe I (⊕) ou II (⊞) <b>doit rester isolé de la terre et des autres masses</b>. Dans le cas d'emploi à l'intérieur d'enceintes très conductrices, l'arrêté du 7 décembre 1988 impose de relier la masse de l'outil à l'enceinte conductrice exigüe.</p>
	 <p style="text-align: center;"><b>Fig. 2 : utilisation à l'intérieur des enceintes exigües</b></p>
Précautions complémentaires	<p><b>LES PRÉCAUTIONS COMPLÉMENTAIRES À METTRE EN ŒUVRE SONT, DANS L'ORDRE PRÉFÉRENTIEL DÉCROISSANT.</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>L'utilisation d'outils de la <b>classe III</b> alimentés dans les conditions suivantes : Pour les travaux exécutés à l'intérieur d'enceintes conductrices exigües, <b>utiliser ou faire utiliser des outils portatifs à moteur de classe III</b> (tension inférieure à 50 V ~ ou 120 V =). Ces tensions doivent être réduites à leur moitié dans les enceintes mouillées.</li> <li>L'utilisation d'outils de la <b>classe I</b> (⊕) ou II (⊞) alimentés par un transformateur de séparation des circuits (séparation des circuits actifs et des circuits de protection).</li> <li>L'utilisation d'outils de la <b>classe I</b> (⊕) ou II (⊞) protégés par un interrupteur automatique ou un disjoncteur à courant différentiel résiduel (en abrégé dispositif <b>DDR</b>) à haute sensibilité (30 mA au maximum).</li> </ol>

	Symbole utilisé	Signification
		<p>Outil portatif monophasé avec indication de la classe de matériel ; le symbole correspondant à la classe est indiqué entre parenthèses.</p> <p>I ( <math>\triangle</math> )                      II ( <math>\square</math> )                      III ( <math>\diamond</math> )</p>
		<p>Socle (ou prise mobile) et fiche de prise de courant :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- tripolaire (2 pôles + terre).</li> <li>- ou bipolaire (sans contact de mise à la terre).</li> </ul>
		<p>Dispositif de coupure automatique (interrupteur, disjoncteur) du type portatif avec poignée de transport équipé d'un dispositif différentiel résiduel (DDR) à haute sensibilité (30 mA maximum)</p>
	<p align="center"><b>Classes</b></p>	<p align="center"><b>Indications de la plaque signalétique</b></p>
	<p>I II III</p>	<p>Symbole de mise à la terre ( <math>\triangle</math> ) Symbole ( <math>\square</math> ) Matériel alimenté en TBTS ou en TBTP ( <math>\diamond</math> )</p>
		<p>Câble :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- à deux conducteurs actifs,</li> <li>- à deux conducteurs actifs : un conducteur de protection électrique repéré (PE) est réservé à la mise à la terre de la masse de l'appareil portatif de classe I ( <math>\triangle</math> ). L'enveloppe isolante du conducteur (PE) doit posséder la double coloration vert-jaune.</li> </ul>
		<p>Transformateur mobile de classe II ( <math>\square</math> ) avec poignée de transport :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- de sécurité (tension secondaire du domaine TBT, c'est-à-dire inférieure à 50 V). Transformateur selon la norme NFC 52-742 :</li> <li>- de séparation des circuits (tension secondaire du domaine BT). Transformateur selon la norme NFC 52-742.</li> </ul>
<p><b>3.2.3. MESURES PARTICULIÈRES POUR LES CHANTIERS EXTÉRIEURS</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Toutes les installations doivent être exécutées avec un degré de protection minimal IP 35 (NF C20-010). Ces installations doivent être munies de dispositifs de sectionnement par circuit ou par groupe de circuits.</li> <li>- Les machines doivent être équipées d'un dispositif de commande et de sectionnement se trouvant à proximité de l'opérateur (séparation simultanée de tous les conducteurs actifs).</li> <li>- Tous les bâtis et les pièces conductrices doivent être reliés à la terre par un conducteur de protection incorporé au câble d'alimentation.</li> <li>- Les appareils portatifs doivent être à double isolation ou être alimentés en TBTS et posséder les degrés de protection adéquats.</li> <li>- Les prises de courant, prolongateurs et connecteurs seront différents suivant la tension utilisée et ne posséderont pas de parties accessibles au toucher (assemblés ou non).</li> <li>- Les postes de soudure électrique posséderont un système automatique qui ramènera à 25 V la tension aux bornes de la pince et de la masse après soudure.</li> <li>- Les figures 3 (a) et (b) sont des exemples d'utilisation des disjoncteurs différentiels dans les chantiers.</li> <li>- La figure 3 (c) traite un exemple d'installation de chantier pour éviter l'arrêt simultané de tous les appareils.</li> </ul> <p><b>Engins mobiles</b> Les engins mobiles (grues sur camion, pelles mécaniques...) devant se déplacer fréquemment, les lignes électriques de chantier doivent être signalées par des panneaux et un gabarit de passage. Sur les véhicules, des consignes particulières indiquant la conduite à tenir en cas d'accident doivent être affichées.</p> <p><b>Voisinage des installations électriques</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Distances à respecter : - 0,30 m pour des tensions jusqu'à 1 000 V, - 2 m pour des tensions &gt; 1 000 V et jusqu'à 50 000 V, - 3 m pour des tensions &gt; 50 000 V et jusqu'à 250 000 V, - 4 m pour des tensions &gt; 250 000 V.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pour des canalisations souterraines, ne pas commencer les travaux à moins de 1,50 m des conducteurs sans avoir reçu l'accord des services compétents.</li> <li>- Pour des travaux au voisinage d'installations sous tension (BT comme HT), des dispositions de mise hors d'atteinte doivent être réalisées.</li> </ul>	

## SCHÉMAS – TYPES D'INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES POUR CHANTIERS EXTÉRIEURS

### a) Alimentation à neutre mis directement à la terre :

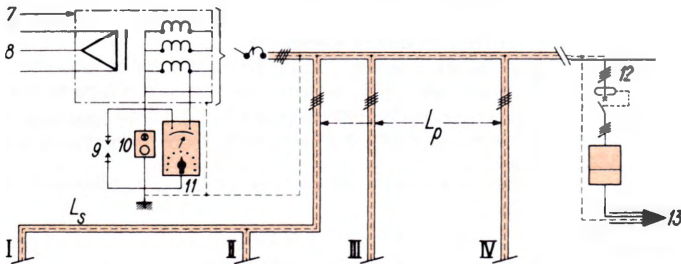
Réseau de distribution publique ou transformateur d'abonné ayant choisi le schéma des liaisons à la terre TT :  
coupure au premier défaut



- 1 isolement renforcé
- 2 dispositif de coupure automatique immédiatement après comptage associé à un relais différentiel à moyenne sensibilité temporisé (0,05 s)
- 3 borne de terre
- 4 prise de terre locale
- 5 après comptage
- 6 armoire de répartition
- $L_p$  ligne sur poteaux
- $L_s$  ligne souterraine (3 phases + neutre + terre)

### b) Alimentation par transformateur privé, distribution à neutre isolé distribué IT :

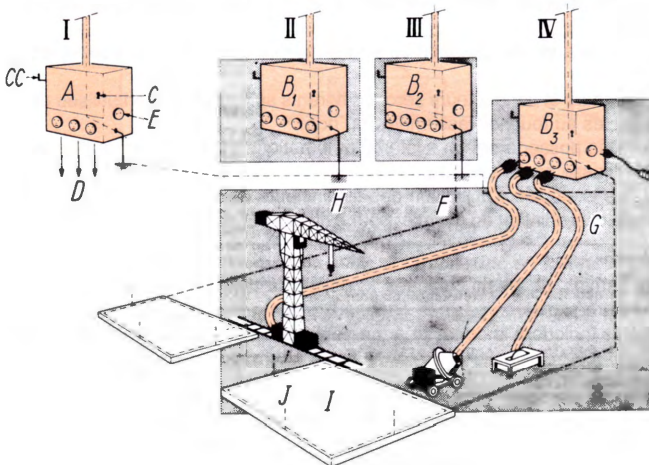
Signalisation au premier défaut, coupure au premier défaut



- 7 masse du poste
- 8 cabine du transformateur qui doit être en conformité avec la norme C 13-100 ou la norme NF C 13-200 suivant les cas
- 9 limiteur de surtension
- 10 contrôleur d'isolement avec signalisation du 1<sup>er</sup> défaut
- 11 appareil pour la localisation du défaut
- 12 relais différentiel moyenne sensibilité agissant sur l'appareil de coupure
- 13 vers second œuvre.
- $L_p$  ligne sur poteaux
- $L_s$  ligne souterraine (3 phases + neutre + terre)

### c) Exemple de chantier

I, II, III, IV : points de raccordement entre l'alimentation (Fig. 3 a ou b) et le chantier (Fig. 3 c)



- A armoire de distribution protégée à l'arrivée par dispositif différentiel moyenne sensibilité non retardé.
- $B_1, B_2, B_3$  armoires de distribution protégées à l'arrivée par dispositif différentiel haute sensibilité (30 mA) non retardé
- conducteur de protection incorporé aux canalisations et câbles
- circuit de mise à la terre
- C cadenasage
- CC commande de coupure générale extérieure
- D vers centrale à béton ou matériel fixe dont les câbles sont inaccessibles
- E prise 24 V
- F chantier 1
- G chantier 2
- H vers second œuvre
- I ceinturage à fond de fouille
- J remontées de protection en attente pour immeuble définitif

Fig. 3 : Chantiers extérieurs

## 3.3. SÉCURITÉ DU PERSONNEL

### 3.3.1. GÉNÉRALITÉS

La règle générale, pour tout personnel, est de considérer qu'une installation électrique « **NON CONSIGNÉE** » est sous tension.

**Les principes généraux sont les suivants :**

**a – Dans tous les cas :**

- habilitation du personnel (§ 3.3.8)
- matériel de protection normalisé ou agréé par un organisme désigné (*page suivante*).

**b –** Pour les travaux hors tension, application des règles de base (§ 3.3.4).

**c –** Pour les travaux sous tension, application des procédures opératoires (§ 3.3.3.).

### 3.3.2. RÉGLEMENTATION

**Le cadre réglementaire est le suivant :**

– Les ouvrages de production électrique sont régis par le décret du **14 nov. 1988**.

– Les réseaux publics de distribution couvrent les ouvrages faisant l'objet de concessions et leur réalisation est régie par l'arrêté interministériel du **2 avril 1991**.

– Les installations font l'objet du **décret n° 88-1056 du 14 nov. 1988 (Ministère du Travail)**. Les deux types d'ouvrages et de réseaux admettent le principe du travail sous tension dans le cas des installations, cependant il s'agit d'une exception.

– En outre, pour les ouvrages de production et les réseaux, le personnel doit avoir reçu un **titre d'habilitation et un carnet de prescriptions de sécurité**.

### GÉNÉRALITÉS

• **Pour les ouvrages des domaines BTB, HTA et HTB**, autres que ceux soumis au **décret du 16 février 1982**, le **chef de l'entreprise** intervenante ne doit suivre la procédure suivante que si l'exécution des travaux sous tension fait l'objet d'une demande expresse de l'employeur.

• **Cas où un travail peut être exécuté sous tension**

**Les travaux sous tension sont autorisés :**

- a) sur les réseaux de distribution publics, ouvrages de production et leurs annexes,
- b) sur les autres ouvrages, pour des raisons d'exploitation ou si la nature même des opérations rend dangereuse ou impossible la mise hors tension.

• **Présentation générale des prescriptions à respecter pour travailler sous tension.**

Travaux effectués sous tension lors de la construction, de l'exploitation ou de l'entretien des ouvrages, quelle que soit leur tension.

**Ces prescriptions ne concernent pas :**

- les travaux au voisinage de pièces nues sous tension ou de lignes électriques sous tension prévus au chapitre : Opérations en fonction de l'environnement électrique.
- les interventions de dépannage d'équipements du domaine **BT**, les interventions de raccordement avec présence de tension **BTA** et les manœuvres, mesurages, essais et vérifications qui doivent être effectués conformément à la réglementation (§ 3.3.11.)
- le raccordement et la déconnexion de pièces ou d'organes amovibles spécialement conçus et réalisés de manière à permettre l'opération sans risque de court-circuit ou de contact involontaire avec des pièces nues sous tension.
- les travaux hors tension avec présence de tensions induites.

**Pour travailler sous tension**, c'est-à-dire travailler sur des pièces nues sous tension à l'intérieur des distances minimales d'approche § 3.3.6 *Fig. 7*, il faut se prémunir contre les risques d'électrisation et de court-circuit par rapport aux pièces nues sous tension sur lesquelles on intervient et par rapport aux pièces nues à un potentiel différent.

### MÉTHODES DE TRAVAIL

On distingue trois méthodes de travail, d'après la situation de l'opérateur par rapport aux pièces sous tension et d'après les moyens qu'il emploie pour se prémunir contre les risques d'électrisation et de court-circuit. Ces différentes méthodes peuvent être mise en œuvre séparément ou en les combinant. L'opérateur peut être soumis à une différence de potentiel phase-terre ou phase-phase, il convient de le protéger :

• **Travail au contact :**

L'opérateur, correctement protégé en fonction du niveau de tension des pièces sur lesquelles il intervient, pénètre dans la zone située entre les pièces sous tension et la distance minimale d'approche définie § 3.3.6 *Fig. 7*.

### 3.3.3. TRAVAUX SOUS TENSION

• **Travail à distance**

L'opérateur se tient, sauf emploi de dispositifs de protection appropriés et agréés, au-delà de la distance minimale d'approche définie § 3.3.6 et travaille sur les pièces sous tension à l'aide d'outils fixés à l'extrémité de perches ou de cordes isolantes.

• **Travail au potentiel**

L'opérateur se met au potentiel des pièces sur lesquelles il intervient. Il intervient à une distance supérieure ou égale à la distance minimale d'approche définie § 3.3.6.

Pendant son transfert du potentiel de la terre au potentiel des pièces sous tension, et vice versa, l'opérateur n'est relié à aucun potentiel. On dit qu'il est à un potentiel flottant.

• **Conditions d'exécution du travail, fiches techniques et modes opératoires**

**Les conditions d'exécution du travail (CET)**

Elles doivent, pour la réalisation des travaux sous tension, définir les règles générales à respecter en appliquant une des méthodes définies précédemment ou en les combinant. Ces conditions doivent fixer les modalités suivant lesquelles le travail doit être préparé, les outils utilisés et la bonne exécution du travail vérifiée.

**Les fiches techniques (FT) et les modes opératoires (MO)**

Ces documents sont relatifs à chaque type de matériel ou d'outil, doivent préciser leurs caractéristiques éventuelles et leurs conditions d'emploi. Les **FT** doivent préciser également les conditions de conservation, d'entretien, de transport et de contrôle des outils. L'ensemble des documents ci-dessus (**CET, FT, MO**) doit être approuvé par un organisme désigné à cet effet (actuellement, le **Comité des Travaux sous tension**).

• **Conditions atmosphériques**

Ces indications montrent les limitations apportées aux travaux sous tension en fonction des conditions atmosphériques.



**MATÉRIEL ET OUTILLAGE**

- Ils sont spécialement étudiés pour l'exécution des travaux sous tension et doivent être d'un type agréé par un organisme désigné à cet effet (actuellement, le **Comité des Travaux sous tension**)
- Ils doivent faire l'objet de normes ou à défaut, de cahiers des charges ou de spécifications techniques.



**Protections individuelles :**

• **L'écran facial** : obligatoire pour toutes les manœuvres d'appareils de sectionnement en **BT** et **HT**, les travaux sous tensions et chaque fois qu'il y a risque d'arc électrique ou de projection de matière.



• **Les gants** : utilisation obligatoire pour les interventions **BT** et les manœuvres des appareils de commande **HT**. Les caractéristiques des gants de travail font l'objet **des normes NFC 18/415** qui précisent l'épaisseur et la nature des tissus, la tension d'épreuve des essais de réception, les conditions d'utilisation.



Selon la tension il existe quatre sortes de gants :

**2500 V repérés orange, 5000 V repérés vert, 20000 V repérés rouge, 30000 V repérés jaune**



• **Le casque isolant** : obligatoire pour tous les travaux sous tension, sur les chantiers de construction et dans tous les bâtiments comportant des systèmes à haute pression, **norme NFS 72.501**



• **Les chaussures de travail** : comportant une semelle isolante ou les bottes isolantes spéciales pour les manœuvres **HT**, nécessaires en cas de manœuvre chaque fois que l'équipotentialité du sol environnant n'est pas réalisée, **norme NFC 18.420, NFS 73.**

• **Les lunettes** : obligatoires pour toutes les manœuvres d'appareils de sectionnement en **BT** et **HT**, les travaux sous tensions et chaque fois qu'il y a risque d'arc électrique ou de projection de matière, **normes NFS 77.100 à NFS 77.105.**



• **Les ceintures de sécurité** : pour les travaux en hauteur, **norme NFC 18.435.**

• **Vêtements isolants** : spéciaux pour les travaux sous tension

- **Outils isolants** : permettent l'intervention sur les réseaux ou les installations électriques sous tension, **normes UTE C 18.510 et CEI.900.**

**Protections collectives :**

**Elles sont de deux types** : celles à caractère permanent, celles à caractère temporaire (pendant les travaux ou interventions).

## Écrans et grillages de protection

Destinés à isoler provisoirement une zone de travail (bois bakélinisé, matériaux plastiques, fibre de verre, etc.), ils permettent de créer une enceinte isolée.

Pour les réseaux aériens, ce sont des profilés isolants pour les conducteurs (NFC 18.425) ou des capuchons isolants pour les isolateurs.

## CONDITIONS GÉNÉRALES D'EXÉCUTION DES TRAVAUX

• Dans le cas d'ouvrages soumis à une tension induite, les précautions supplémentaires définies ci-après :

### Cas des canalisations électriques isolées BT et HT.

Il faut mettre à la terre et en court-circuit les conducteurs et, s'ils existent, les armatures ou écrans métalliques, au plus près du lieu de travail.

### Cas des lignes aériennes BT et HT en conducteurs nus.

Des dispositions rigoureuses sont nécessaires pour assurer en permanence :

- l'écoulement des courants (induits en régime permanent ou non, ou de défaut éventuel),
- l'équipotentialité des postes de travail,
- la continuité électrique des boucles créées.

### Écoulement des courants (induits ou de défaut éventuel) :

- La zone de travail doit être délimitée par la pose de terres encadrant, au plus près, les travaux.

### Equipotentialité des postes de travail :

- Ne jamais s'insérer entre deux pièces conductrices, y compris le sol et la masse des supports, susceptibles d'être portées à des potentiels différents. Assurer, au préalable, une liaison équipotentielle entre ces pièces en prenant toutes les précautions utiles pour éviter cette insertion.

### Continuité électrique des boucles :

- Les conducteurs, les mises à la terre et le sol, créent des boucles induites dans lesquelles circulent des courants importants.
- Toute ouverture du circuit électrique, constitué par cette boucle, doit être précédée par la mise en place d'un dispositif de shunt maintenant la continuité de cette boucle.

Les travaux hors tension ne peuvent être réalisés qu'après consignation de l'installation.

La consignation nécessite le respect de l'intégralité des « cinq règles de base » suivantes, illustrées par la figure ci-contre.

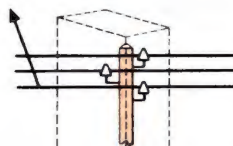
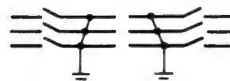
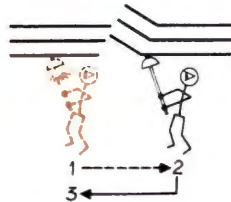
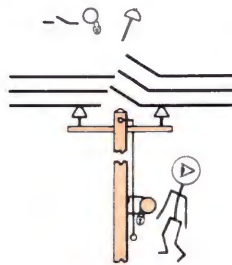
**a - séparation** d'avec toute source possible de tension ; cette séparation, effectuée de façon pleinement apparente, est vérifiée soit par l'ouverture visible des contacts (HT), soit par la position du dispositif matérialisant d'une façon sûre (BT et HT).

**b - condamnation**, en position d'ouverture, de tous les appareils de séparation par l'intermédiaire desquels l'installation ou l'équipement pourrait être remis sous tension.

**c - vérification de l'absence de tension** sur chaque conducteur immédiatement en aval du ou des points de séparation.

**d - mise à la terre et en court-circuit** de chacun des conducteurs entrant dans la zone à protéger ; cette règle n'est pas toujours nécessaire en BTA.

**e - délimitation matérielle de la zone de travail** et, si nécessaire, mise en place d'écrans de protection interdisant l'approche des parties restant sous tension.



Rappel symbolique de la consignation (interrupteur, dispositif de cadencage, détecteur d'absence de tension)

a) séparation pleinement apparente (visible en HT)

b) condamnation

c) vérification d'absence de tension (1, 2, 3, ordre des opérations)

d) mise à la terre et en court-circuit (HT)

e) délimitation matérielle de la zone de travail (tridimensionnelle en HT) et protection des pièces restant sous tension au voisinage

Les cinq règles de base de la consignation

## 3.3.4. TRAVAUX HORS TENSION

**CONSIGNATION EN VUE DE TRAVAUX HORS TENSION**





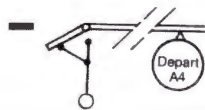
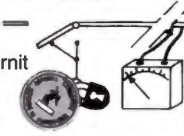
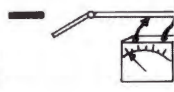
**• Principes fondamentaux de la consignation électrique d'un ouvrage.**

**Consignation :** – suite d'opérations destinée à mettre hors tension des équipements, une installation ou une partie d'installation, pour qu'on puisse y effectuer des travaux ou des interventions sans risques de maintien ou de retour accidentel de la tension.  
 – La consignation ne se limite pas aux seules sources d'énergie électrique mais doit prendre en compte toutes les sources d'énergie : mécanique, chimique, hydraulique, pneumatique...

• **Pour effectuer des travaux ou interventions hors tension** sur un ouvrage en exploitation, il faut préalablement procéder aux opérations suivantes :

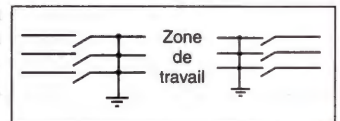
- 1) séparation de l'ouvrage des sources de tension,
- 2) condamnation en position d'ouverture des organes de séparation,
- 3) sur le lieu de travail, identification de l'ouvrage, pour être certain que les travaux seront exécutés sur l'ouvrage ainsi mis hors tension.
- 4) vérification d'absence de tension immédiatement suivie, dans les cas prévus, de la mise à la terre en court-circuit. Quand cette opération est effectuée sur le lieu de travail, elle constitue une confirmation de l'identification.

**TABLEAU RÉCAPITULATIF ET SIMPLIFIÉ DES QUATRE OPÉRATIONS DE CONSIGNATION**

Procédure générale en BTA	Procédure allégée en BTA	Remarques
<p><b>Conditions d'exécution</b></p> <p>Néant</p>	<p><b>Condition d'exécution</b></p> <p>Vous effectuez une intervention de dépannage.                      La zone de travail est d'un accès limité aux seuls opérateurs pendant toute la durée de l'intervention.                      Les appareils de séparation de la source sont visibles depuis la zone d'intervention.</p>	
<p><b>Séparation de la ou des sources</b></p> 	<p><b>Séparation de la ou des sources</b></p> 	Mise hors tension de tous les circuits de puissance et de commande de façon : pleinement apparente y compris les alimentations de secours.
<p><b>Condamnation (signalisation)</b></p> 		Verrouillage par un dispositif matériel difficilement neutralisable exemple : cadenas. Information claire et permanente de la réalisation de la condamnation.
<p><b>Identification de l'ouvrage</b></p> 	<p><b>Identification de l'ouvrage</b></p> 	Elle a pour but de s'assurer que les travaux sont effectués sur l'installation ou l'équipement consigné. Pour cela les schémas et le repérage des éléments devront être lisibles et mis à jour.
<p><b>Vérification de l'absence de tension</b>                      (vérifier que le VAT ne fournit pas une indication erronée).</p> 	<p><b>Vérification de l'absence de tension</b>                      (vérifier que le VAT ne vous a pas fourni une indication erronée).</p> 	La VAT est testée avant et après la vérification. La vérification d'absence de tension s'effectue entre tous les conducteurs (y compris le neutre) entre eux et la terre.

**• Mise à la terre (MALT) et en court-circuit (C.C.)**

- La vérification d'absence de tension, immédiatement suivie de la mise à la terre et en court-circuit est le plus sûr moyen d'assurer la prévention et de se prémunir contre les réalimentations accidentelles.
- La MALT et en C.C. s'effectuent sur tous les conducteurs y compris le neutre de part et d'autre de la zone de travail.



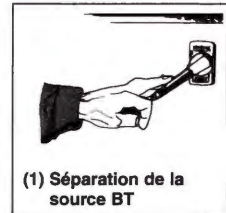
- La **MALT** et en **C.C.** ne sont obligatoires en **BTA** que s'il y a :
  - Présence de condensateurs ou de câbles de grande longueur.
  - Risque de réalimentation.
  - Risque de tension induite, (proximité d'une ligne **HT**).

Elles sont obligatoires pour les autres domaines de tension.

• **Opérations détaillées de consignation**

**Séparation de l'ouvrage des sources de tension (opération N° 1) :**

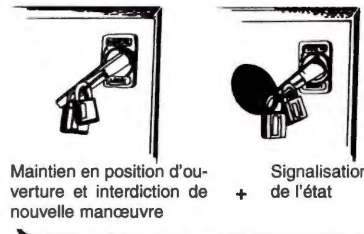
- Cette séparation doit être effectuée au moyen d'organes prévus à cet effet sur tous les conducteurs actifs, y compris le neutre (toutefois, en **BT**, en cas de schéma **TNC**, le neutre ne doit pas être coupé).
- La séparation doit être effectuée de façon certaine.
- Sur les ouvrages **HT** et **BTB**, la certitude de la séparation peut être obtenue :
  1. par vue directe des contacts séparés,
  2. par enlèvement de pièces de contacts pour certains matériels spéciaux,
  3. par interposition d'un écran entre les contacts,
  4. localement, par asservissement (électrique, mécanique...) de très bonne qualité entre la position des contacts et celle du dispositif extérieur reflétant cette position,
  5. par télécommande, à condition que le capteur local de l'information de la position des contacts réponde à la condition N° 4 ci-dessus et que la transmission de l'information (signalisations optiques, télé-signalisations...) soit réalisée de manière indiscutable.
- En **BTA**, la certitude de la séparation peut également être obtenue par l'utilisation des dispositions répondant à l'article : **Dispositif de sectionnement de la norme NFC 15.100.**



(1) Séparation de la source BT

**Condamnation en position d'ouverture (opération N° 2) :**

- La condamnation a pour but d'interdire la manœuvre de l'organe de séparation.
- Elle comprend :
  - **une immobilisation de l'organe** : celle-ci est réalisée par blocage mécanique, ou son équivalent à l'aide de dispositifs offrant les mêmes garanties.
  - Elle doit comporter la neutralisation de toutes les commandes, sur place ou à distance, de type électronique, électrique, radioélectrique, mécanique, hydraulique, pneumatique...
  - **une signalisation** : les commandes, locales ou à distance, d'un organe de séparation ainsi condamné, doivent être munies d'une indication, pancarte ou tout autre dispositif d'affichage, signalant explicitement, que cet organe est condamné et ne doit pas être manœuvré.



Maintien en position d'ouverture et interdiction de nouvelle manœuvre

Signalisation de l'état

(2) Condamnation en position d'ouverture

- Lorsqu'il est impossible d'immobiliser matériellement par blocage les organes de séparation eux-mêmes ou leur dispositif de commande, ou lorsqu'il n'existe pas de dispositif de manœuvre (ouverture de ponts sur réseau), ou lorsque l'immobilisation d'organes n'est pas exigée (**BTA**), les pancartes ou autres dispositifs (électriques, mécaniques,...) d'avertissement constituent alors la protection minimale obligatoire d'interdiction de manœuvrer.

- Les pancartes d'avertissement doivent être très visibles et porter une inscription telle que :

**CONDAMNÉ  
DÉFENSE DE MANŒUVRER**  
M .....

- L'indication de la personne concernée est facultative.

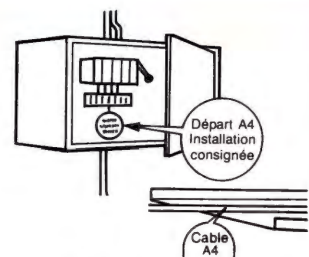
**La suppression d'une condamnation ne peut être effectuée que par la personne qui l'a effectuée ou par un remplaçant désigné.**

**Identification de l'ouvrage (opération N° 3)**

L'identification d'un ouvrage a pour but d'être certain que les travaux seront effectués sur l'ouvrage séparé et dont les organes de séparation sont condamnés en position d'ouverture.

**Cette identification sur place peut être basée sur :**

- la connaissance de la situation géographique du chantier,
- la consultation des schémas ou de la cartographie,
- la connaissance des ouvrages et de leurs caractéristiques,
- la lecture des pancartes, étiquettes, numéros des supports,
- l'identification visuelle lorsque l'on peut suivre la ligne ou la canalisation, depuis le lieu où a été réalisée la séparation certaine ou la mise à la terre et en court-circuit jusqu'à la zone de travail elle-même.



(3) Identification de l'ouvrage

- pour les câbles et les canalisations électriques souterraines, l'identification par l'utilisation d'un appareil spécial (par exemple en injectant une fréquence particulière) ou à défaut, par un moyen destructif.
- pour les ouvrages en conducteurs nus, la vérification d'absence de tension et la mise à la terre et en court-circuit sur le lieu de travail vaut identification.

Une fois cette identification réalisée, il y a lieu de la matérialiser sur l'ouvrage par un marquage, à moins que les mises à la terre et en court-circuit ne soient visibles de partout dans la zone de travail ou qu'aucun risque de confusion n'existe.

#### **Vérification d'absence de tension immédiatement suivie de la mise à la terre et en court-circuit (opération N°4)**

Dans tous les cas, la vérification d'absence de tension (VAT), aussi près que possible du lieu de travail, doit être effectuée sur chacun des conducteurs actifs, y compris le neutre à l'aide d'un dispositif spécialement conçu à cet effet et répondant aux normes en vigueur et suivant la procédure suivante :

- immédiatement avant chaque opération effectuée avec ce matériel de détection et immédiatement après cette opération, le bon fonctionnement de ce matériel doit être vérifié.

**La vérification d'absence de tension immédiatement suivie de la mise à la terre et en court circuit, est le plus sûr moyen d'assurer la prévention.**

**La mise en court-circuit est un moyen pratique de se prémunir contre les réalimentations par des sources autonomes fréquemment utilisées dans les établissements agricoles, tertiaires, industriels ou commerciaux.**

Lorsque les organes de séparation sont associés dans l'ouvrage à un interrupteur ou à un sectionneur de mise à la terre et en court-circuit, il convient de procéder à la fermeture de cet appareil. Cette manœuvre, obligatoire dans le cas de consignation pour travaux, n'est réalisée dans le cas de la consignation en deux étapes, qu'à la demande du **chargé d'exploitation**. Dans le cas de l'utilisation d'un pavé de terre, après la pose de celui-ci, les appareils de mise à la terre et en court-circuit peuvent être rouverts pendant les travaux.

#### **Lignes aériennes HT et BT en conducteurs nus :**

- les mises à la terre et en court-circuit, précédées de la VAT, doivent être effectuées de préférence à proximité du lieu de travail, de part et d'autre de la zone de travail, sur toutes les lignes à consigner pénétrant dans la zone de travail, et l'une au moins des mises à la terre et en court-circuit doit être visible du lieu de travail.

#### **Câbles isolés HT et BT et lignes aériennes HT et BT en câbles ou en conducteurs isolés :**

- les mises à la terre et en court-circuit, précédées de la VAT, sont effectuées sur les parties nues accessibles au point de séparation du côté de l'ouvrage où l'on doit travailler ou au plus près de part et d'autre de la zone de travail. En effet, dans la plupart des cas, les mises à la terre et en court-circuit ne peuvent être mises en place sur le lieu de travail.
- Dans le cas des réseaux **BT** où le neutre est mis directement à la terre en différents points, et dans les installations **BT** réalisées suivant le **schéma des liaisons à la terre TN-C**, il est admis de réaliser la mise en court-circuit des conducteurs actifs sans créer de mise à la terre spéciale.

#### **Installations, équipements BT et autres ouvrages BT non mentionnés ci-dessus :**

- la mise à la terre et en court-circuit n'est pas exigée en **BTA**, sauf s'il y a :
  - risque de tension induite,
  - risque de réalimentation,
  - présence de condensateurs ou de câbles de grande longueur.
- Sous les mêmes conditions et dans le cadre de circuits terminaux du domaine de tension **BTB** de faible étendue, il est admis de ne pas poser de mises à la terre et en court-circuit.
- Dans tous les cas, la vérification de l'absence de tension (VAT) sur le lieu de travail est exigée.

#### **Ouvrages, installations et équipements HT (voir recueil UTE)**

**Séparation + condamnation + identification + vérification = consignation d'un équipement**

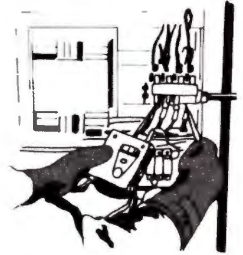
#### **• Consignation pour travaux :**

Lorsque le **chargé de consignation** réalise la **totalité des quatre opérations de consignation** cet ensemble est appelé **consignation pour travaux**.

Le document **Attestation de consignation pour travaux** établi par le **chargé de consignation** est remis au **chargé de travaux** qui le signe « pour accord », sur les dispositions qui lui incombent, avant la réalisation des travaux.

#### **• Consignation en deux étapes :**

Lorsque le **chargé de consignation** ne réalise que les opérations **N°1 et N°2** (séparation et condamnation) l'ensemble de ces deux opérations est appelé **Première étape de consignation**.



(4) Vérification de l'absence de tension

Elle ne peut, à elle seule, autoriser la réalisation des travaux, qui doit être précédée de la **deuxième étape de consignation** (Opérations N°3 et N°4).

Le document **Attestation de première étape de consignation**, établi par le **chargé de consignation**, doit préciser que les opérations N°3 et N°4 qui restent à effectuer par le **chargé de travaux** avant l'exécution des travaux hors tension. Ce document est remis au **chargé de travaux** qui le signe « pour accord » sur les dispositions qui lui incombent avant la réalisation des travaux.

Cette procédure particulière s'applique, notamment, dans le cas des réseaux, des ouvrages de production et des installations étendues.

### Condamnation des appareils

Quand la coupure a été correctement effectuée, phase par phase y compris le neutre et les circuits auxiliaires le cas échéant, on procède à la condamnation en position ouverture des appareils, par verrous, cadenas personnel et à la pose d'une pancarte très lisible telle que : APPAREIL CONDAMNÉ – DÉFENSE DE MANŒVRER (protection minimale dans le cas où il n'est pas possible de condamner les appareils).

### Appareils de vérification d'absence de tension

Toute intervention doit être précédée d'une vérification d'absence de tension sur le lieu même du travail et d'une mise à la terre et en court-circuit des conducteurs électriques.

Suivant la tension des ouvrages et leur conception, ces appareils de vérification sont différents :

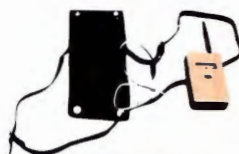
- Pour la basse tension (Fig. 4.a), le contrôleur permet de déterminer la présence de la tension, son niveau (130, 230 ou 400 V) et le conducteur neutre.
- Pour la haute tension utiliser les perches à néon (Fig. 4.b) pour les postes et les fusils lance-câbles (Fig. 4.c) pour les lignes aériennes. Le détecteur de tension (Fig. 4.d) peut être également utilisé.

Ces vérificateurs d'absence de tension font l'objet des deux Normes NFC 18-310 (tension  $\leq 1$  kV) et NFC 18-311 (en cours d'élaboration pour les tensions  $> 1$  kV). Ils doivent être vérifiés systématiquement avant et après utilisation.

- Pour les câbles souterrains, utiliser une perche de piquage (Fig. 4.e). Toutefois, sans intervenir directement sur le câble, on peut utiliser un appareil spécial équipé d'un ou deux PAVÉS DE TERRE permettant la mise automatique en court-circuit et à la terre (convient pour un courant de court-circuit de 10 000 A pendant 1 s.).

### Dispositifs de mise à la terre et en court-circuit

La mise à la terre et en court-circuit (dans cet ordre) des conducteurs doit s'effectuer aussitôt après la vérification d'absence de tension sur ces conducteurs (Fig. 4.f-g). La mise en place du dispositif de mise à la terre et en court-circuit se fera obligatoirement en utilisant des gants isolants et une perche isolante.



a) contrôleur d'état de tension (BT)



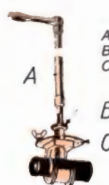
b) perche à néon (HT)



c) fusil lance-câbles (HT)



d) détecteur de tension alternative à distance (HT)



e) perche de piquage de câble

A  
B  
C  
manœuvre du pointeau  
écrou à six pans  
dispositif de blocage sur le câble

### Appareils de vérification d'absence de tension



f) pour barres tubulaires



g) pour fils

Fig. 4 – Dispositifs de mise à la terre et en court-circuit

**CRÉATION D'UNE ZONE PROTÉGÉE ET D'UNE ZONE DE TRAVAIL**

- **La zone protégée** sera matérialisée par la mise en place d'écrans, de rubans ou de fanions de couleur rouge, sur lesquels les mentions DANGER DE MORT ou LIMITE DE ZONE PROTÉGÉE pourront être indiquées.
- **La zone de travail** sera balisée avec des fanions ou des pancartes de couleur verte, portant éventuellement la mention ZONE DE TRAVAIL (Fig. 5.a).

**SIGNAUX ET PANCARTES**

Les informations, avertissements et interdictions sont de deux types :

- **Les disques d'interdiction** (Fig. 5.b) à couleur de fond noir avec symbole blanc, cercle et barre transversale rouges.
- **Les triangles d'avertissement** (Fig. 5.c) ayant une couleur de base jaune et une couleur complémentaire noire signalant la présence d'un danger éventuel.
- **Des pancartes complémentaires**, rectangulaires (Fig. 15.d) peuvent apporter des précisions aux signaux précédents.



pancarte      disque d'interdiction      banderole      ruban de délimitation

**(a) délimitation d'une zone de travail**



signal à compléter par une pancarte complémentaire (distance, tension, etc.)

personnalisation de la condamnation d'un appareil de coupure : le cartouche est destinée à recevoir le nom du chef de consignation.

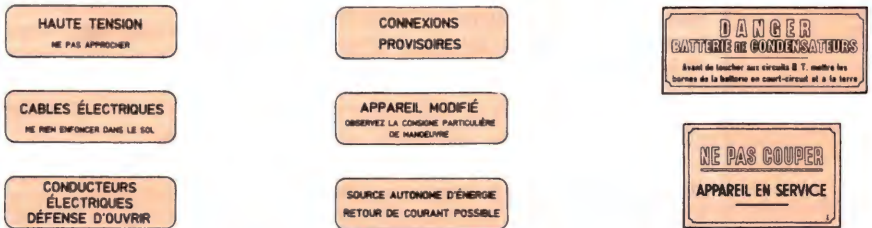
**(b) disques d'interdiction**



signal de danger électrique : symbole non normalisé

signal à apposer sur les matériels électriques (armoires, coffrets, postes à haute tension, etc.) : symbole normalisé.

**(c) triangles d'avertissements**



compléments aux disques d'interdiction

compléments aux triangles d'avertissement

autres exemples

**(d) pancartes complémentaires (exemples)**

**Fig. 5 – Risque électrique : signaux et pancartes (documentation CATU)**

**MESURES COMPLÉMENTAIRES DE SÉCURITÉ**

Les mesures telles que : pose d'écrans, mise à la terre supplémentaire, équipotentialité des parties actives, des masses et des éléments conducteurs peuvent être réalisées à l'initiative du **chargé de travaux** ou sur demande du **chargé de consignation**.

### Procédure de consignation et de déconsignation

Opérations pour exécution de travaux hors tension	Aux points de séparation				Attestation de première étape de consignation		Au lieu de travail			Attestation de consignation pour travaux	
	Séparation de toute source possible de tension	Condamnation appareils de coupure position d'ouverture	Vérification absence tension aval appareils de coupure	MALT + CCT en aval appareils de coupure	Établissement	Réception	Identification	VAT	MALT + CCT	Établissement	Réception
	<b>CAS GÉNÉRAUX A – CAS DE CONSIGNATION POUR TRAVAUX</b>										
Ouvrage BT	par CC	par CC	-	-	-	-	par CC	par CC	par CC (1)	par CC	par CT
Ouvrage HT	par CC	par CC	par CC (2)	par CC (2)	-	-	par CC	par CC	par CC	par CC	Par CT
	<b>CAS PARTICULIERS</b>										
Canalisation isolée	par CC	par CC	par CC (3)	par CC (3)	-	-	par CC	par CC (3)	par CC (3)	par CC	par CT
	<b>CAS GÉNÉRAUX B – CAS DE CONSIGNATION EN DEUX ÉTAPES</b>										
Ouvrage BT	par CC	par CC	-	-	par CC	par CT	par CT (4)	par CT	par CT (1)	-	-
Ouvrage HT	par CC	par CC	par CC (2)	par CC (2)	par CC	par CT	par CT (4)	par CT	par CT	-	-
	<b>CAS PARTICULIERS</b>										
Canalisation isolée	par CC	par CC	(5)	(5)	par CC	par CT	(5)	(5)	(5)	-	-

CC = chargé de consignation      CT = chargé de travaux

(1) voir § 3.3.4.

(2) voir § 3.3.4 (cas d'appareils de mise à la terre et en court-circuit associés à l'organe de séparation).

(3) voir § 3.3.4.

(4) voir § 3.3.4 (consignation en deux étapes).

(5) la répartition de ces tâches entre CC et CT doit être précisée sur l'attestation de première étape de consignation par le chargé de consignation (voir § 3.3.4.).

• **Fin de travail. Déconsignation électrique d'un ouvrage**

– **Après réception du (ou des) avis de fin de travail, le chargé de consignation doit :**

- ouvrir les sectionneurs ou interrupteurs de mise à la terre qu'il avait fermés et déposer ou faire déposer les dispositifs de mise à la terre et en court-circuit qu'il avait, éventuellement, posés,
- retirer les écrans, protecteurs et matériel de balisage posés à son initiative,
- permettre à nouveau la manœuvre des organes de séparation en supprimant les condamnations,
- il restitue l'ouvrage au **chargé d'exploitation** qui peut procéder alors à tous les essais, mesurages, vérifications qui s'imposent, puis à la remise en service de l'ouvrage.

### 3.3.5. PRINCIPALES NORMES DE SÉCURITÉ

Les références des normes ne comportent pas de date, les matériels doivent toujours être conformes à l'édition en vigueur.	NF C 18-477	Exigences minimales pour l'utilisation des outils, dispositifs et équipements
NF C 11-201 Travaux d'électrification en zones rurales	NF C 18-479	Travaux sous tension – Protecteurs de conducteurs flexibles en matériau isolant
NF C 13-100 Postes de livraison établis à l'intérieur d'un bâtiment et alimentés par un réseau de distribution publique de deuxième catégorie	NF C 18-481	Travaux sous tension – Comparsateurs de phase portatifs pour utilisation à des tensions alternatives de 1 kV à 36 kV
NF C 13-200 Installations électriques à haute tension – Règles	NF C 20-010	Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IO) (EN 60529)
NF C 15-100 Installations électriques à basse tension – Règles	NF C 23-514	Matériel électrique pour atmosphères explosibles – Règles générales (EN 50014)
NF C 15-150-1 Enseignes à basse tension et alimentation en basse tension des enseignes à haute tension (dites à tube néon)	NF C 23-539	Matériel électrique pour atmosphères explosibles – Systèmes électriques de sécurité intrinsèque (EN 50039)
NF C 15-150-2 Installations d'enseignes et de tubes lumineux à décharge fonctionnant à une tension de sortie à vide assignée supérieure à 1 kV mais ne dépassant pas 10 kV	NF C 52-742	Transformateurs de séparation des circuits et transformateurs de sécurité (EN 60742)
NF C 17-200 Installations d'éclairage public – Règles	NF C 61-3XX (série)	Prises de courant, prolongateurs et connecteurs pour installations domestiques et analogues
NF C 18-315 Travaux sous tension – Détecteurs de tension – Partie 3 : Type bipolaire basse tension	NF C 61-720	Petit appareillage électrique – Cordons prolongateurs enroulés sur tambour pour usages domestiques
NF C 18-313 Travaux sous tension – Détecteurs de tension – Partie 1 : Détecteurs de type capacitif pour usage sur des tensions alternatives au dessus de 1000 V mais ne dépassant pas 420 kV	NF C 63-210	Fusibles à basse tension – Règles supplémentaires pour les fusibles destinés à être utilisés par des personnes habilitées (fusibles pour usages essentiellement industriels (EN 60269-2)
NF C 18-400 Outils à main pour travaux sous tension jusqu'à 1000 V en courant alternatif et 1500 V en courant continu (EN 60900)	NF C 63-3XX (série)	Prises de courant pour usages industriels
NF C 18-405 Vêtements conducteurs pour travaux sous tension jusqu'à 800 kV de tension nominale en courant alternatif	NF C 71-008	Luminaires : Règles particulières Baladeuses (EN 60598-2-8)
NF C 18-415 Gants isolants en élastomères pour électriciens (EN 60903)	NF S 61-820	Équipements des services de secours et de lutte contre l'incendie – Lances à main destinées à la lutte contre les incendies
ENV 61111 Tapis en matériau isolant pour travaux électriques	NF S 61-900	Extincteurs d'incendie portatifs – Caractéristiques et essais
NF C 18-426 Protecteurs rigides pour travaux sous tension sur des installations à courant alternatif.	NF S 71-5XX (série)	Équipement de protection individuelle contre les chutes de hauteur
NF C 18-446 Travaux sous tension – Dispositifs portables de mise à la terre et en court-circuit	NF S 72-501	Casques de protection pour l'industrie
NF C 18-461 Chaussures électriquement isolantes pour travaux sur installations à basse tension	NF S 77-1XX	Protection individuelle de l'œil

**Les prescriptions relatives aux habilitations et à la consignation ont pour but d'assurer la sécurité des personnes contre les dangers d'origine électrique.**

## DÉFINITIONS RELATIVES AUX GRANDEURS ÉLECTRIQUES :

### • Tensions

– Les installations et les équipements électriques ainsi que les ouvrages, sont classés en fonction de la plus grande valeur des tensions nominales (valeur efficace) existant :

- entre deux conducteurs ou pièces conductrices quelconques,
- entre un conducteur ou pièces mécaniques et la terre (ou les masses).

– Dans les conditions normales d'exploitation, la tension nominale d'un ouvrage peut dépasser de 10 % au maximum sans entraîner une modification du domaine des tensions. En courant continu cette augmentation peut aller jusqu'à 20 % (en traction électrique).

– Cas particulier de la très basse tension (TBT)

– Pour des travaux et interventions réalisés sur des installations ou équipements en TBT, il faut distinguer ceux :

- réalisés en très basse tension de sécurité (TBTS),
- réalisés en très basse tension de protection (TBTP),
- réalisés en très basse tension fonctionnelle (TBTF).

• Installations ou équipements en TBTS :

- toutes les parties actives sont séparées : des parties actives de toute autre installation par une isolation double ou renforcée. (1)
- toutes les parties actives sont isolées de la terre et de tout conducteur de protection appartenant à d'autres installations (2)

• Installations ou équipements en TBTP :

- installations répondant à la première condition (1) en TBTS, mais qui ne sont pas soumises à la seconde condition (2) en TBTS.

Installations ou équipements en TBTF :

- les installations qui ne peuvent être classées en TBTS ou en TBTP sont classées en TBTF.

## DÉFINITIONS RELATIVES AUX OPÉRATIONS :

### • Travaux :

Toute opération dont le but est de réaliser, de modifier, d'entretenir ou de réparer un ouvrage électrique.

**Travaux d'ordre électrique :**

- Travaux qui concernent pour un ouvrage, les parties actives, leurs isolants, la continuité des masses et d'autres parties conductrices des matériels ainsi que le conducteur de protection des installations (formation élémentaire en électricité).

**Travaux d'ordre non électrique :**

- Travaux concernant d'autres parties d'ouvrages électriques, non liés directement à la sécurité électrique (gaines, enveloppes...) ou ne nécessitant pas de formation en électricité (maçonnerie, peinture, nettoyage...).

### • Interventions :

- Opérations de courte durée sur une faible partie de l'ouvrage, réalisées sur une installation ou un équipement. La notion d'intervention est limitée aux domaines TBT et BT.

**Interventions de dépannage :**

- remédier rapidement à un défaut susceptible de nuire :
  - à la sécurité du personnel ou du public,
  - à la conservation des biens,
  - au bon fonctionnement partiel ou total d'une installation électrique.

**Interventions de connexion avec présence de tension :**

- opérations de connexion et de déconnexion des conducteurs sur des circuits maintenus sous tension (opérations limitées aux domaines TBT et BTA).

**Interventions particulières de remplacement :**

- Opérations de remplacement d'appareillage (fusibles, lampes...) pouvant être effectuées avec mesure de tension sans risque particulier notamment d'explosion.

Domaines de tension	Valeur de la tension nominale $U_n$ exprimée en volts		
	en courant alternatif	en courant continu lisse	
Très basse tension (domaine TBT)	$U_n \leq 50$	$U_n \leq 120$	
Basse tension	domaine BTA	$50 < U_n \leq 500$	$120 < U_n \leq 750$
	domaine BTB	$500 < U_n \leq 1\,000$	$750 < U_n \leq 1\,500$
Haute tension	domaine HTA	$1\,000 < U_n \leq 50\,000$	$1\,500 < U_n \leq 75\,000$
	domaine HTB	$U_n > 50\,000$	$U_n > 75\,000$

Le courant continu lisse est celui défini conventionnellement par un taux d'ondulation non supérieur à 10 % en valeur efficace, la valeur maximale de crête ne devant pas être supérieure à 15 %. Pour les autres courants continus, les valeurs des tensions nominales sont les mêmes que pour le courant alternatif.

**Tableau des domaines de tension**

• **Manœuvres.**

- Opérations conduisant à un changement de la configuration électrique d'un réseau, d'une installation ou de l'alimentation électrique d'un équipement.
- Ces opérations sont effectuées à l'aide de dispositifs ou d'appareils spécialement prévus à cet effet (sectionneurs, interrupteurs, disjoncteurs...) dans un ordre de manœuvre qui peut être imposé.

**On distingue :**

- **Les manœuvres de consignation.**

- opérations coordonnées effectuées pour réaliser la consignation (ou la déconsignation) d'un réseau, d'une installation ou d'un équipement électrique.
- Elles peuvent être exécutées localement ou à distance.

- **Les manœuvres d'exploitation.**

- modifier l'état électrique d'un réseau ou d'une installation dans le cadre du fonctionnement normal.
- mettre en marche, régler ou arrêter un équipement (y compris le réarmement d'un relais de protection)
- connecter ou déconnecter, mettre en marche ou arrêter les matériels ou équipements amovibles spécialement conçus pour être connectés ou déconnectés sans risque (prise de courant, connecteurs **BT**).
- ces manœuvres peuvent être effectuées localement ou à distance.

- **Les manœuvres d'urgence.**

- Elles sont imposées par les circonstances pour assurer la protection des personnes et des biens.

• **Mesurages.**

Opérations permettant le mesurage de grandeurs électriques, mécaniques, thermiques... Elles concernent essentiellement la mise en œuvre d'appareils mobiles.

• **Essais.**

Opérations destinées à vérifier le fonctionnement ou l'état électrique ou mécanique ou... d'un ouvrage qui reste alimenté par le réseau ou par l'installation. Elles sont plus adaptées aux réseaux ou aux ouvrages de production publics, ou aux installations étendues.

• **Réquisition (essais sous alimentation auxiliaire).**

- Opération qui permet, après séparation d'un ouvrage de ses sources normales d'alimentation en énergie, de le réalimenter par des sources auxiliaires pour effectuer des mesurages, essais ou vérifications. Certaines procédures prévoient le transfert de la responsabilité de l'ouvrage du **chargé d'exploitation** vers le **chargé de réquisition**.
- Cette définition est plus particulièrement adaptée aux réseaux ou aux ouvrages de production publics ou aux installations étendues.

• **Vérifications.**

- Opérations destinées à s'assurer qu'un ouvrage est conforme aux dispositions prévues. Certaines sont de nature technique et préalables à la mise sous tension (contrôle de phases...), d'autres sont imposées par le **code du travail** dans le but de rechercher si les ouvrages sont établis et entretenus conformément aux textes réglementaires.
- Certaines vérifications sont visuelles, d'autres comprennent des phases de mesurage et des essais.

• **Opérations particulières d'entretien avec présence de tension.**

Elles concernent les batteries d'accumulateurs, les batteries de condensateurs, la rectification de bagues et de collecteurs...

• **Régime spécial d'exploitation.**

Ensemble de dispositions à prendre pour l'exploitation de l'ouvrage ou de l'installation, lors des travaux sous tension, afin de limiter les conséquences d'un éventuel incident et d'éviter les remises sous tension automatiques ou volontaires après un déclenchement des protections (ex : suppression des réenclenchements automatiques, modification du réglage des protections, interdiction de remise en service après déclenchement...) «Travaux sous tension» § 3.3.4.

• **Consignation et déconsignation électrique d'un ouvrage (§ 3.3.4.) :**

**Consignation – Arrêt d'une machine ou d'un arrêt.**

Opération qui consiste à effectuer une ou plusieurs manœuvres de sécurité pour en interrompre le fonctionnement et interdire la présence et éventuellement le maintien de toute source possible d'énergie. Cette tâche incombe, en général, aux personnes qualifiées.

**Séparation d'un ouvrage.**

- Action d'opérer le sectionnement de tous les conducteurs actifs provenant des sources d'alimentation de cet ouvrage, par exemple : ouvrir un sectionneur, déposer des ponts, ouvrir des appareils assurant une fonction de coupure (disjoncteurs, interrupteurs, ...) à condition que les caractéristiques du matériel assurant cette fonction répondent aux critères de séparation.

**Condamnation d'un appareil de séparation ou de sectionnement.**

- Condamner un appareil, c'est effectuer les opérations nécessaires pour :
  - le mettre et le maintenir dans une position déterminée (ouvert ou fermé),
  - interdire sa manœuvre et signaler que l'appareil condamné ne doit pas être manœuvré.
- Cette définition s'applique aux opérations électriques et, dans certains cas de consignation - d'arrêt à des opérations mécaniques, hydrauliques, thermiques, ...

**Mise hors tension d'un ouvrage.**

- C'est l'état dans lequel se trouve un ouvrage lorsque la tension a été supprimée. Cet état, à lui seul, ne permet pas d'engager des travaux ou des interventions.

**DÉFINITIONS RELATIVES AUX DISTANCES, ZONES ET LOCAUX.**

**Distance minimale d'approche (dma)**

- Pour une pièce conductrice donnée (conducteur actif ou structure conductrice quelconque) dont le potentiel est différent de celui de l'opérateur, considéré comme étant au potentiel de la terre, la distance minimale d'approche dans l'air (**D**) est la somme des deux distances ci-après.

**- Distance de tension *t***

- En l'absence de dispositifs appropriés de protection ou de mise hors de portée de la pièce conductrice, cette distance est donnée par :

$$t = 0,005 \times U_n$$

*t* : distance de tension en mètres,  
*U<sub>n</sub>* : valeur nominale de la tension exprimée en kV (résultat arrondi au décimètre le plus proche, sans pouvoir être inférieur à 0,10 mètre sous le domaine de la HT)

- Si l'opérateur est à un potentiel différent de celui de la terre, cette distance doit être modifiée en conséquence. Elle doit être augmentée, en particulier en HTB, quand on veut prendre en compte des phénomènes de surtension. Cette augmentation est à définir en accord avec l'exploitant.
- En courant continu, les distances de tension ne sont pas précisées. Cependant, pour les valeurs de tension ≤ 1500 Volts, cette distance est pratiquement nulle. Pour les valeurs de tensions supérieures, par prudence, on prendra les distances retenues pour les tensions alternatives.

**- Distance de garde *g* :**

- Cette distance a pour objet de libérer l'opérateur du souci permanent de respecter la distance de tension et de lui permettre de faire son travail en toute tranquillité.
- Cette distance *g* est égale à :
  - 0,30 m pour le domaine de tension BT
  - 0,50 m pour le domaine de tension HT
- Pour les valeurs nominales de tension les plus courantes, les valeurs de *t*, *g* et *D* sont indiquées dans le tableau ci-contre.

Tension nominale	Distance de tension	Distance de garde	Distance minimale d'approche entre phase et terre
<i>U<sub>n</sub></i> (kV)	<i>t</i> (m)	<i>g</i> (m)	<i>D</i> (m)
0,4	0 (*)	0,30	0,30
1	0 (*)	0,30	0,30
15	0,10	0,50	0,60
20	0,10	0,50	0,60
30	0,20	0,50	0,70
63	0,30	0,50	0,80
90	0,50	0,50	1
150	0,80	0,50	1,30
225	1,10	0,50	1,60
400	2	0,50	2,50

(\*) Sans contact.

### DISTANCES LIMITES DE VOISINAGE

– Elles permettent de définir les zones des travaux et d'interventions dites au **voisinage**. Ces distances sont déterminées en fonction de la tension. Elles concernent les travaux exécutés par des personnes habilitées ou par des personnes non habilitées surveillées par des personnes habilitées.

– Distances limites de voisinage des pièces conductrices nues sous tension :

a) domaine BT : 0,30 m

b) domaines HT :

- tension nominale comprise entre 1000 et 50 000 V : 2 m
- tension nominale comprise entre 50 et 250 kV : 3 m
- tension nominale supérieure à 250 kV : 4 m

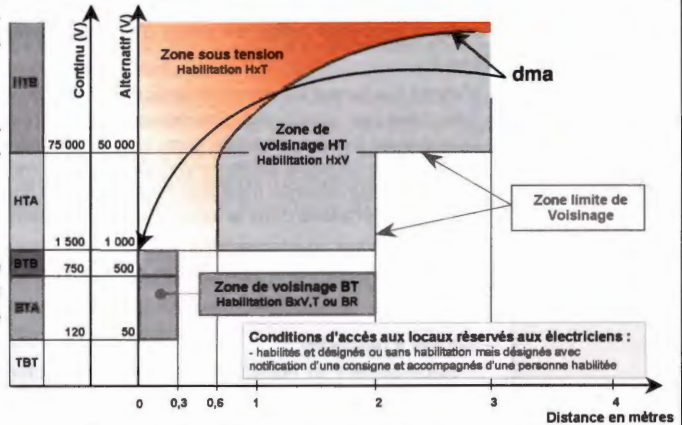


Fig. 6 – Distance limite des pièces nues sous tension à l'intérieur d'un local réservé aux électriciens

– Ces distances tiennent compte des risques de contact ou d'amorçage avec des pièces nues sous tension, elles ne tiennent pas compte des risques éventuels dus aux phénomènes d'induction auxquels peuvent être soumis des ouvrages hors tension.

#### Zone de travail :

- Zone dans laquelle l'opérateur évolue avec les outils et le matériel. À l'intérieur de cette zone, qui doit être balisée, ne doivent pénétrer que les personnes autorisées ou désignées.
- La notion de **zone de travail** est à prendre en considération, quelle que soit l'opération à effectuer, suivant qu'il s'agit de :
  - travail hors tension,
  - travail sous tension,
  - travail au voisinage des pièces nues sous tension,
  - intervention.

#### Balissage de la zone de travail :

Délimitation matérielle d'une zone de travail à l'aide de banderoles, filets, barrières, etc.

#### Écran :

- Obstacle conçu pour éviter l'approche ou le contact de pièces nues sous tension.
- Il peut également délimiter une zone de travail.
- Il peut être réalisé en :
  - matériau conducteur mis à la terre,
  - matériau non conducteur sans garantie isolante déterminée,
  - matériau isolant ou isolé.
- Pour utiliser ces écrans, il doit être établi des consignes d'emploi en fonction des caractéristiques mécaniques et diélectriques des matériaux utilisés et des tensions mises en jeu.

#### Protecteur :

- Enveloppe isolante qui possède des caractéristiques diélectriques contrôlées. Elle est fixée sur les pièces nues sous tension. Les précautions d'emploi (humidité) et les tenues (mécaniques et diélectriques) doivent être précisées afin de définir les conditions d'utilisation.

#### Locaux d'accès réservés aux électriciens.

- Volume ordinairement enfermé dans une enceinte quelconque (armoire, maçonnerie, clôture, ...) et pouvant contenir des pièces nues sous tension dont le degré de protection, défini par la norme en vigueur (NFC 20-010) est inférieur à l'indice IP 2X en BT (NFC 15-100) et IP 3X en HTA (NFC 13-200).

## ZONES D'ENVIRONNEMENT ET RÈGLES À APPLIQUER DANS CHAQUE ZONE

### Détermination des zones d'environnement.

– Voir définition des quatre zones (Fig. 7).

### Règles à respecter selon les zones d'environnement

#### Zone 1 :

- L'accès aux locaux ou emplacements d'accès réservés aux électriciens n'est autorisé qu'aux personnes désignées par l'employeur. Ces personnes doivent être soit habilitées à travailler sur les ouvrages du domaine de tension considéré dans le local, soit, si elles ne sont pas ainsi habilitées, avoir reçu notification d'une consigne écrite ou verbale et être surveillées par une personne habilitée et désignée à cet effet. Cette surveillance n'est pas nécessaire si la limite, entre les **zones 1 et 2 en HT** et entre **1 et 4 en BT**, est matérialisée dans le local ou sur l'emplacement.
- Pour les travaux ou interventions exécutés à proximité des installations dans le domaine **TBTS et TBTP**, il convient de prendre en compte les risques d'explosion, les risques de court-circuit ou de brûlures.

#### Zone 2 :

##### – Règles à respecter :

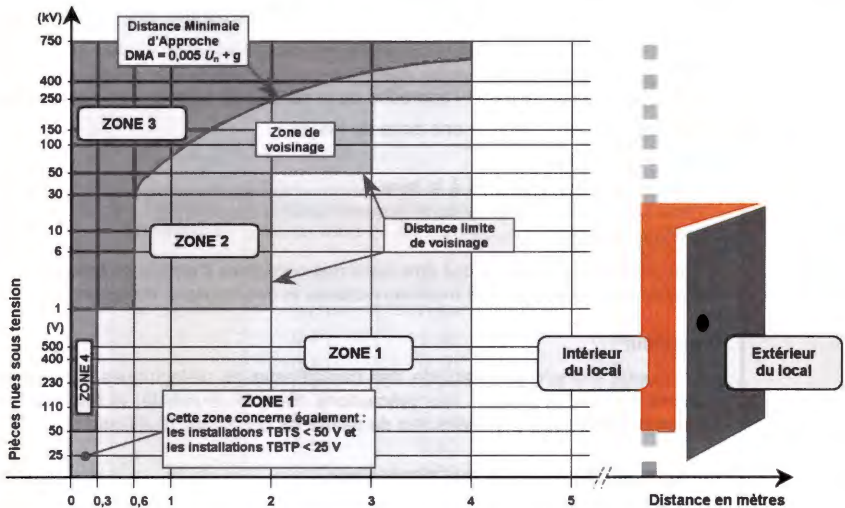
- établissement et notification au personnel d'une consigne particulière ou d'une **IPS** (Instruction Permanente de Sécurité) précisant les mesures de sécurité à respecter,
- désignation par l'employeur du personnel autorisé à travailler au voisinage de pièces nues sous tension du domaine de tension considéré,
- délimitation matérielle de la zone de travail,
- dans le cas de voisinage de pièces nues sous tension, pour des personnes conduites à s'approcher de la **zone 3**, surveillance permanente par une personne **habilitée H**.

#### Zone 3 :

- Dans cette zone, les travaux ne peuvent être effectués qu'en appliquant les règles relatives aux travaux sous tension.

#### Zone 4 :

- Les travaux doivent être réalisés :
  - soit en appliquant les règles relatives aux travaux sous tension,
  - soit en appliquant les règles d'intervention en **BT**,
  - soit en appliquant les règles de travail au voisinage : établissement et notification au personnel d'une consigne précisant les mesures de sécurité à respecter,
- désignation par l'employeur du personnel autorisé à travailler au voisinage de pièces nues sous tension au domaine de tension considéré,
- délimitation matérielle de la zone de travail.



Différentes zones pour les tensions alternatives

Fig. 7 – Différentes zones pour les tensions alternatives

### 3.3.8. PRESCRIPTIONS PARTICULIÈRES POUR LES TRAVAUX AU VOISINAGE DE PIÈCES NUES SOUS TENSION DU DOMAINE BT

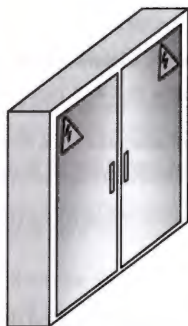
#### • Généralités

- Le **travail est dit effectué au voisinage** lorsque l'exécutant, ou les objets qu'il manipule, se trouvent dans la **zone 4**, à une distance inférieure à **0,30 m** à partir des pièces nues sous tension mais sans qu'il y ait contact intentionnel avec ces pièces nues.
- Les pièces nues sous tension qui ne sont accessibles qu'à l'aide d'un outil ou qui ne sont pas accessibles au doigt d'épreuve défini par la **norme NFC 20.010** et correspondant au degré de protection **IP2X**, ne sont pas à considérer comme des pièces sous tension au sens du présent article.
- Parmi les opérations élémentaires ou les combinaisons d'opérations élémentaires pouvant mettre les personnes au voisinage de pièces nues sous tension du domaine **BT**, situées en **zone 4**, les exemples suivants :
  - la mise en place et le retrait d'écrans isolants ou de protecteurs,
  - la pose ou la dépose et le raccordement **hors tension** d'appareillage électrique,
  - la pose ou la dépose de matériels non électriques divers (vannes, profilés, ...)
  - le nettoyage et la peinture du matériel électrique.

#### • Travaux d'ordre électrique :

- a) Le personnel doit posséder une **habilitation B1** au minimum et être autorisé à travailler **au voisinage** des pièces nues du domaine **BT**. Il doit être, en plus, désigné et avoir reçu l'**ordre d'exécution**.
- b) Une **consigne** doit être portée à la connaissance des exécutants, elle peut être :
  - soit une **Instruction Permanente de Sécurité (IPS)** pour des travaux répétitifs,
  - soit une **consigne particulière** définissant les précautions à prendre pour un travail donné ; elle sera signifiée aux exécutants, par le **chargé de travaux**, avant le début d'exécution.
- c) La **délimitation matérielle de la zone de travail**, par le **chargé de travaux**, conformément à la consigne, doit être mise en place dans tous les plans où cette délimitation est nécessaire à la protection. En particulier, dans le cas d'une entreprise intervenante, l'**inspection préalable**, commune avec le **chef d'établissement** ou l'**exploitant**, prévue par le **décret N° 92 - 158 du 20 février 1992**, sera effectuée pour préciser les limites de la **zone de balisage des voies d'accès**.
- d) Lorsqu'une personne est amenée à supprimer une protection contre les contacts directs (par exemple l'ouverture d'une armoire contenant du matériel électrique) des pièces nues du domaine **BT** devenant alors accessibles, un **balisage** doit être effectué pour interdire l'accès de celles pour lesquelles la personne elle-même ne fait pas écran.

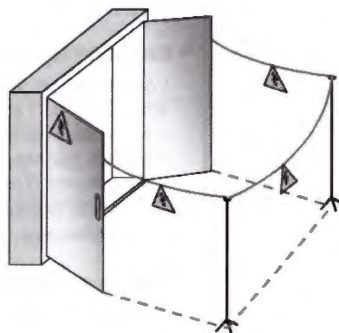
#### Exemple : ouverture d'une armoire considérée comme local réservé aux électriciens



Exemple de local fermé



Exemple de local ouvert  
(en cours d'intervention,  
l'opérateur forme écran)



Exemple de balisage (en cours d'intervention  
l'opérateur se déplace et ne forme plus  
écran constamment)

#### • Travaux d'ordre non électrique :

- Appliquer les dispositions ci-dessus mais avec les modifications suivantes :
- a) l'habilitation du personnel d'exécution n'est pas nécessaire,
- b) la consigne prévue au paragraphe **b** ci-dessus doit être complétée, en accord avec le **chargé d'exploitation**, pour prévoir les modalités de délimitation matérielle de la **zone de travail**.

c) la surveillance du personnel doit être assurée, sauf si les exécutants sont **habilités B**, par une **personne habilitée B (surveillant de sécurité électrique)**.

Le **surveillant de sécurité** veille à ce que toutes les mesures de sécurité, prévues par la consigne mentionnée au paragraphe b ci-avant, soient appliquées.

Si le personnel est **habilité B0**, il est autorisé à travailler **au voisinage** (lettre **V** sur son titre d'habilitation).

• **Modalités à respecter en début et en fin d'exécution des travaux au voisinage de pièces nues sous tension du domaine BT.**

– Voir § 3.3.4 sur la consignation et la déconsignation.

• **Prescriptions particulières pour les travaux au voisinage de pièces nues sous tension du domaine HT :**

– Domaine essentiellement réservé aux spécialistes fournisseurs de courant.

• **Travaux au voisinage de canalisations électriques isolées :**

– Le **contact avec l'enveloppe extérieure d'une canalisation électrique isolée est autorisé** sous réserve du respect de certaines précautions.

Exemple : **déplacement de canalisations électriques isolées maintenues sous tension :**

– **cette opération doit rester exceptionnelle.** Le **chargé d'exploitation** doit identifier la canalisation, la marquer en présence du **chargé de travaux** ou du **surveillant de sécurité électrique**, décider si le déplacement peut être effectué sous tension et en déterminer les conditions. Établir une consigne éventuellement. En cas d'approche d'une pièce nue ou non isolée, voir la procédure « **Travaux sous tension** » § 3.3.3.

• **Exécution de travaux au voisinage de canalisations électriques souterraines ou encastrées**

– Lorsque ces travaux sont exécutés à moins de **1,50 m** d'une canalisation électrique isolée, il y a lieu d'appliquer les règles suivantes. Si ces règles ne sont pas applicables, la canalisation doit être consignée.

– Le balisage du tracé ou de l'emprise au sol doit être réalisé de façon très visible et un **surveillant de sécurité électrique** suivra le déroulement des travaux. L'approche de la canalisation électrique est possible dans les conditions suivantes :

– Si les travaux sont exécutés à la main (pelle, pioche, burin), il est possible de s'approcher de la canalisation sans la heurter.

– Si les travaux sont exécutés avec des engins mécaniques, il faut prendre les précautions nécessaires pour éviter d'endommager la canalisation.

– Dans les cas considérés précédemment, la procédure sera la suivante :

– établissement et notification au personnel d'une consigne précisant les mesures de sécurité à respecter,

– délimitation matérielle de la zone de travail,

– surveillance à moduler suivant les indications retenues.

• **Exécution de travaux au voisinage de canalisations isolées aériennes ou en élévation.**

– L'ouvrage étant visible, un **surveillant de sécurité électrique** doit être désigné pour surveiller le personnel dès qu'il approche ses outils à une distance :

– nulle, mais sans heurter l'ouvrage, lorsque les travaux sont exécutés sans moyens mécaniques (scies à main, haches, serpettes, burins, marteaux). Dans ce cas particulier, si la personne est habilitée, la surveillance n'est pas exigée,

– de 30 cm lorsque les travaux sont exécutés à l'aide de moyens mécaniques (engins élévateurs, grues, tronçonneuses,...).

**Conditions atmosphériques**

– Limitations apportées aux travaux sous tension en basse tension en fonction des conditions atmosphériques.

– Limitations apportées aux travaux sous tension en haute tension en fonction des conditions atmosphériques.

– Recueil **UTE C 18-510** (tableaux II et III)

**CONDITIONS NÉCESSAIRES À L'HABILITATION :**

**Pour obtenir l'habilitation l'éventuel intervenant doit suivre une formation spécifique à la prévention contre des risques électriques pour lui-même et pour les personnes placées sous sa responsabilité.**

• **Définition de l'habilitation :**

- C'est la reconnaissance, par son employeur, de la capacité d'une personne à accomplir en sécurité les tâches fixées. **L'habilitation** n'est pas directement liée à la position hiérarchique ni à la classification professionnelle. **L'habilitation** est matérialisée par un document établi par l'employeur et signé par l'employeur et par l'habilité.
- La délivrance d'une **habilitation** par l'employeur ne dégage pas pour autant la responsabilité de ce dernier.
- **L'habilitation** n'autorise pas, à elle seule, un titulaire à effectuer, de son propre chef, des opérations pour lesquelles il est habilité. Il doit être, en outre, désigné par son employeur pour l'exécution de ces opérations.
- L'affectation à un poste de travail peut constituer une désignation implicite.
- Cette reconnaissance nécessite :
  - une connaissance et une préparation des tâches fixées en tenant compte de l'état des installations,
  - le respect des connaissances développées ci-après.

• **Conditions nécessaires à l'habilitation :**

- **Qualification technique/connaissance des règles de l'art.**

- Cette qualification est nécessaire pour assurer la qualité du travail et effectuer les tâches en sécurité.

- **Aptitude médicale.**

- Tout salarié doit être titulaire d'un avis d'aptitude à effectuer les travaux confiés, délivré par le médecin du travail, dans le cadre général des visites réglementaires (code du travail).
- Pour cela, le médecin du travail sera informé, s'il y a lieu, des tâches d'ordre électrique confiées aux salariés afin qu'il puisse adapter, à son initiative, les examens médicaux jugés utiles.

• **Formation à la sécurité électrique :**

- **Formation théorique**

- Le **recueil UTE C 18-510** contient les éléments nécessaires – Cependant la formation doit être adaptée aux :
  - particularités des installations (complexité, variabilité),
  - compétences initiales et attributions futures du personnel à habiliter.

- Pour cela il est nécessaire d'analyser préalablement les besoins de l'entreprise afin de définir exactement le niveau d'habilitation nécessaire.

- La formation à l'habilitation pourra être optimisée en fonction du niveau des stagiaires et des objectifs de l'entreprise, après avis des personnes compétentes et notamment : du formateur après visite des installations en cas de formation intra-entreprise, ou des membres du **CHSCT**.

- **Formation pratique.**

- Mise en pratique des connaissances théoriques acquises, si possible sur les installations de l'entreprise,
- Rappel des particularités des installations et du matériel utilisé.

• **Attestation de formation :**

- A l'issue de la formation, le stagiaire recevra, du formateur, une attestation dans laquelle seront mentionnés :  
le nom et le prénom du stagiaire, le type de stage et sa durée effective, la réussite ou non du stagiaire à l'évaluation finale (à préciser le contenu de l'évaluation à l'employeur).

**Stage complémentaire**

- Dans le cas de changement de niveau d'habilitation, un stage complémentaire correspondant au niveau requis sera nécessaire.

• **Délivrance du titre d'habilitation :**

**Délivré par l'employeur en fonction :**

- des connaissances techniques de la personne à habiliter,
- de l'aptitude médicale de la personne à habiliter,
- de l'attestation du formateur.

**Dans ce titre d'habilitation, doivent être définis :**

- le niveau d'habilitation,
- les tâches autorisées,
- les secteurs géographiques, installations ou/et chantiers autorisés.  
(voir recueil UTE C 18-510)

**Place de l'habilitation dans la prévention des risques électriques.**

Rappel : Toute opération effectuée sur des installations électriques qui n'ont jamais été mises sous tension ne nécessite pas d'habilitation du personnel (sauf en cas de voisinage d'autres installations sous tension).

- L'habilitation du personnel ne dispense pas de veiller à ce que les tâches à effectuer soient précédées des actions suivantes :

**Analyse des risques (et informations mutuelles dans le cas d'entreprises intervenantes).**

- Bien des cas d'accidents surviennent sur des installations restées sous tension, ou non complètement consignées. L'analyse des causes de ces accidents montre, généralement, qu'une étude préalable aurait permis la mise hors tension complète de la zone concernée.
- C'est pourquoi les opérations doivent être effectuées, chaque fois que c'est possible, hors tension.
- Les travaux peuvent être effectués sous tension lorsque les conditions d'exploitation rendent dangereuse ou impossible la mise hors tension ou si la nature du travail requiert la présence de la tension. Dans ce cas, les **travailleurs** doivent avoir reçu une formation spécifique et doivent posséder une **habilitation particulière**. Ils doivent également avoir reçu une instruction de service qui indique les prescriptions à respecter.

**Préparation des opérations.**

- Définir les opérations, durées, moyens de travail, accès et les moyens de secours. Une attention particulière sera portée en cas de travail isolé (arrêté du 14.02.1992).
- Déterminer la compétence nécessaire du personnel.
- Coordonner les opérations entre les différents intervenants de tous les corps de métiers.

**Vérification de l'absence de danger particulier.**

- Il convient de vérifier au moins les points suivants :
  - plans et schémas à jour,
  - repérages lisibles et à jour,
  - qualité des équipements/câblages (ex : câbles non craquelés),
  - suppression des sources de risques : par exemple circuit de puissance séparé des circuits de commande dans les armoires électriques,
  - identification des sources multiples de tension au sein d'un même local/armoire,
  - moyens de consignation et déconsignation adaptés et situés à proximité de l'équipement à consigner.

**En complément :**

- subdivision des circuits pour faciliter leur mise hors tension,
- utilisation de matériels et outils prescrits à l'annexe **V** du recueil **UTE C18.510** et annexe **X** du recueil **UTE C18-530**,
- remise à jour des plans et schémas après travaux.

**• Cas particuliers :**

**Cas des entreprises extérieures.**

- Lorsque l'employeur confie des travaux d'ordre électrique à des entreprises extérieures, il doit s'assurer qu'elles sont qualifiées et inscrites au registre du commerce et au répertoire des métiers comme entreprises de travaux électriques ou qu'elles possèdent des services spécifiques chargés de la réalisation et l'entretien des équipements électriques des matériels qu'elles fabriquent ou installent. Ses salariés ont été formés à la connaissance des risques électriques et des moyens de s'en prémunir et possèdent un titre d'habilitation adapté délivré par l'entreprise extérieure.
- Il y a obligation que l'entreprise utilisatrice et l'entreprise extérieure se concertent.

**Cas du personnel intérimaire.**

- Le **chef d'établissement** doit s'assurer que ce personnel a reçu la formation nécessaire à l'accomplissement des tâches d'ordre électrique ou non électrique qui lui seront confiées, ou éventuellement de la lui apporter, en vue de lui délivrer une habilitation.
- Le recours à un salarié temporaire nécessite les documents suivants :
  - une fiche de demande de mission établie par l'**entreprise utilisatrice** précisant :
  - la qualification souhaitée du salarié (habilitation requise)
  - le niveau d'habilitation qui lui sera nécessaire.
- une fiche à remplir par l'**entreprise de travail temporaire (ETT)** et destinée à fournir tous les renseignements utiles (formation, opérations déjà effectuées, habilitations obtenues précédemment...) à l'entreprise utilisatrice en vue de l'habilitation.

## CLASSIFICATION DES DIFFÉRENTES HABILITATIONS SELON UTE C18-510

### Symboles

#### Lettres :

• La **première lettre** indique le **domaine de tension** des ouvrages sur lesquels le titulaire de l'habilitation peut travailler ou intervenir :

**B** : ouvrages du domaine **BT** et **TBT**

**H** : ouvrages du domaine **HT**.

• La **deuxième lettre** précise la **nature des opérations** qu'il peut réaliser :

**R** : indique que le titulaire **peut procéder à des interventions de dépannage** ou de **raccordement**, à des **mesurages, essais, vérifications**. Ce type d'habilitation ne peut être délivré que pour des **ouvrages du domaine BT et TBT**

**C** : indique que le titulaire **peut procéder à des consignations**,

**T** : indique que le titulaire **peut travailler sous tension**,

**N** : indique que le titulaire **peut effectuer des travaux de nettoyage sous tension**,

**V** : indique que le titulaire **peut travailler au voisinage**.

HABILITATIONS	Domaine BT			Domaine HT	
	Travaux		Intervention	Travaux	
	Hors tension	Sous tension		Hors tension	Sous tension
Chargé de consignation	BC	/	BC	HC	/
Chargé de travaux	B2	B2T	/	H2	H2T
Chargé d'intervention	/	/	BR	/	/
Exécutant électricien	B1	B1T	BR	H1	H1T
Agent de nettoyage sous tension	/	BN	/	/	HN
Non électricien habilité	B0	/	/	H0	/

#### Indices numériques :

• **Indice 0** : personnel réalisant des **travaux exclusivement d'ordre non électrique et/ou des manœuvres permises**,

• **Indice 1** : personnel exécutant des **travaux d'ordre électrique et/ou des manœuvres** (exécutant électricien),

• **Indice 2** : **chargé de travaux d'ordre électrique** quel que soit le nombre d'exécutants placés sous ses ordres.

**Note** : – Pour les personnes habilitées à travailler au voisinage des ouvrages sous tension du même domaine de tension, il y a lieu d'ajouter la lettre **V** aux symboles, **B0, B1, B2, H0, H1 et H2** (il n'y a pas lieu de l'ajouter aux symboles **T, R et N**)

– Une habilitation d'indice numérique déterminé entraîne l'attribution des habilitations d'indice inférieur, mais exclusivement pour les opérations sur les ouvrages du même domaine de tension pour une même nature d'opérations.

– Une habilitation **BR** entraîne l'habilitation **B1**

– Une habilitation **BC** ou **HC** n'entraîne pas l'attribution des autres types d'habilitation et réciproquement.

– Une même personne peut cumuler des habilitations de symboles différents.

#### Exemple de titre d'habilitation :

Nom : Bodson

Prénom : Pierre

Employeur : Société Dupont

Fonction : Monteur

Affectation : Services généraux

Personnel	Symbole d'habilitation	Champ d'application		
		Domaine de tension	Ouvrages concernés	Indications supplémentaires
Non électricien habilité				
Électricien	B1-B1T H1	BTA réseaux 1 et 20 kV	ensemble du site	
Chargé de travaux ou d'interventions				
Chargé de consignation	BC	BTA	secteurs 1 et 2 uniquement	
Habilités spéciaux				

Le titulaire : Bodson

Signature : PB

Pour l'Employeur

Nom et Prénom : ROY Jean

Fonction : Responsable Services Généraux

Signature : RJ

Date : 01.01.2005

Validité : 1 an

<p><b>FORMATION ET HABILITATION</b></p>	<p><b>RECYCLAGE</b></p> <p><b>Périodicité normale</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Périodicité à définir en fonction des tâches effectuées : <ul style="list-style-type: none"> <li>- complexité, fréquence des opérations,</li> <li>- évolution technologique des matériels,</li> <li>- diversité (par exemple, agents d'entreprises extérieures),</li> <li>- la périodicité suggérée est de 3 ans. Cette périodicité sera précisée par l'employeur. Une vérification annuelle des niveaux d'habilitation est recommandée.</li> </ul> </li> <li>- Recyclage à prévoir à chaque changement d'affectation, à chaque modification de structure du réseau électrique d'alimentation et de distribution dans le cas du personnel permanent d'entreprises fixes.</li> </ul>
<p><b>3.3.10. DÉFINITIONS RELATIVES AUX DOCUMENTS ÉCRITS</b></p>	<p><b>DÉFINITIONS RELATIVE AUX DOCUMENTS ÉCRITS.</b></p> <p><b>Attestation de consignation pour travaux :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Document établi par le <b>chargé de consignation</b> autorisant les travaux hors tension dans un local.</li> <li>- Il comporte la date et l'heure de la consignation.</li> <li>- Cette attestation est complétée par un <b>avis de fin de travail</b> établi sur le même document.</li> </ul> <p><b>Attestation de première étape de consignation :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Document établi par le <b>chargé de consignation</b>, attestant qu'un ouvrage est séparé des sources d'énergie électrique et que toutes les dispositions ont été prises pour qu'il ne soit pas remis sous tension.</li> <li>- Ce document précise au <b>chargé de travaux</b> qu'il ne pourra accéder à l'ouvrage qu'après avoir complété les opérations précédentes par l'identification et la vérification d'absence de tension suivie de la mise à la terre et en court-circuit.</li> <li>- Elle comprend la date et l'heure des opérations. Elle est rédigée et signée par le <b>chargé de consignation</b></li> <li>- L'attestation est complétée par un <b>avis de fin de travail</b> établi sur le même document.</li> </ul> <p><b>Attestation de séparation du réseau de distribution public HT :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Document établi et signé, avec la date et l'heure de séparation, par le <b>chargé d'exploitation d'un réseau</b> de distribution public <b>HT</b> à l'intention du chef d'établissement.</li> <li>- Ce document certifie que le <b>chargé d'exploitation du réseau</b> a fait effectuer toutes les manœuvres et condamnations nécessaires pour que l'installation de l'établissement ou une partie de celle-ci, soit séparée de toute source possible de tension provenant du réseau et qu'il s'en est assuré à l'issue de la manœuvre. Il doit préciser les points de séparations en indiquant les appareils ouverts ou condamnés en position d'ouverture par le <b>chargé d'exploitation</b>.</li> <li>- La séparation ne dispense pas de réaliser la consignation de l'installation sur laquelle les travaux sont effectués.</li> </ul> <p><b>Autorisation de travail :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Document autorisant l'exécution des travaux d'ordre non électrique sur des ouvrages électriques ou des travaux à leur voisinage. Il est établi suivant les principes de l'attestation de consignation pour travaux ou de l'attestation de première étape de consignation.</li> <li>- Il est remis à la personne à qui est confiée la <b>direction des travaux (chef de chantier)</b> soit par le <b>chargé de consignation</b> ou le <b>chargé de travaux</b>, dans le cas de travaux d'ordre non électrique, soit par le <b>chargé d'exploitation</b> dans le cas de voisinage.</li> <li>- Document complété par un avis de fin de travail sur le même document.</li> <li>- L'autorisation de travail cesse d'être valable dès sa restitution au <b>chargé de consignation</b> ou au <b>chargé de travaux</b> ou au <b>chargé d'exploitation</b>, que ce soit à titre de suspension ou à titre de fin de travail.</li> </ul> <p><b>Autorisation de travail sous tension (ATST) :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Document écrit, à durée de <b>validité limitée</b>, par lequel un <b>chef d'établissement</b> ou le <b>chargé d'exploitation</b> autorise un <b>chargé des travaux</b> à exécuter sous tension une tâche définie, dans des conditions précises de date et de lieu en précisant éventuellement, les dispositions particulières d'exploitation, notamment la durée prévisible. Il est complété par un <b>avis de fin de travail sous tension</b> établi sur ce document.</li> </ul> <p><b>Avis de réquisition :</b></p> <p>Document, mentionnant la date et l'heure de la réquisition, rédigé et signé par le <b>chargé de réquisition</b> en deux exemplaires, sur des imprimés numérotés d'un carnet d'avis de réquisition. Un exemplaire est conservé par le <b>chargé de réquisition</b>, l'autre est remis, contre décharge, au <b>chargé d'essais</b>.</p>

**Avis de fin de réquisition :**

Document remis par le chargé d'essais au chargé de réquisition précisant qu'il a pris les mesures nécessaires pour restituer l'ouvrage en ordre de marche. Il est établi sur le même document que l'avis de réquisition, précise que les opérations pour lesquelles l'**avis de réquisition** avait été délivré, sont terminées.

**Cas particulier :**

- L'**attestation de séparation du réseau de distribution public HT n'est pas nécessaire lorsque le chargé d'exploitation du réseau** a autorisé, par écrit, le **chef d'établissement** à procéder lui-même aux opérations permettant de séparer l'installation du réseau.
- Avant la séparation du réseau, le **chef d'établissement** informe le **chargé d'exploitation** qu'il va procéder à celle-ci.
- A la fin de la séparation et avant de retrouver la situation normale d'exploitation, le **chef d'établissement** informe le **chargé d'exploitation** de la fin de séparation.

**Conditions d'exécution du travail (CET). Fiches techniques (FT). Modes opératoires (MO) :**

Ces documents, **rédigés sous l'autorité d'un organisme agréé**, sont utilisés dans le cadre des travaux sous tension.

**Demande de travail sous tension :**

Document écrit, par lequel un **chef d'établissement** fait connaître à une entreprise intervenante son intention de lui confier des travaux sous tension.

**Document de fin de séparation du réseau de distribution public HT :**

- Document établi par le **chef d'établissement** sur l'attestation du réseau de distribution public HT qui lui a été remise.
- Par ce document, signé avec la date à l'heure de demande de fin de séparation, le **chef d'établissement** certifie que l'installation de l'établissement peut à nouveau recevoir la tension du réseau.
- Avant de remettre cette demande, le **chef d'établissement** doit avoir pris les mesures de sécurité permettant la remise sous tension de son installation.

**Fiche de manœuvre :**

Document explicitant, dans l'ordre de leur réalisation, toute la procédure à respecter pour l'exécution des manœuvres, par exemple dans les procédures de consignation ou de déconsignation.

**Instruction de travail sous tension en BT (ITST) :**

- Document écrit permanent, établi par l'**employeur** à l'usage du (ou des) **chargé de travaux** fixant les opérations **BT** habituelles qui, en raison de leur caractère, peuvent être exécutées sans autorisation de travail sous tension.
- Ce document peut remplacer en **BT**, la demande ou l'ordre de travail sous tension.

**Instruction permanente de sécurité (IPS) :**

Document écrit permanent, établi par l'**employeur** à l'usage du **chargé de travaux**, fixant pour un ou plusieurs types d'opérations (hors tension, sous tension ou au voisinage) habituelles ou répétitives :

- les conditions d'exécution,
  - les conditions relatives au personnel (désignation, habitation, surveillance),
  - les conditions relatives au matériel et à l'outillage,
  - les modalités des opérations, si nécessaire,
  - les précautions à observer (balisage, matérialisation des limites...)
- Dans certains cas, l'IPS est appelée **consigne particulière**.

**Ordre de travail sous tension :**

- Document par lequel un **chef d'établissement** ou d'**entreprise** désigne un **chargé de travaux** pour effectuer des travaux sous tension.
- Avant d'effectuer ces travaux, le **chargé de travaux** doit recevoir une **autorisation de son employeur** pour travailler sous tension.

### Domaine d'application

- Les interventions sont limitées aux domaines **TBT** et **BT**.
- Les interventions sur les équipements des domaines **TBT** et **BTA** qui comportent des circuits **HT** font l'objet de prescriptions (§ 3.3.8.)

### Les interventions sont de trois sortes :

- interventions de dépannage, (§ 3.3.12.,)
  - interventions de connexion avec présence de tension, (§ 3.3.12.,)
  - interventions particulières de remplacement : de fusibles, de lampes ou de leurs accessoires voir article ci-après.
- Dans les zones présentant des risques d'explosion, il y a lieu de se conformer, quel que soit le type de travail ou d'intervention, aux règles spécifiques (§ 3.3.14.)

### Dispositions concernant le personnel et le matériel lors des interventions de dépannage ou de connexion.

#### Pour le personnel.

- Les personnes chargées des interventions doivent :
  - a) être **habilitées BR, être désignées** pour effectuer des interventions de dépannage ou de connexion dans une partie d'installation ou sur un type de matériel bien déterminé.
  - b) avoir l'**accord du chef d'établissement** ou du **chargé d'exploitation** ou de l'**utilisateur** et avoir reçu l'ordre de procéder à leur exécution.
  - c) avoir acquis la connaissance du fonctionnement de l'installation ou de l'équipement,
  - d) disposer d'appareils de mesure ou de vérification (y compris les cordons et les pointes de touche) et d'outils adaptés aux opérations à effectuer, le tout en bon état de service.
  - e) prendre toutes les mesures pour assurer la sécurité des tiers, celle des exécutants et leur propre sécurité vis-à-vis de tous les risques discernables.
  - f) se prémunir contre les risques dus aux parties actives voisines de celles sur lesquelles ces personnes doivent intervenir.
- Le **chargé d'intervention de dépannage, habilité BR**, peut procéder lui-même aux **opérations de consignation**, au cours des interventions de dépannage dont il est chargé. Si les interventions **BT** sont effectués **au voisinage** des pièces nues sous tension **HT**, une habilitation complémentaire **H** avec indication **de voisinage** est requise.

#### Pour le matériel

### Les personnes chargées des interventions doivent appliquer les prescriptions suivantes relatives :

#### a) à la protection individuelle :

- porter un équipement individuel de protection adapté aux travaux à effectuer,
- ne pas porter d'objets personnels métalliques (chaînes, bracelets, colifichets),

#### b) à l'aménagement ou l'emplacement de travail :

- éliminer l'emplacement de travail et les zones à risques, un balisage doit interdire l'accès des pièces métalliques nues accessibles du domaine **BT** pour lesquelles la personne ne fait pas écran,
- disposer d'un emplacement dégagé et d'un appui solide assurant une position stable,
- s'isoler des éléments conducteurs (sol, charpentes,...) au moyen de matériel approprié (écran, tabouret, tapis, échelle, établi isolant ou isolé,...) lorsque des risques de contacts fortuits existent,

#### c) au matériel :

- utiliser des outils isolés ou isolants conformes à la norme en vigueur (§ 3.3.3.),
  - utiliser des appareils portatifs de mesure ne présentant pas de danger en cas d'erreur de branchement, ou de mauvais choix de gamme de mesure.
- Le matériel et les outils utilisés doivent être d'un type conforme à des normes ou des spécifications techniques si elles existent.
- Avant son utilisation, le matériel collectif et individuel doit être contrôlé.

## GÉNÉRALITÉS.

**Une intervention de dépannage comprend les étapes suivantes :**

- **Étape 1** : recherche et localisation des défauts.
  - Cette étape peut nécessiter la présence de tension et, éventuellement, de celle des autres sources d'énergie, s'il en existe (fluide sous pression, vapeur).
- **Étape 2** : élimination du ou (des) défaut(s), réparation ou remplacement de l'élément défectueux
  - Cette étape ne nécessite pas la présence de tension (voir modalités pages 67 et suivantes).
- **Étape 3** : réglages et vérifications du fonctionnement d'équipements ou d'appareils après réparation.
  - Cette étape nécessite habituellement la remise sous tension.

### PRESCRIPTIONS POUR L'ÉTAPE 1 : RECHERCHE ET LOCALISATION DES DÉFAUTS

Les opérations suivantes peuvent être réalisées :

#### a) En BT et TBT :

Mesurage des grandeurs électriques au moyen d'appareils de mesurage (ou de vérification) ne nécessitant pas l'ouverture de circuits.

L'ouverture des circuits, alimentés par le secondaire d'un transformateur de courant dont le primaire est sous tension ou susceptible de l'être (courant induit,...) est interdite (voir article page 86). Si cette ouverture s'avère nécessaire, les bornes secondaires du transformateur doivent être préalablement court-circuitées par un dispositif approprié.

#### b) En BTA et TBT seulement :

- Mise en place (ou retrait) de pont électrique entre deux bornes de même polarité d'un circuit dans lequel ne passe pas plus de **50 A**.

- Cette opération ne devra s'effectuer qu'à l'aide de cordons comportant en série un fusible (norme NFC 63. 210) **type gG** ayant un pouvoir de coupure minimal de **50 kA**. L'intensité nominale de ce fusible doit être adaptée au courant du circuit.

#### - Débranchement et rebranchement sous tension ou hors tension de conducteurs :

- Afin de limiter les conséquences en cas de court-circuit, cette opération est interdite sur les circuits non protégés correctement contre les surintensités. Elle n'est autorisée que pour les sections au plus égales à 6 mm<sup>2</sup> pour les circuits de puissance et 10 mm<sup>2</sup> pour les circuits de contrôle et de mesurage. Isoler tous les conducteurs après chaque débranchement.

#### - Certaines opérations particulières :

- élimination temporaire d'un verrouillage électrique.
- manœuvres manuelles des relais et contacteurs électromagnétiques.

### PRESCRIPTIONS POUR L'ÉTAPE 2 : ÉLIMINATION DU OU DES DÉFAUTS.

- Ces opérations ne doivent être entreprises qu'après consignation de l'équipement, en respectant les règles des travaux hors tension. Le **chargé d'intervention** remplit alors les rôles de **chargé de consignation** et de **chargé de travaux**.

- En fin de l'**étape 2**, le **chargé d'intervention**, après déconsignation de l'équipement, vérifie qu'il peut passer à l'**étape 3** ; sans risque ni pour son personnel, ni pour le matériel.

### CAS PARTICULIERS.

#### 1) Appareils de séparation dans le champ de vision de l'opérateur :

Le balisage et la consignation ne sont pas obligatoires, si la zone de travail est d'un accès limité aux seuls opérateurs pendant la durée de l'intervention.

#### 2) Équipements simples alimentés par cordon et fiche de prise de courant :

Le débranchement par retrait de la fiche du socle de la prise de courant constitue le moyen suffisant de séparation de l'équipement. Décharger les condensateurs en cas de présence dans un équipement.

### PRESCRIPTIONS POUR L'ÉTAPE 3 : RÉGLAGES ET VÉRIFICATIONS DE FONCTIONNEMENT DE L'ÉQUIPEMENT.

- L'intervention est considérée comme terminée si l'équipement fonctionne normalement :

- avec les organes affectés normalement à la commande (boutons, interrupteurs...),
- avec les réglages normaux (de course, de niveau, de température,...),
- si tous les dispositifs, de protection mécanique et de verrouillage électrique sont capables d'assurer leur fonction (surintensité, fin de course...).

- **Note** : si après vérifications, il demeure des anomalies ou des dispositifs provisoires, de nouvelles étapes **1 et 2** sont à prévoir.
- En fin d'intervention, le **chargé d'intervention** doit procéder à la remise en état des appareils.
- Le **chargé d'intervention** remet l'équipement à la disposition de l'**exploitant** et lui rend compte des interventions sur l'équipement (dépannage définitif ou dépannage provisoire avec ou sans limitations d'emploi.).

### **INTERVENTIONS DE CONNEXION AVEC PRÉSENCE DE TENSION SUR UN OUVRAGE DU DOMAINE BTA**

#### **Une intervention de connexion sur un ouvrage a pour but :**

- soit de mettre en service un nouvel équipement,
- soit de modifier une connexion de conducteur sans perturber le fonctionnement de l'ouvrage (Généralités § 3.4.8)
- De telles opérations peuvent être exécutées : sans interrompre l'alimentation sur demande de la personne qui exploite l'ouvrage ou de l'utilisateur en respectant les prescriptions pour l'étape 1 pour le branchement ou le débranchement et les prescriptions pour l'étape 3 sur le réglage et la vérification du fonctionnement de l'équipement.
- En fin d'opération, le **chargé d'intervention de connexion avec présence de tension** doit avertir le **chef d'établissement** ou le **chargé d'exploitation** de l'ouvrage de l'achèvement de son intervention et des modifications apportées aux équipements mis éventuellement sous tension et en service.

### **INTERVENTIONS PARTICULIÈRES DE REMPLACEMENT**

Dans les zones présentant un risque d'explosion, les interventions de remplacement ne doivent pas se faire sous tension, même sur les installations du domaine **TBT**.

#### **REPLACEMENT DE FUSIBLES BT**

- a) Avant de remplacer un fusible, il convient d'éliminer le défaut ou la surcharge.
- b) Le remplacement d'un fusible **BTA** ou **BTB** doit être effectué en hors tension après avoir vérifié l'absence de tension.  
 Dans le cas d'un dispositif assurant la protection de l'opérateur (fusible protégé) il n'y a pas lieu de vérifier la mise hors tension et une personne non habilitée peut être désignée.  
 Dans les autres cas, le remplacement doit être effectué par des personnes **habilitées B1** (sur consigne), **B1T** ou **BR**.
- c) Le remplacement d'un fusible sous tension et en charge n'est autorisé qu'avec des fusibles conçus à cet effet et assurant la protection de l'opérateur.

#### **REPLACEMENT DES LAMPES ET DES ACCESSOIRES DES APPAREILS D'ÉCLAIRAGE BT**

- a) Le remplacement des lampes et des accessoires débrochables des appareils d'éclairage (starters) peut être effectué avec présence de tension par des personnes désignées, même non habilitées, lorsque le matériel est conçu pour la protection de l'opérateur.
- b) Lorsqu'il existe des risques de contact direct accidentel, ou bien quand le matériel présente des risques particuliers de contact accidentel ou d'incendie en cas de bris, le remplacement est effectué conformément aux prescriptions afin d'assurer la protection de l'opérateur contre les risques de :
  - contacts électriques,
  - court-circuit et si nécessaire, de bris de lampe.

La protection contre ces risques doit être assurée par l'utilisation de moyens appropriés (gants isolants, lunettes, masque,...) et le respect des conditions d'emploi des outils....

- c) Dans le cas de remplacement d'un accessoire non débrochable (transformateur, condensateur, douille, etc) l'opération doit être exécutée :
  - soit hors tension
  - soit dans les conditions d'un travail sous tension
- d) La destruction des lampes usagées doit faire l'objet d'une consigne, pour éviter tout risque d'accident (éclatement, blessure par coupure ou par contact avec des produits nocifs) aussi bien pour les exécutants que pour les tiers.

### **INTERVENTION TEMPORAIRE D'UNE INTERVENTION**

En cas d'interruption temporaire d'une intervention, toutes mesures doivent être prises pour interdire tout accès à des pièces nues sous tension, toute fausse manœuvre et tout fonctionnement intempestif.

## MANŒUVRES.

### Manœuvres ayant pour but la consignation (ou la déconsignation) d'un ouvrage électrique.

- Travaux hors tension.(§ 3.3.4.)

### Manœuvres ayant pour but la consignation (ou la déconsignation) d'une machine ou d'un appareil pour permettre des travaux d'ordre non électrique.

- Pour l'exécution de travaux d'ordre non électrique sur des parties non électriques de ces machines ou appareils, les manœuvres doivent s'inspirer des procédures de la consignation électrique d'un ouvrage et sont à définir, dans chaque cas particulier, par une consigne ou par **une instruction permanente de sécurité**.
- Dans certains cas, des opérations diverses au niveau des organes de manœuvre, imposent un **personnel habilité C** qui devra se conformer aux instructions sur les **fiches de manœuvre** préétablies

### Manœuvres d'exploitation.

- « Manœuvre » (§ 3.3.6.)
- Le personnel chargé des manœuvres d'exploitation doit être qualifié ou avoir reçu une consigne.
- Il doit être habilité ou non selon l'appareillage à manœuvrer. Habilitation exigée pour manœuvrer les appareils situés dans les locaux d'accès réservés aux électriciens. Cette habilitation doit être au moins **B1V** si le local contient, au **voisinage** du matériel à manœuvrer, des **appareils BT** ne possédant pas un niveau de protection au moins égal à **IP2X** et de symbole **H1V** si le local contient au **voisinage** du matériel à manœuvrer des appareils **HTA** ne possédant pas un niveau de protection au moins égal à **IP3X**.

### Manœuvres d'urgence.

- Les manœuvres des **appareils assurant la fonction de coupure d'urgence** pour des raisons évidentes de sécurité (incendie, électrisation, etc.) doivent **être effectuées par toutes personnes présentes sur les lieux**.
- Toutefois les **manœuvres d'urgence sur les réseaux de distribution publics** sont réservées au personnel qualifié.

## MESURAGES DE GRANDEURS PHYSIQUES.

### Précautions fondamentales.

Les **mesurages de grandeurs électriques** entraînent les risques d'entrer en contact avec des pièces nues sous tension (parfois sous une tension de valeur inconnue)

#### • Il est recommandé au personnel qui doit procéder à des mesurages :

- d'utiliser les dispositifs de protection individuels,
- d'utiliser des matériels adaptés au type de mesurage,
- de sélectionner rigoureusement le calibre à utiliser,
- de vérifier le bon état du matériel de mesurage et des dispositifs de protection,
- de veiller particulièrement aux risques de court-circuit.

#### • Mesurages ne nécessitant pas l'ouverture de circuits électriques et réalisés à l'aide :

- a) - de pinces ampèremétriques,
  - b) - de voltmètres,
  - c) - d'oscilloscopes ou d'appareils identiques opérant par captage de tension.
- les mesurages effectués suivant les **deux premiers cas (a) et (b)** nécessitent une **habilitation d'indice 1 minimum** de la part de l'opérateur travaillant soit sur instruction, soit sous la direction d'un **chargé de travaux** ou d'un **chargé d'interventions**.

– Dans le cas de mesurages effectués avec un **oscilloscope (c)**, la mise en œuvre de cet appareil s'apparente aux opérations réalisées lors d'interventions de raccordement et nécessite l'intervention d'un **habilitéé BR** ou sous la direction d'un **chargé de travaux** ou d'un **chargé d'interventions, d'un habilitéé B1**.

• **Mesurages nécessitant l'ouverture de circuits électriques :**

– Les mesurages effectués à l'aide de shunts, transformateurs d'intensité, wattmètres, etc., s'effectuent suivant la procédure utilisée pour les **travaux** ou **interventions BT**. Ils peuvent aussi être effectués suivant la **procédure des travaux hors tension, sous tension** et, si nécessaire, celles des **travaux au voisinage**.

• **Mesurages de grandeurs électriques en HT :**

Outre les dispositions prévues dans les mesurages ne nécessitant pas l'ouverture de circuits électriques, la mise en place et le retrait d'appareils permettant le mesurage des grandeurs électriques sur des **circuits HT** doivent être considérés comme des travaux et doivent être effectués en respectant les règles des **travaux hors tension** (§ 3.3.4.) et travaux sous tension (§ 3.3.3.) et si nécessaire, en **tenant compte du voisinage**.

• **Mesurages de grandeurs non électriques :**

Doivent être effectués conformément aux prescriptions relatives aux **travaux au voisinage BT** ou en **HT** ou aux **travaux sous tension**.

**ESSAIS.**

Le **personnel doit être habilitéé**. Les **protections individuelles** doivent être adaptées aux essais.

Pour les essais effectués selon la procédure des **travaux sous tension**, les règles sur les **travaux sur les installations de contrôle, de télétransmission et de télécommunication pouvant être le siège de tensions induites** et sur les **installations d'essais** doivent être respectées.

• **Essais avec alimentation normale :**

– **Appliquer la procédure suivante :**

- soit des **travaux sous-tension**
- soit des **travaux hors tension et des manœuvres**,
- soit des **interventions BT**.

– Dans ces deux derniers cas, prendre en compte, si nécessaire, **des problèmes liés au voisinage**

– L'ouvrage à essayer reste placé sous la responsabilité du **chargé d'exploitation**.

– Le **chargé d'exploitation** ou le **chargé de consignation** remet au **chargé d'essais**, les documents nécessaires pour réaliser les essais : **attestation de consignation pour travaux**, de **première étape de consignation** et éventuellement, une **autorisation de travail**.

• **Essais comportant exclusivement des mesurages et des expérimentations hors tension.**

**Appliquer la procédure des travaux hors tension**. Toutefois si les essais le nécessitent, le chargé d'essais peut décider de ne pas effectuer les mises à la terre et en court-circuit dans les zones de travail.

• **Essais sous tension avec une alimentation extérieure autonome (réquisition)**

– **Le régime de réquisition suppose :**

- la séparation totale de l'ouvrage de son alimentation normale,
- le transfert de l'ouvrage de l'autorité du chargé d'exploitation au chargé de réquisition,
- une alimentation extérieure autonome.

– Régime de réquisition (§ 3.3.6.)

• **Essais en laboratoires ou sur plates-formes d'essais.**

- les essais en présence de pièces nues sous tension réalisés en laboratoires et sur plates-formes d'essais peuvent se caractériser par des conditions exceptionnelles pour le matériel :
  - diminution des protections contre les risques de contact direct,
  - régimes anormaux (surcharges, survitesse, surtensions, etc.),
  - câblage et installations mécaniques provisoires,
  - diminution des protections électriques et mécaniques, etc.
- Sans préjudice de l'application de l'**arrêté du 13 décembre 1988** pris en application de l'**article 22** du décret du **14 novembre 1988**, ces conditions nécessitent :
  - a)** un personnel individuellement désigné pour effectuer ces essais et habilité en conséquence,
  - b)** un accès aux laboratoires et plates-formes d'essais strictement réglementé par une consigne de sécurité ou une **instruction permanente de sécurité (IPS)** pour les autres personnes.
- les prescriptions à appliquer sont celles :
  - 1)** soit des travaux hors tension (§ 3.3.4.) et des manœuvres (§ 3.3.11.),
  - 2)** soit des interventions BT (§ 3.3.9.)
  - 3)** soit des travaux sous tension (§ 3.3.3.)
- Dans les deux premiers cas, si nécessaire, prise en compte des problèmes liés au voisinage
- Le matériel à essayer est placé sous l'autorité du **chargé d'essais**.
- Les matériels sont essayés soit avec une alimentation normale, soit avec une alimentation auxiliaire
  - c)** La zone d'essais est matérialisée et signalée.

• **Risques mécaniques.**

Toutes précautions doivent être prises pour protéger les personnes présentes contre les risques mécaniques pouvant résulter des essais.

• **Fin des essais.**

- A la fin des essais, le **chargé d'essais** restitue l'avis de **fin de réquisition** ou de **fin de travail**. Il doit préciser si l'installation concernée est en état de fonctionnement ou s'il y a des restrictions.

**VÉRIFICATIONS :**

- Pour effectuer des vérifications initiales ou périodiques, on applique les prescriptions des mesurages de grandeurs physiques ou des essais ci-dessus.
- Certaines vérifications techniques sur les ouvrages publics de distribution telles que la concordance des phases, la mesure d'intensité sur des conducteurs isolés,... peuvent être réalisées avec l'ouvrage sous tension, sous réserve d'utiliser du matériel approprié et de se maintenir à des distances suffisantes des pièces sous tension.

### **Incendie sur les ouvrages électriques.**

– Prescriptions générales :

- a)** Mettre hors tension, chaque fois que possible, l'appareil en feu et éventuellement les ouvrages voisins.
- b)** Se munir des moyens de protection contre les gaz toxiques si nécessaire.
- c)** Fermer toutes les ouvertures munies de portes, fenêtres ou trappes qui ne servent pas d'exutoire.
- d)** Ouvrir les exutoires de fumée,
- e)** Utiliser des appareils mettant en œuvre :
  - de la neige carbonique (CO<sub>2</sub>)
  - de l'eau pulvérisée (**les lances à jet de bâton sont interdites**),
  - de la poudre (bicarbonate de soude hydrofugé),
  - des halogènes (de préférence à l'extérieur), après avoir vérifié que le produit est adapté.
  - Utiliser éventuellement le sable mis en place à cet effet.
- f)** Attaquer le feu conformément aux indications portées sur les appareils,
- g)** Assurer l'évacuation de tous les gaz toxiques.

### **Conduite à tenir en cas d'incident sur les réseaux aériens ou à leur voisinage.**

#### **• Conducteur tombé à terre :**

- s'il est nécessaire de dégager une victime, le faire avec un outil isolant ou isolé pour la tension mise en jeu.
- éviter de s'approcher du conducteur et empêcher quiconque de le faire,
- pour s'approcher de la victime ou s'en éloigner, le faire par bonds ou par petits pas, pour éviter le risque de choc électrique par tension de pas,
- prévenir le chargé d'exploitation par les moyens les plus rapides.

#### **• Incendie au voisinage d'une ligne :**

- prévenir immédiatement le chef d'entreprise ou le chargé d'exploitation pour mise hors tension de la ligne,
- ne pas s'approcher d'un foyer situé au pied d'un support de ligne **HT**,
- ne pas utiliser de jet bâton sur un foyer situé au pied d'un support de ligne.
- la réparation doit être effectuée par des personnes qualifiées.
- remettre sous tension après élimination du défaut.

### **Incident en zone présentant des risques d'explosion.**

En cas de déclenchement d'un matériel contrôlant une partie d'installation située en atmosphère à danger d'explosion, la remise sous tension ne doit intervenir qu'après contrôle du maintien des dispositions réglementaires relatives à la protection de ce risque.

### **Dispositions à prendre en cas d'incident sur des équipements BT.**

#### **– Déclenchement sans manifestation extérieure.**

- **Avant d'intervenir : considérer que l'ouvrage est toujours sous tension.**
- Si les causes sont connues, la personne chargée de la conduite d'un équipement (ou de sa surveillance) peut réarmer la protection et réenclencher une première fois.
- Toutefois, si l'organe de manœuvre n'est pas protégé avec, au minimum, un degré **IP2X** ou que son accès nécessite l'ouverture d'une armoire ou d'un coffret, cette opération ne peut se faire que par une personne habilitée et désignée.
- **En cas de nouveau déclenchement ou si les causes sont inconnues**, on fait appel à une **personne habilitée d'indice BR et dûment autorisée**.

#### **– Déclenchement avec manifestations extérieures.**

- Le réenclenchement n'est autorisé qu'après détection et élimination du défaut d'origine de l'incident. Ces interventions sont à exécuter dans le cadre défini au § 3.3.11 interventions du domaine **BT**.

#### **– Manifestations extérieures sans déclenchement.**

- L'ouvrage affecté doit être mis hors tension dans les plus brefs délais.
- La réparation doit être effectuée par des personnes qualifiées.
- L'ouvrage ne peut être remis sous tension qu'après élimination du défaut et vérification du bon état de l'installation.

### ATTITUDE À OBSERVER EN CAS D'ACCIDENT ÉLECTRIQUE (Fig. 8).

Selon le docteur Folliot, les premiers secours peuvent se résumer à la règle de « trois fois quatre ». « Trois actions » (**protéger, alerter, secourir**), chacune d'elles appelant « quatre interrogations » (**qui ? quand ? comment ? pourquoi ?**).

**Protéger :** *Qui ?* la victime, mais aussi son entourage et les intervenants.

*Quand ?* chaque fois que l'origine électrique de l'accident peut être soupçonnée.

*Comment ?* en supprimant la cause :

- mettre la victime hors tension, prévoir une chute éventuelle de la victime,
- baliser les lieux,
- penser aux risques adjacents (incendie, explosion, manque d'éclairage...).

*Pourquoi ?* en basse tension, des dispositions improvisées peuvent être prises.

En haute tension, sauf cas particulier ou matériel spécial, cette intervention ne peut concourir qu'à augmenter le nombre de victimes.

**Alerter :** *Qui ?* les secours médicalisés spécialisés d'urgence (SAMU, POMPIERS, MÉDECINS, AMBULANCES) et s'il y a lieu, les secours locaux compétents (EDF, SNCF, etc.).

*Quand ?* en basse tension, si la victime a perdu connaissance, si des brûlures profondes ou étendues sont visibles :

en haute tension, dans tous les cas.

*Comment ?* en précisant l'endroit précis et le numéro de téléphone, origine de l'appel, le lieu exact de l'accident, la nature de l'accident, le nombre de victimes, leur état apparent, les gestes d'urgence déjà effectués, les risques particuliers (sous tension, dégagement à effectuer, etc.).

*Pourquoi ?* pour permettre aux secours médicalisés de prévoir le matériel et la suite du transport et du traitement.

**Secourir :** *Qui doit ?* toute personne présente et, par priorité, qualifiée (médecin, infirmier, bénévole de sang-froid).

*Quand ?* lorsque la victime présente les signes cliniques d'un arrêt respiratoire et, éventuellement, ceux d'un arrêt du fonctionnement cardiaque, lorsque des plaies sont apparentes ou qu'une chute est à présumer.

*Comment ?* « PREMIERS SOINS ». (voir ci-dessous)

*Pourquoi ?* l'arrêt respiratoire visible nécessite une ventilation assistée urgente et l'arrêt cardiaque par fibrillation entraîne la mort dans un délai de quelques minutes.

### PREMIERS SOINS

On rappellera quelques notions élémentaires particulières au risque électrique, et à lui seul, d'autres éléments pouvant intervenir (plaies, fractures, etc.)

- **Ventilation assistée :** Lorsque la ventilation est arrêtée (thorax et abdomen immobiles, absence de souffle par le nez ou la bouche) il faut toujours commencer par le dégagement des voies aériennes (bouche et trachée) c'est-à-dire :

- desserrer le col de la chemise.
- passer un doigt dans la bouche pour la vider.
- renverser doucement la tête en arrière.

Si nécessaire, pratiquer la ventilation artificielle orale (bouche à bouche) ou manuelle.

- **Massage cardiaque externe :** Dans le cas de déclenchement de la fibrillation ventriculaire, seule l'entrée en jeu d'un défibrillateur électrique permet la remise en marche du fonctionnement cardiaque. En attendant la mise en place d'un tel appareil, il est nécessaire de pratiquer le massage cardiaque externe en alternance avec le bouche à bouche (cinq pressions pour une insufflation).

Il est essentiel de bien poser le diagnostic de la fibrillation midriase bilatérale, c'est-à-dire que les deux pupilles sont dilatées et insensibles à l'action de la lumière (lampe ou main masquant le soleil).

Le massage du cœur est urgent, pression à deux mains de 35 à 40 kg à trois doigts au-dessous de la pointe du sternum.

- **Brûlures électriques :** Le traitement des brûlés relève spécifiquement des milieux hospitaliers. Dans l'immédiat, les premiers secours consistent essentiellement à protéger les plaies par pansements secs et stériles, sans application d'aucun produit et sans déshabiller la victime.

# SOINS AUX ÉLECTRISÉS

ne perdez pas une seconde

## PROTÉGER

Soustraire la victime aux effets du courant par mise hors tension.

Si la mise hors tension n'est pas possible par le sauveteur, prévenir le distributeur.

TOUTE INTERVENTION IMPRUDENTE DU SAUVETEUR  
RISQUE DE L'ACCIDENTER LUI-MÊME

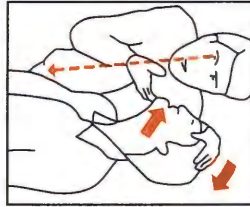
## SECOURIR

### Assurer la respiration

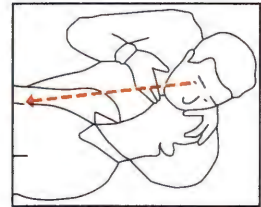
La victime est inanimée et ne répond pas. Thorax et abdomen sont immobiles.



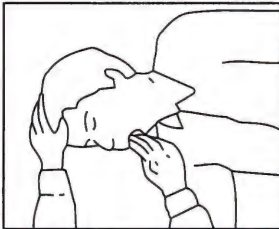
Basculer prudemment la tête en arrière et soulever le menton



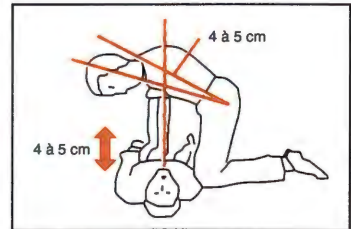
Observer écouter  
apprécier le souffle



Insuffler si arrêt ventilatoire



Évacuation éventuelle de corps étrangers en position latérale de sécurité



Massage cardiaque si nécessaire par sauveteur formé et entraîné

## ALERTER



Ne jamais abandonner les soins avant l'arrivée des secours spécialisés

Fig. 8 – Soins aux électrisés : affiche réglementaire.

# 4. LES SCHÉMAS DES LIAISONS À LA TERRE

## 4.1. ÉTUDE DES SCHÉMAS DES LIAISONS À LA TERRE (SLT) ET LES RISQUES ENCOURUS

D'après SCHNEIDER ELECTRIC

### RÉGIMES DE NEUTRE ET SLT

Le régime de neutre en BT fait partie du « schéma des liaisons à la terre », notion normalisée (entre autres par la CEI 364 et la NF C 15-100) qui recouvre le mode de liaison à la terre :

- du neutre du secondaire du transformateur HT/BT d'une part (c'est-à-dire des conducteurs actifs), qui peut être :
    - relié à la terre, directement ou par une impédance,
    - isolé de la terre,
  - des masses de l'installation d'autre part. Ces dernières sont toujours reliées à la terre du bâtiment où elles sont installées, soit directement, soit par le conducteur de neutre.
- Dans la suite du document nous utiliserons la dénomination « schémas des liaisons à la terre » le plus souvent sous la forme abrégée SLT.

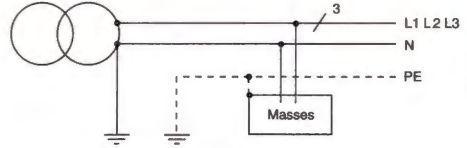


Fig. 1 - Schéma TT

### CODIFICATION DES SLT

Les schémas des liaisons à la terre sont désignés par deux lettres et une troisième lettre facultative :

#### Première lettre

Caractérise le point neutre du transformateur ou de la source :

- I : isolé de la terre.
- T : relié à la terre.

#### Deuxième lettre

Caractérise les masses électriques des récepteurs :

- T : reliées à la terre.
- N : reliées au conducteur neutre (N).

#### Troisième lettre (facultative)

Situation du conducteur neutre (N) et du conducteur de protection (PE) :

- C : N et PE confondus en un conducteur « Commun » PEN.
- S : N et PE « Séparés ».

Le tableau ci-dessous résume ces conventions.

1 <sup>ère</sup> lettre neutre (T ou I)	2 <sup>ème</sup> lettre masses (T ou N)		3 <sup>ème</sup> lettre conducteur de protection (C ou S) C (confondu) ou S (séparé) du neutre TN-C : N et PE confondus (PEN) TN-S : N et PE séparés TN-C-S : N et PE confondus puis séparés
	T (terre)	N (neutre)	
T (terre)	TT	TN	
I (isolé)	IT		

IT1 : Réseau IT en situation de 1<sup>er</sup> défaut

IT2 : Réseau IT en situation de 2<sup>ème</sup> défaut

### TYPES DE SLT

Trois schémas des liaisons à la terre sont normalisés en France :

**TT : Neutre à la terre** (Fig. 1).

**TN : Mise au neutre**, avec trois versions TN-C, TN-S et TN-C-S (respectivement Fig. 2, 3 et 4).

**IT : Neutre isolé ou impédant** (Fig. 5).

Les schémas de principe correspondants sont indiqués au § 4.3.

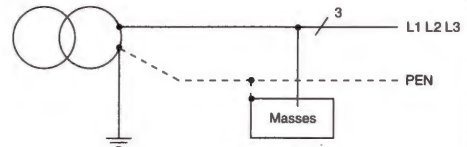


Fig. 2 - Schéma TN-C

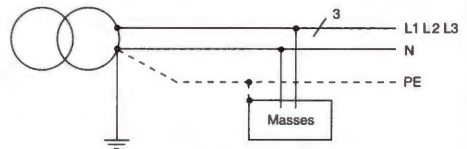


Fig. 3 - Schéma TN-S

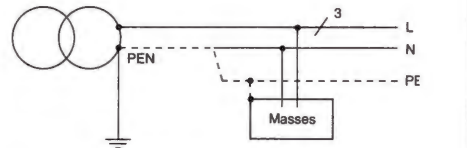


Fig. 4 - Schéma TN-C-S

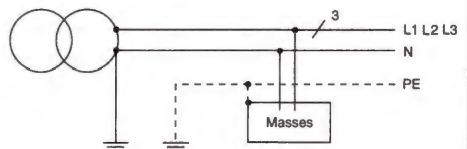


Fig. 5 - Schéma IT

IDENTIFICATION  
DES SLT

## 4.2. DÉFAUTS D'ISOLEMENT ET PROTECTION DES PERSONNES

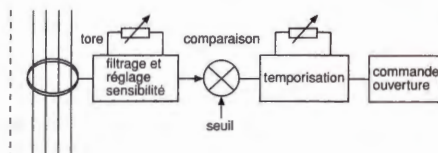
### DÉTECTION DES DÉFAUTS D'ISOLEMENT PAR DDR (DISPOSITIFS DIFFÉRENTIELS RÉSIDUELS)

#### Nécessité d'un moyen de détection spécifique

- Le courant de défaut d'isolement en **mode commun** (entre phase et terre) dépend des **SLT**. Le plus souvent sa valeur est trop faible pour qu'il soit détecté et éliminé par les protections de surintensités conventionnelles (pour un disjoncteur thermique contre les surcharges ou magnétique contre les courts-circuits).
- Mais il élève le potentiel des masses en défaut créant un double risque :
  - de choc électrique pour les personnes,
  - d'incendie ou d'explosion d'où la nécessité de détection par des dispositifs spécifiques (**DDR**) pour être éliminé.

#### Dispositif différentiel résiduel

- Un **DDR** est constitué d'un dispositif de mesure associé à un capteur (tore bobiné) entourant les conducteurs actifs (figure ci-contre) qui détecte un courant  $I_d$  en cas de défaut (voir page précédente) et qui agit sur le dispositif de commande de l'installation.
- Le **DDR** peut faire partie intégrante du dispositif de coupure, ou lui être associé, ou être extérieur à ce dispositif.

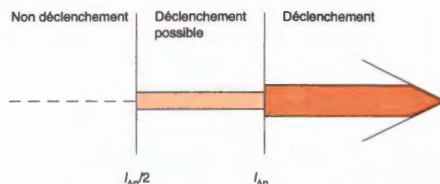


Principe des DDR

- La sensibilité d'un **DDR** est la plus petite valeur du courant de défaut qu'il peut détecter.
- Valeurs normalisées des sensibilités des **DDR** : **30 mA, 100 mA, 300 mA, 1 A**. Les **DDR** de sensibilité  $\leq$  **30 mA** sont dits à Haute Sensibilité (**DDR HS**).
- Le seuil de réglage  $I_{\Delta n}$  d'un **DDR** peut être fixe ou réglable et il est supérieur ou égal à la sensibilité.

#### Courant de fonctionnement d'un DDR :

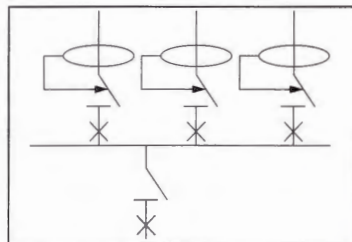
- Les normes de construction des **DDR** définissent, en France, le courant de fonctionnement  $I_f$  à **20 °C** à partir de leur seuil de réglage  $I_{\Delta n}$  par :  $I_{\Delta n}/2 \leq I_f \leq I_{\Delta n}$
- Il doit donc permettre un fonctionnement entre **50 % et 100 % de  $I_{\Delta n}$** .



Courant de fonctionnement d'un DDR

#### Sélectivité des DDR

- Elle est réalisée lorsque le courant de défaut détecté en aval de deux **DDR** fait déclencher le disjoncteur immédiatement en amont du défaut et lui seul, elle peut être :
  - **horizontale** : cette technique consiste à reporter la protection différentielle de tête sur les départs aval. La mise hors tension est alors limitée au départ concerné. Elle n'est possible que si le disjoncteur de tête et les disjoncteurs généraux sont placés dans un même tableau ou dans des tableaux placés côte à côte (ou liaison réalisée en **classe II**)
  - **verticale** : en aval du disjoncteur de tête, les disjoncteurs généraux, voire si possible d'autres étages aval, seront munis de **DDR**.



Sélectivité horizontale

La sélectivité verticale totale des **DDR** s'obtient par la réalisation simultanée des deux règles suivantes :

- d'une part de l'étagement des valeurs normalisées de sensibilité (**30 mA, 100 mA, 300 mA, 1 A**) ou sélectivité ampèremétrique.

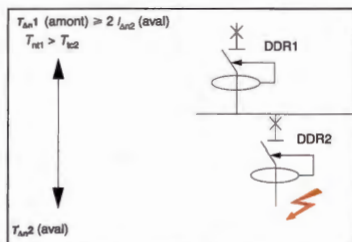
La **1<sup>ère</sup> règle est :**

$$I_{\Delta n1} \geq 2 I_{\Delta n2} \text{ (seuil de réglage du DDR1 amont } \geq \text{ double du seuil de réglage du DDR2 aval)}$$

d'autre part de l'étagement des temps de déclenchement ou sélectivité chronométrique.

La **2<sup>ème</sup> règle est :**

$$T_{nt1} > T_{tc2} \text{ (temps de non déclenchement du DDR1 amont } > \text{ temps de coupure du DDR2 aval, y compris temps dû à l'organe de coupure).}$$



Sélectivité verticale

### Risque d'incendie ou d'explosion

- Le **schéma TN-C** est interdit dans les locaux à risque d'incendie ou d'explosion, respectivement **classés BE2 et BE3** dans la norme **CEI 364** et la norme **NF C 15-100**.
- En effet, le raccordement d'éléments conducteurs du bâtiment, ou de masses ou de blindages au conducteur commun de protection et neutre (**PEN**) crée une circulation de courant non intentionnelle dans les pontages du **PEN** ainsi formés. En cas de défaut, ces courants sont considérablement accrus. Il en résulte un risque d'incendie à l'origine de l'interdiction.
- **Le choix du SLT** conditionne aussi la valeur du courant de défaut :
  - élevée dans les **schémas TN**
  - faible dans les **schémas TT** (limitation par les résistances de terre)
  - très faible dans les **schémas IT** exploités selon les règles : c'est-à-dire en éliminant le premier défaut avant l'apparition du second.
- Enfin, la protection contre certains types de défauts (défauts impédants) n'évoluant pas instantanément vers le court-circuit franc n'est assurée que par la présence d'un dispositif différentiel, ce qui exclut l'usage du **TN-C** ou du **TN-C-S**.
- La norme **CEI 364** et la norme **NF C 15-100 (§ 482-2-10)** imposent l'emploi de dispositifs différentiels de sensibilité  $\leq 500$  mA dans les locaux à risque d'incendie ou d'explosion (locaux classés **BE2** ou **BE3**).

### Risque de non disponibilité de l'énergie

- **Nature du risque**
- La maîtrise de ce risque prend de plus en plus d'importance du fait de son incidence sur la sécurité et de son impact économique accru par l'automatisation.
- En effet, si pour éliminer le défaut d'isolement, la partie d'installation correspondante est déconnectée automatiquement, il en résulte un risque :
  - **pour les personnes**, par exemple :
    - manque subit d'éclairage
    - mise hors service d'équipements utiles à la sécurité
  - **économique**, du fait de la perte de production. Ce risque doit être particulièrement maîtrisé dans les industries de process pour lesquelles le redémarrage peut être long et coûteux. De plus, si le courant de défaut est élevé, les dégâts dans l'installation ou dans les récepteurs peuvent être importants et augmenter le coût et le temps des réparations. La circulation de forts courants en mode commun peut également perturber des équipements sensibles.

### Influence du choix des schémas de liaisons à la Terre (SLT)

- Là aussi, le choix du **SLT** a une influence sur ce type de risque qui devient un critère important de choix.
- Notamment, le **schéma IT** qui n'impose le déclenchement des protections qu'en situation de double défaut est avantageux du point de vue de la disponibilité de l'énergie.
- Les contrats **EJP\*** ont multiplié le nombre de groupes électrogènes installés. Or leur courant de défaut est inférieur (environ le tiers) à celui d'un transformateur abaisseur de même puissance.
- Cette situation de fonctionnement sur groupe a des répercussions sur le réglage des protections en fonction du **SLT** choisi. Notamment en **schéma TN**, ou en **IT** en situation de double défaut, le courant de défaut va être limité par l'impédance interne de l'alternateur du groupe. Il faudra en tenir compte.

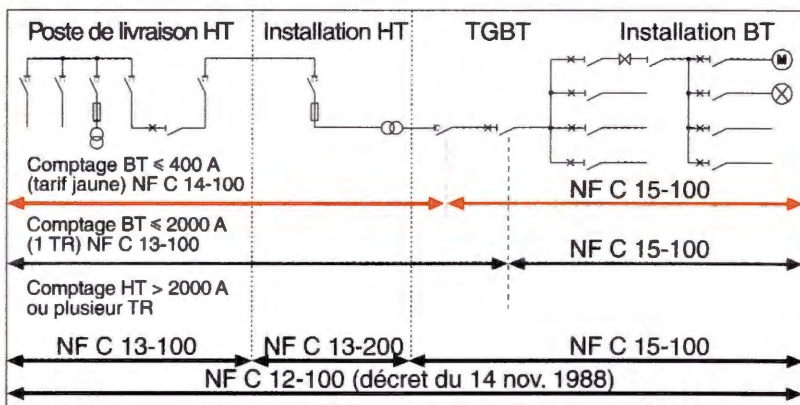
### Application du schéma IT

- Le neutre isolé est la solution assurant la meilleure continuité de service en exploitation.
- Pour cette raison, on trouvera ce **SLT** dans les hôpitaux (et en particulier pour l'alimentation des salles d'opération), les réseaux électriques des pistes d'aéroport, dans les mines et locaux où existent des risques d'incendie ou d'explosion, sur les bateaux et dans toutes les industries de process très automatisées où un arrêt de fonctionnement serait coûteux ou dangereux.

\* Les contrats EJP ne sont plus proposés par EDF depuis 1996.

### Rappel des normes

- Pour éviter les dangers dus à l'électricité, notamment ceux résultant des défauts d'isolement, plusieurs normes et publications existent au niveau Européen et en France.
- **La norme CEI 364** : c'est la norme internationale relative aux installations électriques du bâtiment. Ses chapitres 41 et 54 ont le statut de norme fondamentale de sécurité et guident les prescriptions de sécurité de toutes normes CEI.
- **La norme NFC 13-100** : elle s'applique aux installations électriques qui constituent le poste de livraison d'énergie électrique à un utilisateur à partir d'un réseau de distribution publique. La tension nominale est comprise entre **1 kV et 33 kV** en courant alternatif, le courant assigné de l'équipement HT au primaire du poste étant au plus égal à 400 Ampères.
- **La norme NFC 14-100** : elle s'applique aux parties terminales du réseau de distribution publique **BT**, comprises entre le réseau et le point de livraison, aussi appelées **branchement BT**.
- **La norme NFC 15-100** : elle s'applique aux installations alimentées sous une tension au plus égale à 1000 Volts en courant alternatif.

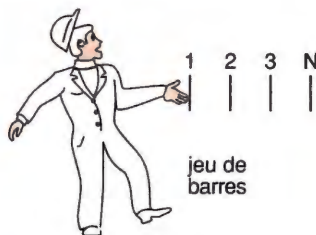


Limites d'application des normes d'installation NFC

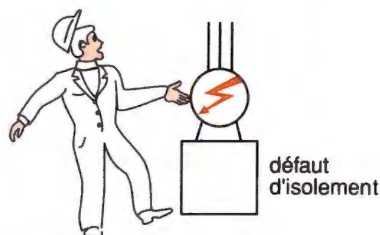
- **La publication UTE C 12-100** regroupe une série d'arrêtés et le décret du 14 nov 1962 actualisé par celui du 14 nov. 1988. Ce décret reprend les dispositions du livre II du code du travail en ce qui concerne la protection des travailleurs dans les établissements qui mettent en œuvre des courants électriques.

La section IV porte également sur la protection des travailleurs contre les risques de contact avec des masses mises accidentellement sous tension.

### Contacts directs et indirects



Contact direct



Contact indirect

#### Contact direct

- C'est le contact de personnes avec des conducteurs actifs (phase ou neutre) ou des pièces conductrices habituellement sous tension.

#### Contact indirect

- C'est le contact de personnes avec des masses mises accidentellement sous tension. Cette mise sous tension accidentelle résulte de la défaillance de l'isolation d'un appareil amenant un **défaut d'isolement**.

## PROTECTION CONTRE LES CONTACTS DIRECTS

- Tout contact direct est extrêmement dangereux. Aussi, la mise en œuvre de deux mesures de protection est-elle souvent imposée par sécurité, car l'une peut être défaillante.
- La **norme NFC 15-100** et le **décret de protection des travailleurs du 14 nov 1988** précisent les mesures suivantes :

### Protection complète

- Par isolation des parties actives au moyen de barrières ou d'enveloppes possédant au moins le degré de protection **IPXX B (ou IP 2X)**, par ailleurs, l'ouverture de l'enveloppe (portes, tiroirs, panneaux) ne doit pouvoir s'effectuer que :
  - à l'aide d'une clé ou d'un outil, ou bien
  - après mise hors tension des parties actives, ou bien
  - après interposition automatique d'un autre écran ne pouvant lui-même être escamoté qu'à l'aide d'une clé ou d'un outil.
- les enveloppes métalliques doivent être raccordées au conducteur de protection.

### Protection partielle

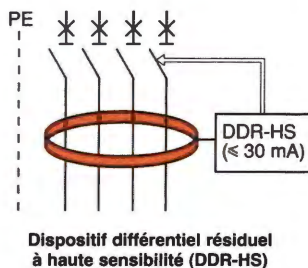
- Elle est réalisée par prévention du contact avec les conducteurs actifs au moyen d'obstacles ou par leur mise hors portée. Ce type de protection est réservé aux locaux de service électrique dont l'accès est restreint au personnel qualifié (voir les habilitations).

### Protection par limitation de la tension

- Dans le cas où le risque est très important, la solution triviale consiste à distribuer l'électricité sous une tension non dangereuse, c'est-à-dire inférieure à la tension de sécurité la plus pénalisante (**25 Volts**). C'est le cas de la très basse tension de sécurité (**TBTS**) ou la très basse tension de protection (**TBTP**). Ces mesures sont des cas particuliers car elles ne permettent pas de véhiculer des puissances importantes.

### Mesure de protection complémentaire au moyen de DDR

- Toutes les mesures précédentes ont un caractère préventif. L'expérience montre que la plupart peuvent parfois se montrer défaillantes pour plusieurs raisons :
  - manque d'entretien,
  - imprudence, négligence, inattention,
  - usure normale ou anormale d'un isolant,
  - contact accidentel,
  - présence d'eau imprévue rendant l'isolation ou les enveloppes inefficaces.
- Pour pallier ce risque, la mesure de protection complémentaire contre les **contacts directs** consiste à utiliser des **DDR-HS**, (§ 4.2.1.).
- La **norme NFC 15-100** étend l'obligation de cette mesure complémentaire aux circuits alimentant les socles de prises de courant jusqu'à **32 A** compris et au-delà si les prises sont installées dans des locaux mouillés et des installations temporaires (chantiers...).

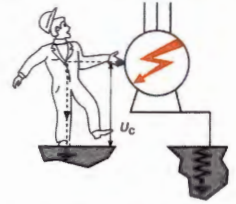


### Réalisation de l'équipotentialité des masses simultanément accessibles.

- Pour un emplacement peu étendu, la réalisation de l'équipotentialité entre les masses et tous les éléments simultanément accessibles contribue efficacement à éviter l'apparition d'une tension de contact dangereuse.
- Elle se fait par le conducteur de protection (**PE**) qui relie les masses des matériels électriques pour l'ensemble du bâtiment, éventuellement complété de liaisons équipotentielle supplémentaires.

**PROTECTION CONTRE LES CONTACTS INDIRECTS**

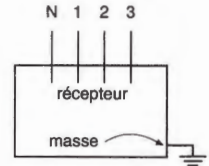
- Ce type de contact résulte d'un défaut d'isolement. Le courant de défaut ( $I_d$ ) porte la masse accessible à une tension susceptible d'être dangereuse, c'est-à-dire suffisamment élevée pour être à l'origine d'un courant dangereux au travers d'une personne en contact avec cette masse.
- Vis-à-vis de ce risque, les normes d'installation (CEI 364 au niveau international et son équivalent NF C 15-100 au niveau français) ont officialisé les trois schémas des liaisons à la terre IT, TT, TN et défini les règles d'installation et de protection correspondantes.
- Les mesures de protection comportent les points suivants :



**Les contacts indirects résultent des défauts d'isolement**

• **La mise à la terre des masses des récepteurs et équipements électriques.**

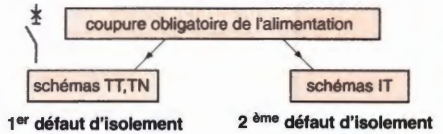
- Cette mesure reprise dans les divers SLT évite qu'un défaut d'isolement ne conduise à l'équivalent d'un contact direct en réduisant la tension de contact.
- Une première mesure de protection consiste à mettre à la terre les masses des récepteurs et équipements électriques (voir figure ci-contre).



• **La coupure automatique de l'alimentation en cas de défaut**

- Cette mesure de protection vient en complément de la précédente et repose sur deux principes fondamentaux :

- mise à la terre de toutes les masses des matériels électriques de l'installation et constitution d'une liaison équipotentielle principale



- mise hors tension automatique de la partie de l'installation où se produit le défaut d'isolement, de manière à ne pas soumettre une personne à une tension de contact  $U_c$  pendant une durée telle qu'elle soit dangereuse.

- La coupure automatique de l'alimentation se fera **au premier ou au second défaut selon le SLT**. Le schéma IT n'impose la coupure qu'au second défaut et favorise ainsi la continuité de service.

- La coupure automatique de l'alimentation est obligatoire en cas de défaut d'isolement. Le schéma IT n'impose cette coupure qu'au second défaut (situation de double défaut).

• **Un temps total de coupure maximum**

- Plus la tension de contact  $U_c$  est élevée, plus les normes imposent une mise hors tension de la partie en défaut rapide. Les tableaux ci-dessous indiquent le temps de coupure maximal à respecter.

Conditions normales ( $U_L = 50$ V) (1)			Conditions mouillées ( $U_L = 25$ V) (2).		
tension de contact	temps de coupure du dispositif de protection(s)		tension de contact	temps de coupure du dispositif de protection(s)	
maxima. présumée (V)	courant alternatif	courant continu	maxima. présumée (V)	courant alternatif	courant continu
< 50	5	5	< 25	5	5
50	5	5	25	5	5
75	0,60	5	50	0,48	5
90	0,45	5	75	0,30	2
120	0,34	5	90	0,25	0,80
150	0,27	1	120	0,18	0,50
220	0,17	0,40	150	0,12	0,25
280	0,12	0,30	220	0,05	0,06
350	0,08	0,20	280	0,02	0,02
500	0,04	0,10			

Le choix du SLT a une influence directe sur la valeur du courant de défaut et les dispositions à adopter pour respecter ces conditions.

(1) la résistance du sol et la présence de chaussures est prise en compte par ces valeurs.  
(2) la liste des locaux pour lesquels cette tension est à utiliser est en général définie par les normes.

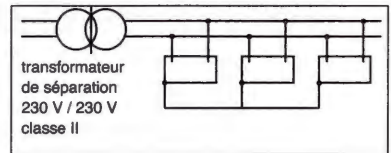
Ces tableaux donnent les temps limites de coupure des DDR à respecter en fonction de la tension de contact présumée dans les locaux à humidité normale ou mouillés.

## CAS PARTICULIERS DE PROTECTION SANS COUPURE DE L'ALIMENTATION

– Il s'agit de dispositions spéciales, dont certaines permettent aussi une protection contre les contacts directs, et dont l'application fait l'objet d'une réglementation précise.

### – Séparation électrique des circuits

Elle se fait par isolement galvanique des circuits, pour des circuits de longueur limitée, bien isolés et alimentant en général un seul appareil.

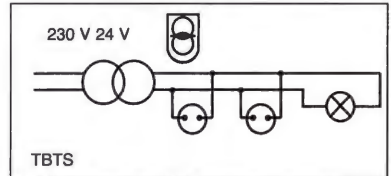


### – Utilisation de très basse tension.

Dans des conditions de risque élevé, il est parfois imposé ou préférable d'alimenter certains circuits sous une tension non dangereuse :

### – TBTS (Très Basse Tension de Sécurité)

Certaines installations où le risque est très élevé (piscines, salles d'eau etc.) sont alimentées au moyen d'un transformateur dit de sécurité, conforme à la **norme CEI 742** et délivrant une tension **< 25 V (ex : 12 V)**.



Cette mesure correspond à un **schéma IT** et impose **3 conditions** :

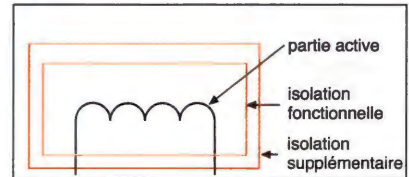
- aucune partie active du réseau **TBTS** ne doit être reliée à la terre
- les masses des matériels alimentés en **TBTS** ne doivent être reliées ni à la terre ni à la masse d'autres circuits, ni à des éléments conducteurs
- les parties actives des circuits **TBTS** et d'autres circuits alimentés en tension plus élevée doivent présenter entre elles une double isolation

### – TBTP (Très Basse Tension de Protection)

Cette mesure s'utilise pour les autres installations où une très basse tension (**< 25 V**) est utilisable mais où la **TBTS** n'est pas imposée

### – Emploi de matériels de classe II ou isolation équivalente

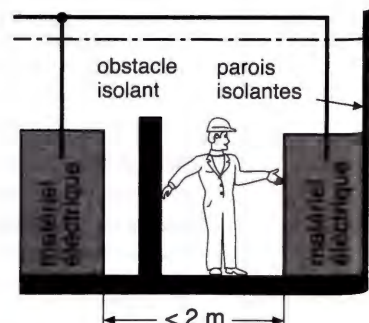
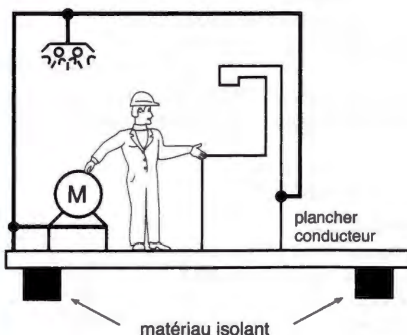
Il s'agit de matériels dits « double isolation » ou « double isolement » pour lesquels aucune partie conductrice accessible ne doit être raccordée à un conducteur de protection (certains récepteurs portatifs, luminaires...)



Matériel de classe II

### – Liaisons équipotentielles locales non reliées à la terre – Éloignement ou interposition d'obstacles

Limitées à des cas particuliers difficiles à traiter et à des environnements restreints (ex : un poste de travail) à accès réglementé.



## 4.3. INCIDENCE DES SLT SUR LA PROTECTION DES PERSONNES ET DES BIENS. CONTINUITÉ DE SERVICE

T : Liaison directe du neutre à la terre.

T : Interconnexion des masses et liaison à une prise de terre distincte.

### TECHNIQUE D'EXPLOITATION

Coupage au premier défaut d'isolement.

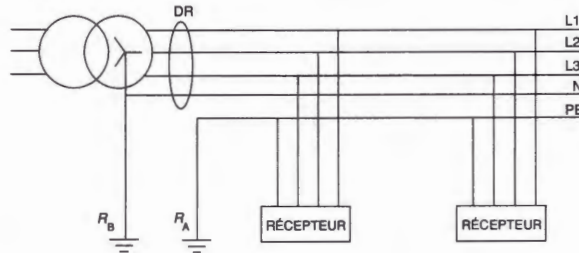
### TECHNIQUE DE PROTECTION DES PERSONNES

Mise à la terre des masses associée à l'emploi obligatoire des dispositifs différentiels (au moins un en tête de l'installation).

### PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES

- Solution la plus simple à l'étude et à l'installation.
- Ne nécessite pas de surveillance particulière.
- La présence du dispositif différentiel à courant résiduel (**DR**) permet la prévention des risques d'incendie pour une sensibilité  $\leq 300$  mA.
- Chaque défaut d'isolement entraîne une coupure. Cette coupure est limitée en défaut par l'emploi de plusieurs **DR** sélectifs.
- Les récepteurs ou parties d'installation, qui sont la cause en marche normale de courants de fuite importants, doivent faire l'objet de mesures spéciales pour éviter les déclenchements intempestifs (alimentation par transformateurs de séparation où **DR** à seuil élevé).
- En **schéma TT**, la protection des personnes contre les contacts indirects est réalisée par un disjoncteur à dispositif différentiel à courant résiduel (**DDR**) à moyenne ou basse sensibilité.
- Protection obligatoire au moins à l'origine de l'installation.

### Schéma général du régime TT



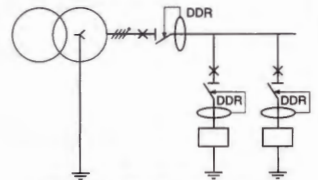
#### 4.3.1. SCHÉMA TT NEUTRE A LA TERRE

### Normalisation

#### - Mise en œuvre : protection par DDR

##### - Normalisation :

- la normalisation impose la protection des circuits par un Dispositif Différentiel Résiduel ou **DDR** en tête d'installation
- si les masses d'utilisation ne sont pas toutes connectées à une même prise de terre, il faut placer un **DDR** par groupe d'équipement ayant une prise distincte
- dans la pratique, un besoin en continuité de service peut aussi amener à placer des **DDR** sur les départs aval (« sélectivité des **DDR** »)



Protection par DDR en schéma TT

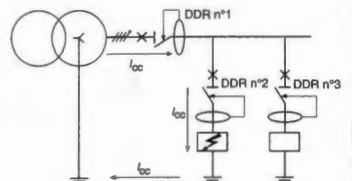
- si un dispositif différentiel ne peut être placé en tête d'installation, toute la partie située en amont des bornes aval des dispositifs différentiels doit être réalisée en classe II ou équivalent.

### Réalisation de la sélectivité

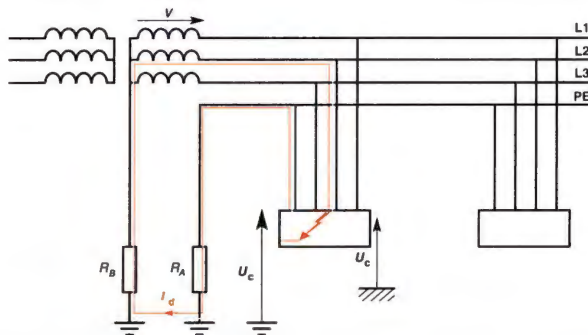
- Il est possible de réaliser une sélectivité entre **DDR**.

#### - Exemple de sélectivité à 2 niveaux ci-contre.

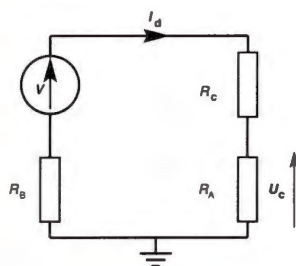
- En cas de défaut, les protections différentielles n° 1 et n° 2 voient passer le courant de défaut. Il suffit que seul le **DDR** n° 2 déclenche pour éliminer la source du défaut et ainsi supprimer tout risque de potentiel dangereux sur les masses métalliques.



### Détermination du courant de défaut



### Schéma équivalent



$R_C$  : résistance des câbles très inférieure à  $R_B$  et  $R_A$

$$I_d = \frac{V}{R_B + R_A}$$

$$U_c = R_A I_d$$

**Exemple** :  $V = 235$  volts,  $R_B = 12 \Omega$

$R_A = 15 \Omega$ ,  $I_d = 8,7$  A,  $U_c = 130,5$  V

La tension de contact  $U_c$  est dangereuse pour les utilisateurs.

$U_c > U_L$  (tension conventionnelle de sécurité : 50 V locaux secs et 25 V locaux mouillés)

– Valeur du seuil  $I_{\Delta N}$  en fonction de  $R_A$  et  $U_L$

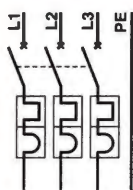
$U_L$	$R_A$ ( $\Omega$ )	$I_{\Delta N}$ (A)	$U_L$	$R_A$ ( $\Omega$ )	$I_{\Delta N}$ (A)	$U_L$	$R_A$ ( $\Omega$ )	$I_{\Delta N}$ (A)
50 V	$\leq 1\ 660$	0,030	25 V	$\leq 500$	0,030	12 V	$\leq 400$	0,030
	$\leq 166$	0,300		$\leq 83$	0,300		$\leq 40$	0,300
	$\leq 100$	0,500		$\leq 50$	0,500		$\leq 24$	0,500
	$\leq 16$	3		$\leq 8$	3		$\leq 4$	3

$$I_{\Delta N} < \frac{U_L}{R_A}$$

$I_{\Delta N}$  : courant différentiel nominal

### Disjoncteurs assurant à la fois des fonctions de protection, de commande et de sectionnement

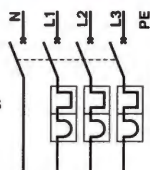
#### Neutre non distribué Triphasé + PE



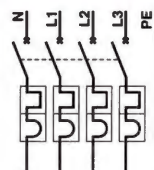
#### Neutre distribué Triphasé + N + PE

$S_n = S_{ph} \Rightarrow$  schéma A ou B  
 $S_n < S_{ph} \Rightarrow$  schéma B avec condition 3\*  
 schéma A si conditions 1 et 2\*

#### Schéma A

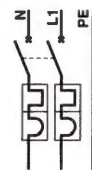
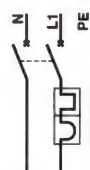


#### Schéma B



#### Phase + N + PE

$S_n = S_{ph} \Rightarrow$  schéma A ou B



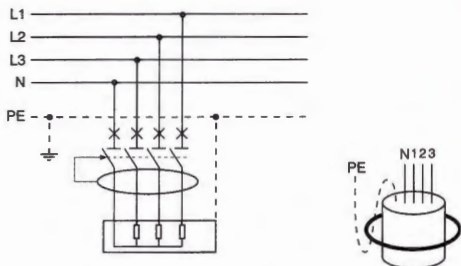
$S_n$  : section du conducteur de neutre  
 $S_{ph}$  : section du conducteur de phase  
 PE : conducteur de protection électrique

\*Conditions suivant les schémas « A ou B » (§ 4.3.4.)

## Installation des DDR

### • Nombre de pôles

Le dispositif différentiel résiduel doit prendre en compte les **4 pôles (3 phases + neutre)**, c'est-à-dire tous les conducteurs actifs alors que le conducteur de protection doit rester à l'extérieur du tore.



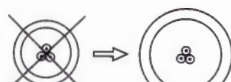
Le DDR doit prendre en compte les conducteurs actifs mais pas le conducteur de protection PE

### • Règles de montage

– Pour optimiser l'immunité aux surintensités de ligne il est recommandé de suivre les règles de montage suivantes :



Centrer les câbles dans le tore

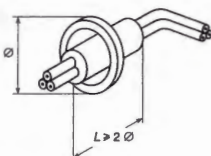


Utiliser un tore surdimensionné



Ne pas couder le câble à proximité du tore

– dans les cas les plus sévères (forts courants de démarrage), utiliser un manchon magnétique. Le manchon sera en fer doux ou en acier d'épaisseur 0,5 mm entourant complètement le câble avec recouvrement des extrémités.

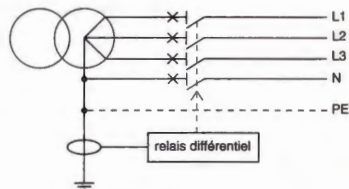


– D'autre part, les relais différentiels sont protégés contre les déclenchements intempestifs (sigle  $\Delta$  )

– La conformité à la **classe A de la CEI 755** garantit le fonctionnement du relais différentiel sur les courants sinusoïdaux purs, sur les courants pulsés et sur courants comportant jusqu'à 6 mA de composante continue.

### • Cas de sortie de transformateur

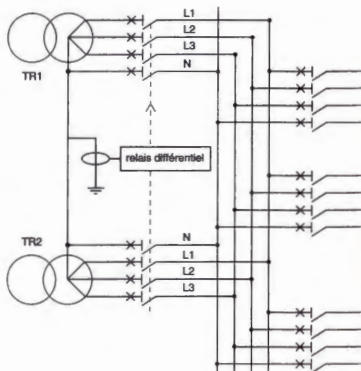
– Il n'est pas toujours aisé ni possible d'installer le tore du relais différentiel en sortie d'un transformateur en particulier dans le cas de jeux de barres de forte section ou de la mise en parallèle de câbles.



– Dans ce cas, le tore pourra être placé sur la liaison terre-neutre du transformateur.

### • Cas de transformateurs branchés en parallèle

– Dans le cas de transformateurs en parallèle, il convient de placer le tore sur le conducteur de protection commun aux 2 transformateurs (figure ci-contre). En effet, en cas de défaut sur le jeu de barres, le courant de défaut peut se répartir entre **TR1 et TR2** et seul un tore connecté sur la prise de terre verra le courant total de défaut.



### • Préalarme

– Certains relais différentiels fournissent une indication visuelle quand le courant différentiel dépasse la valeur de  $I_{\Delta N}/2$ . Cette indication permet à l'exploitant de prendre les dispositions nécessaires pour faire remonter l'isolement du départ incriminé, évitant ainsi un arrêt d'exploitation intempestif, souvent coûteux.

### • Applications du schéma TT

– Les applications les plus fréquentes du **schéma TT** sont le logement, l'éclairage public et les locaux scolaires.

– Le **schéma TT** est aussi utilisé dans l'habitat rural. On le trouve aussi dans les réseaux urbains. Il faut noter à ce sujet que l'interconnexion des prises de terre fait évoluer ce type de réseau vers le **TN**.

**T** : Liaison directe du neutre à la terre.

**N** : Liaison des masses au neutre.

**TECHNIQUE D'EXPLOITATION**

Coupure au premier défaut d'isolement.

**TECHNIQUE DE PROTECTION DES PERSONNES**

Elle nécessite :

- une interconnexion et une mise à la terre des masses et du neutre impératives ;
- une coupure au premier défaut par une protection de surintensité (disjoncteur ou fusibles).

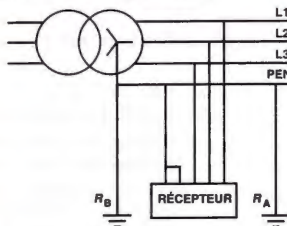
**PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES**

- Le schéma **TNC** peut faire apparaître :
  - une économie à l'installation (suppression d'un pôle et d'un conducteur) ;
  - une utilisation de canalisations fixes et rigides (§ 413.2.5 de la norme NF C 15-100) ;
  - la nécessité d'un personnel d'entretien très compétent ;
  - la nécessité d'un contrôle périodique de la continuité du conducteur de protection ;
  - la nécessité des prises de terre uniformément réparties dans toute l'installation ;
  - la nécessité d'une vérification obligatoire des déclenchements au premier défaut ;
  - l'augmentation des risques d'incendie du fait des forts courants de défauts.
- En schéma **TN**, la protection des personnes contre les contacts indirects se réalise par les **dispositifs de protection contre les surintensités** (chapitre 20).

**SCHÉMAS DU RÉGIME TN**

**RÉGIME TNC**

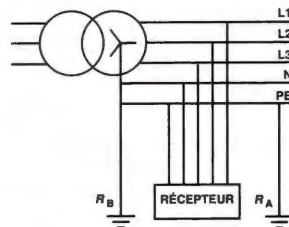
- Neutre et conducteur de protection confondus en un seul conducteur appelé PEN.



- Schéma interdit pour les sections inférieures à 10 mm<sup>2</sup> en cuivre et 16 mm<sup>2</sup> en aluminium.
- Masses reliées au conducteur de protection PEN mis à la terre en différents points de l'installation.
- Économise un pôle et un conducteur.

**RÉGIME TNS**

- Neutre et conducteur de protection séparés.



- Schéma obligatoire si :
  - la section < 10 mm<sup>2</sup> en cuivre ;
  - la section < 16 mm<sup>2</sup> en aluminium ;
  - les canalisations sont mobiles.
- Les masses sont reliées au conducteur de protection PE.

**DISJONCTEURS ASSURANT À LA FOIS LES FONCTIONS DE PROTECTION, DE COMMANDE ET DE SECTIONNEMENT**

**Schéma TNC**

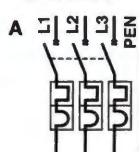
**Triphasé + PEN**

$S_{PEN} = S_{ph} \Rightarrow$  schéma **A**

$S_{PEN} < S_{ph} \Rightarrow$  schéma **A**

si conditions 1 et 2 (§ 4.3.4.).

**Schéma A**



**Phase + PEN**

$S_{PEN} = S_{ph} \Rightarrow$  schéma **A**



**Schéma TNS**

**Triphasé + N + PE**

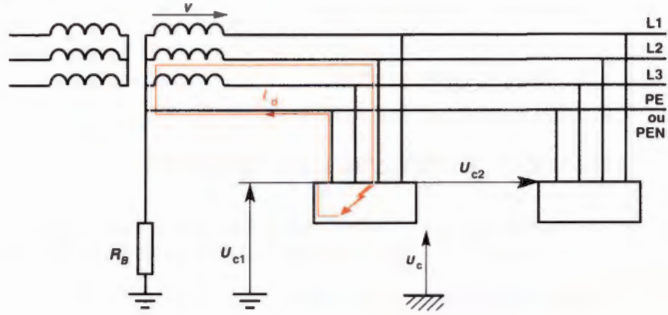
voir § 4.3.1. (régime TT)

$S_{PEN}$  : section du conducteur neutre et de protection (confondu)

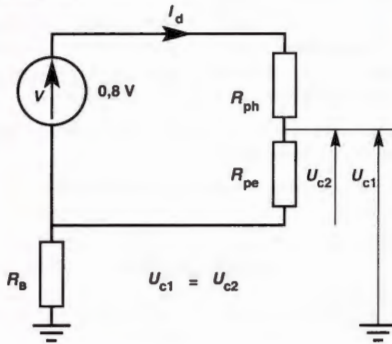
$S_{ph}$  : section du conducteur de phase

**4.3.2. SCHÉMAS TN MISE AU NEUTRE**

### Détermination du courant de défaut



### Schéma équivalent



$$I_d = \frac{0,8 \text{ V}}{R_{ph} + R_{pe}}$$

$$U_{C1} = U_{C2} = R_{pe} \cdot I_d$$

**Exemple :** câble HO7 RNF4 G 35 mm<sup>2</sup>

$V = 230 \text{ V}$     $L = 45 \text{ m}$ .

$$R_{ph} = R_{pe} = \frac{\rho l}{S} = \frac{0,0225 \times 45}{35} = 0,028 \Omega$$

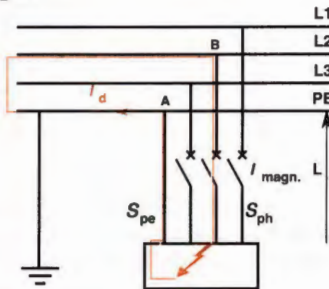
$$I_d = \frac{0,8 \times 230}{2 \times 28 \times 10^{-3}} = 3 \text{ 285 A}$$

$$U_C = R_{pe} I_d = 28 \times 10^{-3} \times 3 \text{ 285} = 92 \text{ V}$$

**92 volts est une tension dangereuse.**

SCHÉMAS TN  
MISE AU NEUTRE

### Contrôle par le calcul de la protection contre les contacts indirects en fonction de la longueur de la ligne



Appliquer la loi d'Ohm au seul départ concerné par le défaut avec les hypothèses suivantes :

- La tension entre la phase en défaut et le conducteur de protection PE ou PEN est prise égale à 80 % de la tension simple nominale. On néglige les réactances des conducteurs devant leur résistance.
- Le conducteur de protection chemine à côté des conducteurs de phases correspondants.
- Le calcul conduit à vérifier que la longueur du circuit est inférieure à la valeur donnée par la relation :

$$L_{\max} = \frac{0,8 \text{ V} \cdot S_{ph}}{\rho (1 + m) I_{\text{magn}} \text{ (ou } I_f)}$$

$$m = \frac{S_{ph}}{S_{pe}} = \frac{\text{Section des phases}}{\text{Section du conducteur de protection}}$$

$I_{\text{magn}}$  : courant (A) de fonctionnement du déclencheur magnétique du disjoncteur

$I_f$  : courant (A) de fusion du fusible

$$U_C : 0,8 \text{ V} \frac{m}{1 + m}, \quad I_d = \frac{U_{AB}}{R_{AB}}, \quad U_{AB} = 0,8 \text{ V}$$

$$R_{AB} : \rho L \left( \frac{1}{S_{pe}} + \frac{1}{S_{ph}} \right) = \rho \frac{1}{S_{ph}} (1 + m)$$

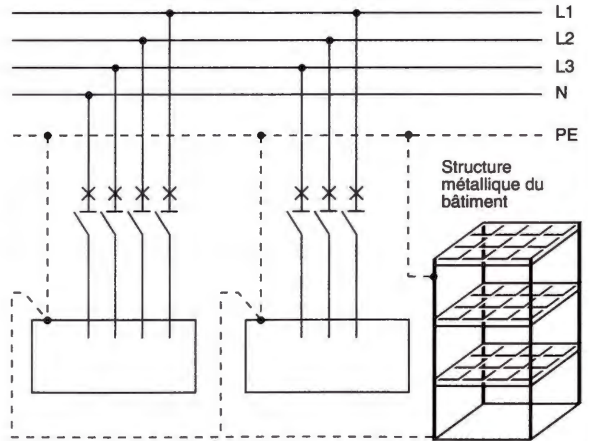
$I_d$  doit être supérieure à  $I_{\text{magn}}$  pour que la protection des personnes soit assurée, d'où :

$$I_{\text{magn}} < \frac{0,8 \text{ V} \cdot S_{ph}}{\rho L (1 + m)}$$

$$L_{\max} = \frac{0,8 \text{ V} \cdot S_{ph}}{\rho (1 + m) I_{\text{magn}}}$$

### Mise en œuvre

- Réaliser une liaison équipotentielle supplémentaire entre les divers éléments métalliques simultanément accessible.
- Cela permet d'abaisser la tension de contact  $U_d$  et donc de rendre le contact moins dangereux (vérification par des mesures obligatoires).
- Cette solution est onéreuse et difficile à mettre en œuvre (dans les installations existantes).



Utilisation d'une liaison équipotentielle supplémentaire

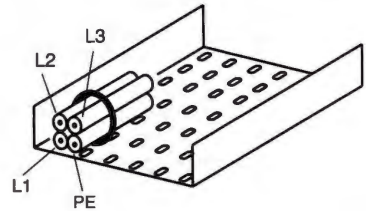
### - Sélectivité

Les études de sélectivité réalisées pour les courts-circuits triphasés sont applicables telles quelles pour les défauts d'isolement.

### Installation

#### • Disposition des conducteurs PEN et PE

- Le PE ou PEN doivent être disposés à proximité des phases sans interposition d'élément ferromagnétique.
- Dans le cas contraire, il n'est pratiquement pas possible de déterminer l'impédance de la boucle de défaut, et sa valeur ne peut être connue que par des mesures effectuées après réalisation de l'installation.
- C'est le cas par exemple d'un parcours de courant de défaut intégrant des charpentes métalliques.



#### • Frettage

- Le PE ou PEN étant parcouru par de forts courants de défaut, il faut s'assurer de sa tenue aux contraintes électrodynamiques.
- Le frettage du PE ou PEN doit donc être réalisé de manière à résister à la contrainte mécanique maximale que subira le câble pendant le courant de défaut.

#### • Valeur de l'impédance de la boucle de défaut

- Elle doit être constante durant toute la durée de vie de l'installation.
- En cas de modifications trop nombreuses de celle-ci, le calcul de l'impédance de boucle n'est plus possible et la mesure sur site devient difficile. On peut, en utilisant le schéma TN-S, installer un DDR en tête d'extension pour garantir la détection du défaut d'isolement.

Il faut aussi se prémunir contre la dérive dans le temps des caractéristiques des composants du PEN.

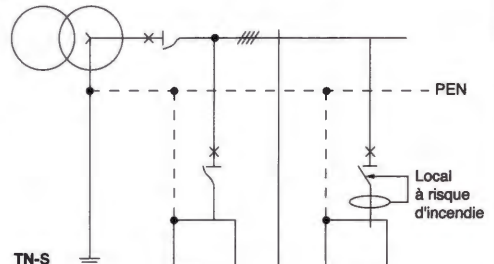
- Par exemple, après un défaut d'isolement, il est conseillé de vérifier le bon serrage des connexions des conducteurs PEN ayant subi le courant de court-circuit.

#### • Spécificités du SLT TN

- Locaux à risque d'incendie ou d'explosion
- La norme NF C 15-100 (§ 482-2-10) impose l'emploi de DDR dont la sensibilité ne dépasse pas 500 mA dans tous les locaux classés à risque d'incendie ou à risque d'explosion (classés BE2 ou BE3).

#### - Dans ce type de locaux :

- le schéma TN-C est rigoureusement interdit, car le PEN est connecté aux structures métalliques des bâtiments. Elles sont donc traversées en permanence par le courant de déséquilibre du neutre. Ce courant entraîne une corrosion des boulons ou rivets de fixations de cette structure ce qui, après un certain temps, peut conduire à l'apparition d'étincelles pouvant déclencher un incendie ou une explosion selon l'environnement
- si le schéma TN-S est utilisé, une protection par DDR en tête du local est obligatoire. Sa sensibilité sera réglée au maximum égale à 500 mA (norme NF C 15-100. § 482.2.10). Un DDR ne limitant pas les courants de défaut, le schéma TN-S reste déconseillé pour ce type d'application.



I : Neutre isolé ou impédant.  
 T : Interconnexion des masses et liaisons à une prise de terre.

**TECHNIQUE D'EXPLOITATION**

- Elle nécessite :
- une signalisation du premier défaut d'isolement ;
  - une recherche et une élimination obligatoires du défaut ;
  - une coupure pour deux défauts d'isolement simultanés sur des phases différentes.

**TECHNIQUE DE PROTECTION DES PERSONNES**

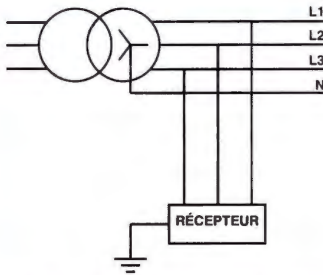
- Elle nécessite :
- l'interconnexion et la mise à la terre des masses ;
  - une surveillance du premier défaut par un contrôleur permanent d'isolement ;
  - une coupure au deuxième défaut par une protection de surintensité (disjoncteur ou fusibles).

**PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES**

- Solution assurant la meilleure continuité de service en exploitation ;
- La signalisation du premier défaut d'isolement, suivie de sa recherche et de son élimination, permet une prévention systématique contre tout risque d'électrocution.
- Nécessite un personnel d'entretien pour la surveillance en exploitation.
- Nécessite un bon niveau d'isolement du réseau ;
- La vérification des déclenchements pour deux défauts simultanés doit être effectuée à l'étude par les calculs et obligatoirement à la mise en service par des mesures.

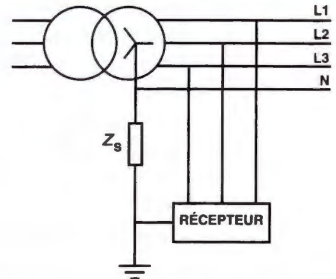
**SCHEMAS DU RÉGIME IT**

**NEUTRE ISOLÉ**



Aucune liaison électrique n'est réalisée intentionnellement entre le point neutre du transformateur et la terre.

**NEUTRE IMPÉDANT**

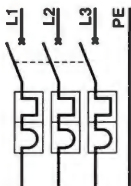


Une impédance  $Z_s$  de l'ordre de 1 000 à 2 000  $\Omega$  est insérée entre le point neutre du transformateur et la terre.

**4.3.3.  
 SCHÉMA IT  
 NEUTRE ISOLÉ  
 OU IMPÉDANT**

**DISJONCTEURS ASSURANT À LA FOIS LES FONCTIONS DE PROTECTION, DE COMMANDE ET DE SECTIONNEMENT**

**Neutre non distribué  
 Triphasé + PE**



**Neutre distribué  
 Triphasé + N + PE**

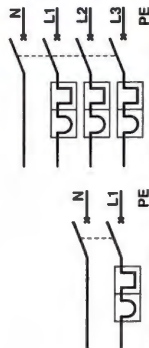
$S_n = S_{ph} \Rightarrow$  schéma **B**  
 ou **A** si conditions 4 et 5 (§ 4.3.4).

$S_n < S_{ph} \Rightarrow$  schéma **B** avec  
 condition 3 (§ 4.3.4) ou  
 schéma **A** si conditions 1, 2 et 3.

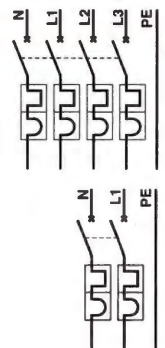
**Phase + N + PE**

$S_n = S_{ph} \Rightarrow$  schéma **B**  
 ou **A** si conditions 4 et 5 (§ 4.3.4).

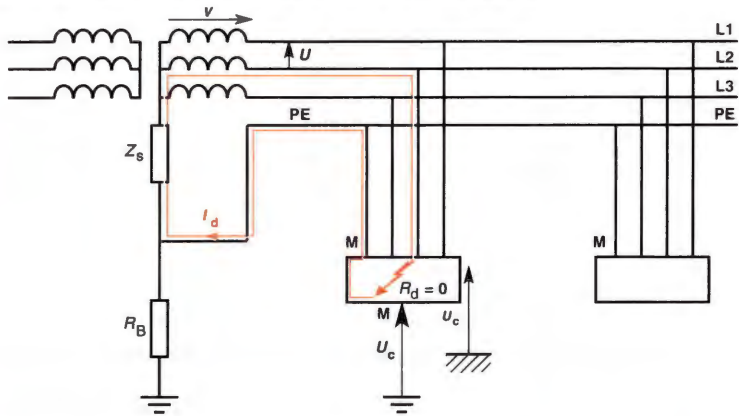
**Schéma A**



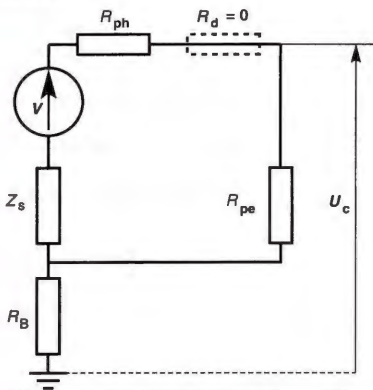
**Schéma B**



### Détermination du courant de défaut dans le cas du premier défaut



### Schéma équivalent



$$I_d = \frac{V}{R_{ph} + R_{pe} + Z_s}$$

$$R_{ph} + R_{pe} \leq Z_s$$

$$\text{si } Z_s = 4\,000 \, \Omega \Rightarrow I_d = \frac{230}{4\,000} \approx 0,060 \, \text{A}$$

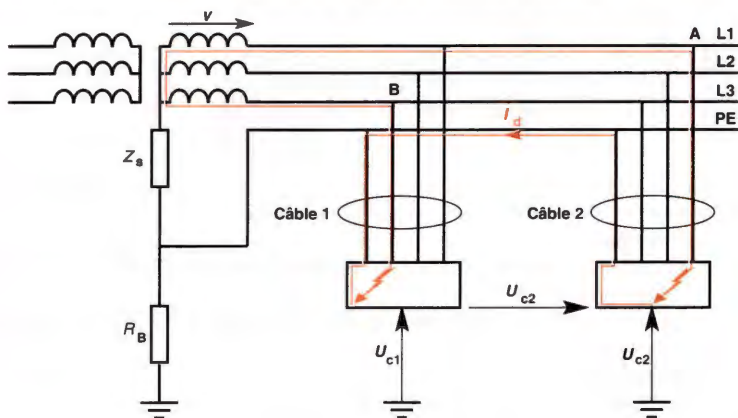
$$U_C = R_{pe} \cdot I_d \approx 0 \, \text{V}$$

$$\text{Exemple : } U_C = 0,1 \, \Omega \times 0,06 = 0,006 \, \text{V}$$

La tension  $U_C$  ne présente aucun danger.

Le courant de défaut  $I_d$  est trop faible pour déclencher les dispositifs de protection, l'installation n'est pas perturbée.

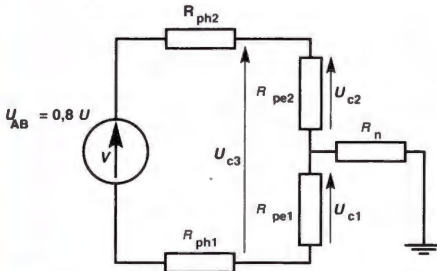
### Détermination du courant de défaut dans le cas d'un deuxième défaut



### Incidence d'un deuxième défaut

- Le deuxième défaut est équivalent à un court-circuit entre phases.
- Le courant de défaut n'est limité que par la résistance des câbles d'alimentation des machines, d'où une protection classique contre les courts-circuits.
- Les tensions de contact peuvent apparaître sur plusieurs points de l'installation ( $U_{c1}$ ,  $U_{c2}$ ,  $U_{c3}$ ).

### Schéma équivalent



$U_{AB}$  : tension entre phases

$$I_d = \frac{0,8 U}{R_{ph2} + R_{pe2} + R_{pe1} + R_{ph1}}$$

$$U_{c1} = R_{pe1} \cdot I_d$$

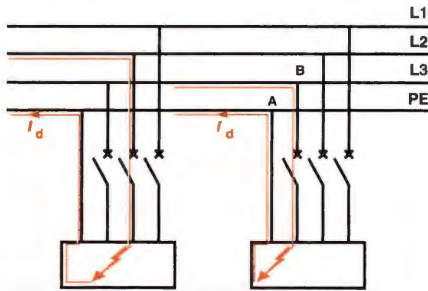
$$U_{c1} = R_{pe2} \cdot I_d$$

$$U_{c3} = (R_{pe1} + R_{pe2}) I_d$$

### SCHÉMA IT NEUTRE ISOLÉ OU IMPÉDANT

### Contrôle par le calcul de la protection contre les contacts indirects en fonction de la longueur de la ligne

#### – Régime IT



$$V_{AB} = \frac{0,8 V}{2}$$

– Le principe est le même qu'en schéma TN  
**Le conducteur neutre n'est pas distribué**  
(il n'existe pas de conducteur neutre au départ du transformateur d'alimentation)

$$L_{max} = \frac{0,8 U S_{ph}}{2 \rho (1 + m) I_{magn} \text{ (ou } I_f)}$$

$U$  : tension composée

$S_1$  :  $S_{ph}$  si le circuit considéré ne comporte pas de neutre.  $S$  neutre si le circuit comporte le neutre

$$U_c = \frac{0,8 U_m}{1 + m} \text{ (neutre non distribué)}$$

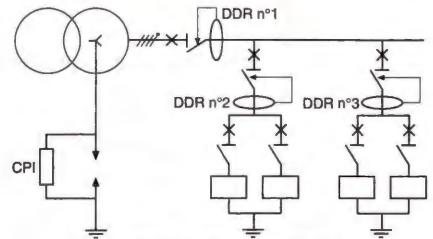
#### Le conducteur neutre est distribué

$$L_{max} = \frac{0,8 V S_1}{2 \rho (1 + m) I_{magn} \text{ (ou } I_f)}$$

$$\text{ou } \frac{0,8 U_m}{1 + m} \text{ (neutre distribué)}$$

### Cas de masses non interconnectées : utilisations des DDR

- Si la prise de terre du poste et des masses d'utilisation ne sont pas reliées, il faut placer un **DDR** en tête d'installation.
- De plus, si les masses d'utilisation ne sont pas toutes connectées à une même prise de terre, il faut placer un **DDR** par groupe d'équipement.



Un **DDR** en tête d'installation et par groupe de masses interconnectées.

#### Condition 1 :

La puissance absorbée entre phase et neutre est supérieure de 10 % de la puissance totale transportée.

#### Condition 2 :

Le courant maximal susceptible de traverser le neutre est inférieur au courant  $I_2$  admissible dans ce conducteur.

#### Condition 3 :

La protection du neutre est adaptée à sa section.

#### Condition 4 :

Le circuit considéré fait partie d'un ensemble de circuits terminaux :

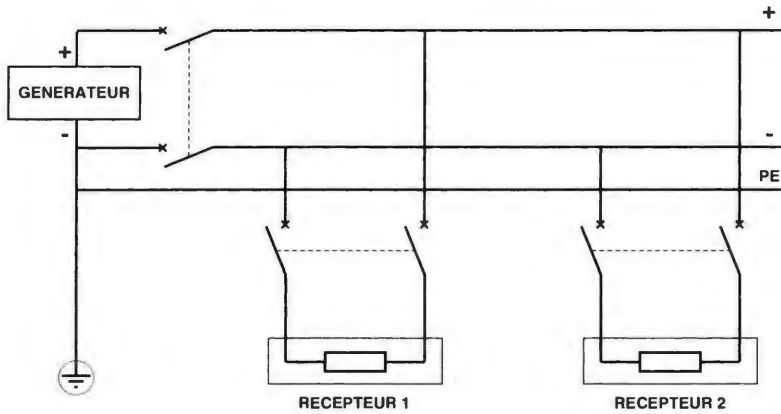
- protégés par des dispositifs dont les réglages (ou les calibres) ne diffèrent pas de plus du simple au double ;
- l'ensemble étant protégé en amont par un dispositif à courant différentiel résiduel dont la sensibilité est au plus égale à 15 % du courant admissible du plus faible des différents circuits.

#### Condition 5 :

Le disjoncteur est associé à un dispositif à courant différentiel résiduel.

### 4.3.4. CONDITIONS SUIVANT LES SCHÉMAS A OU B

### 4.3.5. RÉSEAUX À COURANT CONTINU (ISOLÉS DE LA TERRE)



**Le décret impose un dispositif de signalisation ou de déclenchement au défaut simple :**

(Le déclenchement est rarement utilisé, des raisons impérieuses d'exploitation le rendent très souvent impossible.)

• pour contrôler l'isolement global et signaler ou déclencher au défaut simple

Réseau à tension continue fixe (batterie d'accumulateurs...) un contrôleur permanent d'isolement.

• pour effectuer sous tension la recherche du défaut (amélioration des conditions d'exploitation) :

Un courant alternatif basse fréquence (généralement 10 Hz) est injecté :

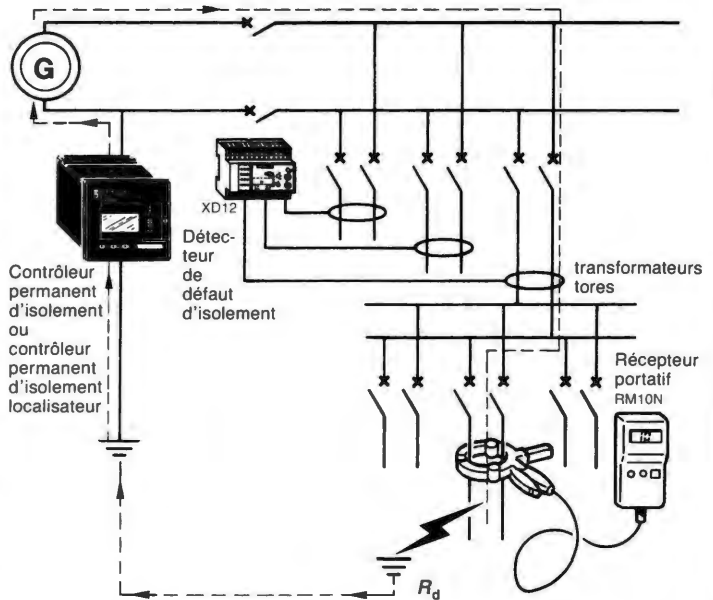
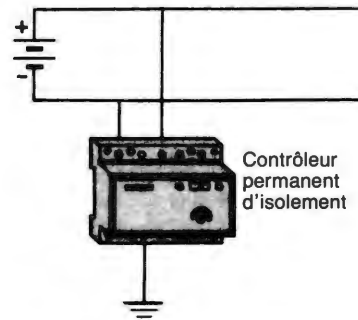
• soit par un contrôleur permanent d'isolement associé à des détecteurs XD1 ou XD12,

• soit par un contrôleur permanent d'isolement associé à des détecteurs XD1 ou XD12 sur les départs,

• soit par un contrôleur permanent d'isolement associé à des détecteurs XD1 ou XD12 ou à des localisateurs XL 108 ou XL 16,

• soit par un contrôleur permanent d'isolement localisateur.

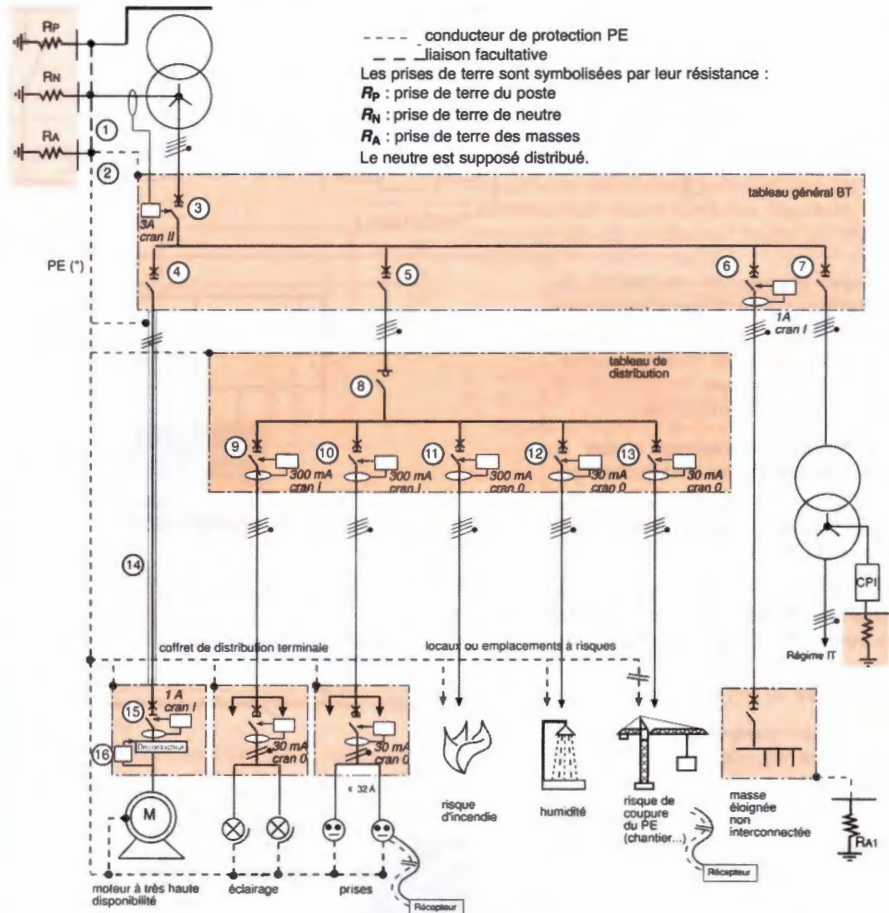
Le courant de défaut est détecté à l'aide de transformateurs tores installés sur les différents départs et reliés aux détecteurs XD1 ou XD12 qui signalent le départ en défaut ou reliés aux localisateurs XL08 ou XL16 qui signalent le départ en défaut et mesurent le niveau d'isolement.



**Note :** Le récepteur portatif RM10N et ses pinces ampèremétriques sont compatibles avec tous les appareils cités dans cette page.

## 4.4. EXEMPLES D'APPLICATION

Le schéma ci-dessous présente un exemple d'installation avec mise en œuvre du **schéma IT**.  
 Les numéros mentionnés se reportent à un élément du schéma (prises de terre, TGBT, protection générale, départ, tableau, coffrets...) et renvoient aux explications développées à la suite.  
 Ces explications rappellent, pour l'élément de schéma concerné, les recommandations de mise en œuvre du **schéma TT**.  
 D'autres aspects (surtensions, CEM) sont traités à la suite.



### 4.4.1. SCHÉMA TT NEUTRE À LA TERRE

(\*) Le PE représenté séparé des conducteurs actifs dans le schéma pour des raisons de clarté, doit cheminer près de ces conducteurs pour réduire la surface des boucles de masse préjudiciables à une bonne comptabilité électromagnétique.

#### Principe général

##### - Prises de terre (1)

- Le neutre de la source est relié directement à la terre par la prise de terre du neutre  $R_N$ , distincte ou non de la prise de terre du poste  $R_p$
- Les masses sont reliées à une prise des masses  $R_A$ , en général distincte de  $R_N$
- Selon l'interconnexion des prises on a :
  - 3 prises séparées (**schéma TT-S**) :  $R_p$ ,  $R_N$  et  $R_A$ , cas le plus fréquent
  - 2 prises séparées (**schéma TT-N**) :  $R_{pN}$ , résistance équivalente à  $R_p$  et  $R_N$  interconnectées,  $R_A$  étant distincte
  - les 3 prises interconnectées (**schéma TT-R**) : résistance  $R_{pNA}$ , ce qui revient à un **schéma TN**. Mais, dans ce cas, les conditions d'impédance de boucle et d'équipotentialité du PE imposées en **schéma TN** ne sont pas exigées.
- Ces diverses possibilités d'interconnexion sont symbolisées par la liaison en pointillés  $R_p - R_N - R_A$ .

### - Conducteur PE (2)

- Toutes les masses protégées par un même dispositif de coupure doivent être reliées au même système de mise à la terre, d'où le cheminement et les connexions du **PE** depuis  $R_A$ , à l'exception du coffret du départ (6), relié à  $R_{A1}$ .

### T.G.B.T (Transformation Général Basse Tension)

#### - Protection générale (3)

- La norme **NF C 15-100** impose un **DDR** (Dispositif Différentiel Résiduel) en tête d'installation, car l'intensité d'un défaut d'isolement est en général trop faible pour déclencher l'ouverture du disjoncteur du fait des résistances  $R_A$  et  $R_N$  (ou  $R_{PN}$ ) dans la boucle de défaut. Le **DDR** doit vérifier :

- sensibilité  $I_{\Delta n} \leq 50 \text{ V}/R_A$  (conditions sèches) ou **25  $\text{V}/R_A$**  (§ 4.3.1.)  
Si on suppose  $R_A = 10 \Omega$ , d'où  $I_{\Delta n} \leq 5 \text{ A}$ , on peut choisir un **DDR 300 mA**

- On prendra toutefois ici un **DDR 3 A** afin d'être sélectif avec les **DDR** :

- **300 mA** imposé en protection incendie sur le départ (11)
- **1 A** de la protection moteur (15)
- temporisation possible jusqu'à **1 s** (admis par la norme pour les circuits de distribution où le risque est réduit, afin de faciliter la sélectivité (voir p. 101).

- Toutefois cette valeur peut être limitée par la sélectivité avec la **HTA**

- tore autour de la connexion entre point neutre et terre.
- il est possible de déroger à la règle du **DDR** en tête d'installation si la liaison entre le disjoncteur de tête et les départs principaux est de **classe 2** (sous conduit isolant). Il faut alors un **DDR** sur chaque départ aval.

#### - Protection départs principaux (4) à (7)

- Sur le départ (6) la norme impose un **DDR** car les masses d'utilisation des récepteurs protégés sont connectées à une prise de terre  $R_{A1}$  distincte de  $R_A$  ; sa sensibilité est  $I_{\Delta n} \leq 50 \text{ V}/R_A$  (si  $R_{A1} > R_A$ , sinon  $\leq 50 \text{ V}/R_{A1}$ )

- Avec, pour cet exemple,  $R_{A1} = 10 \Omega$ , on peut prendre un **DDR 1 A cran 1** afin d'être sélectif avec d'éventuels **DDR** situés en aval

- Le départ (7) protège un transformateur d'isolement permettant de changer ce **SLT** ; pour passer par exemple à un **schéma IT (ou aussi TN)**

### Tableau de distribution

#### - Commande tableau et protection départs secondaires (8) à (13)

- Départ (10) : le coffret aval comporte des départs  $\leq 32 \text{ A}$  de circuits prises de courant ; la norme **NF C 15-100 chapitre 53 § 532.26** impose des **DDR-HS 30 mA** sur ces départs. Cela conduit à réaliser, pour une meilleure continuité de service, une sélectivité à trois niveaux entre la protection générale (3), le départ (10) et les **DDR-HS**. Les règles sont, pour la sélectivité.

- ampèremétrique : seuil du **DDR aval**  $\leq$  moitié du seuil du **DDR amont**, à appliquer aux seuils normalisés disponibles (**30, 100, 300 mA et 1 A**)

- chronométrique : l'étagement des crans : **0** (instantané), **I**, **II**.

- départ (11) local à risque d'incendie : en **schéma TT** correctement exploité ce risque est très faible. Toutefois, la norme **NF C 15-100** impose l'installation d'un **DDR à seuil  $\leq 500 \text{ mA}$  (ex : 300 mA)** pour améliorer la sécurité

- départ (12) vers local humide (ex : salle d'eau, piscine) et départ (13) vers emplacement avec risque de coupure du **PE** (ex : chantier) : un **DDR-HS 30 mA** est obligatoire pour la sécurité des personnes.

### Coffrets

#### - Coffret moteur (14) (15)

- Le départ (4) alimente un moteur à très haute disponibilité. Pour ce type d'utilisation les normes imposent :
  - une liaison directe (14) avec le **TGBT**. Elle est réalisée, par exemple, avec une liaison Canalis pour procurer une meilleure protection vis-à-vis des défauts d'isolement

- l'utilisation d'un dispositif de contrôle d'isolement hors tension (16)

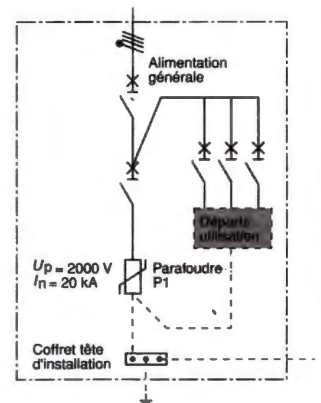
- Une protection différentielle améliore la continuité de service par sélectivité avec le **DDR** du départ (3). Elle doit tenir compte des courants de démarrage du moteur. Un seuil de moyenne sensibilité (**1 A**) est recommandé avec une légère temporisation (cran I).

### Surtensions

Un défaut sur la **HT**, peut avoir des répercussions pour les équipements sensibles électroniques, à tenue d'isolement faible.

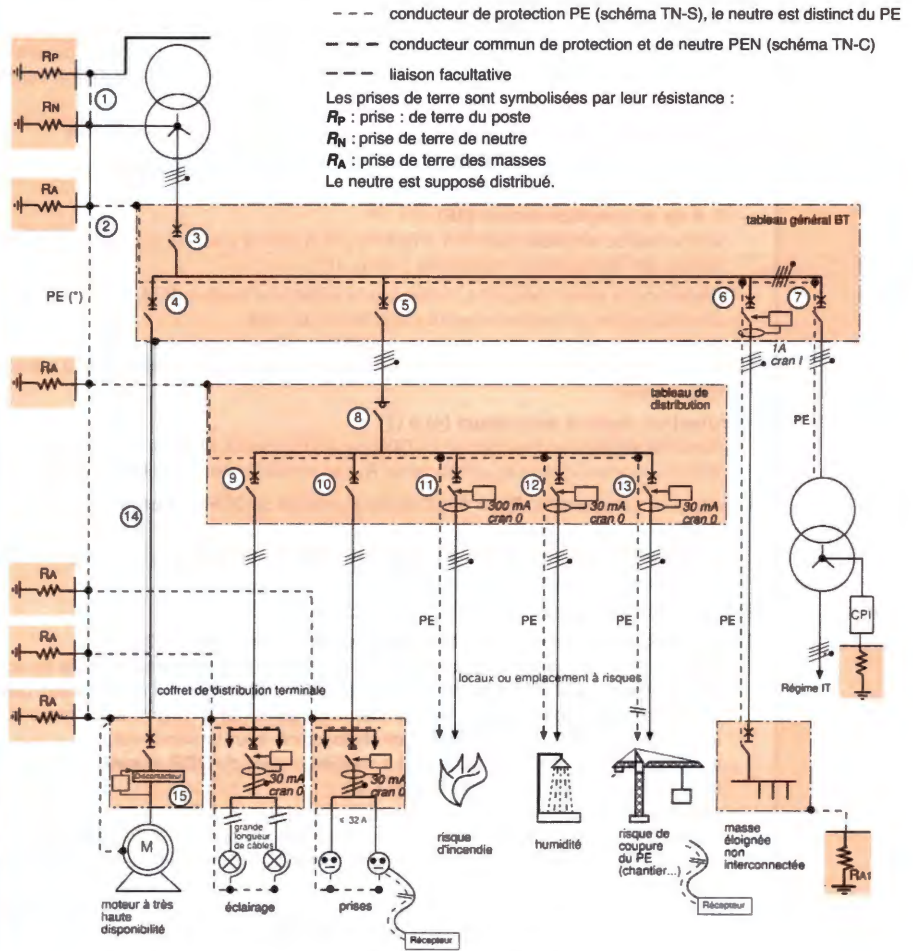
Ainsi :

- utiliser un parafoudre en mode différentiel (**Ph-N**) ou commun (**Ph-Ph**) au plus près des équipements sensibles pour éliminer les surtensions (foudre au sol). Voir exemple de montage sur la figure ci-contre.



Le schéma ci-dessous présente un exemple d'installation avec mise en œuvre du **schéma TN**. Les numéros mentionnés se reportent à un élément du schéma (prises de terre, TGBT, protection générale, départ, tableau, coffrets...) et renvoient aux explications développées à la suite. Ces explications rappellent, pour l'élément de schéma concerné, les recommandations de mise en œuvre du **schéma TT**.

D'autres aspects (**surtensions, CEM**) sont traités à la suite.



Exemple de schéma TN

(\*) Le PEN, représenté séparé des conducteurs actifs dans le schéma pour des raisons de carte, doit cheminer près de ces conducteurs pour réduire la surface des boucles de masse préjudiciables à une bonne compatibilité électromagnétique.

### Principe général

#### – Prises de terre (1)

- Le neutre de la source est relié directement à la terre et aux masses par la prise de terre du neutre  $R_N$  : cette prise de terre peut être connectée à celle du poste  $R_P$ .
- Les masses sont reliées à la terre par le conducteur de protection PE.
- Selon la disposition du neutre N et du conducteur de protection PE on a :
  - schéma TN-S : un conducteur de protection PE séparé du neutre N
  - schéma TN-C : les fonctions de neutre et de protection combinées en un seul conducteur appelé PEN
  - schéma TN-C-S : TN-C amont (obligatoire), TN-S pour des parties en aval.

#### – Conducteur de protection (2)

- Le conducteur de protection (PE ou PEN) est maintenu à un potentiel proche de celui de la terre par des liaisons en de nombreux points (prises  $R_A$ ). Par exemple dans un atelier, le PE est relié aussi souvent que possible à la structure du bâtiment.
- Nous prenons ici le cas d'une installation TN-C-S, d'où la distinction des cheminements du PEN et du PE dans certaines portions d'installation.

## 4.4.2. SCHEMAS TN MISE AU NEUTRE

### - Impédances de boucle

- Le raccordement des masses au neutre, donc à la terre, transforme tout défaut d'isolement en court-circuit phase-neutre qui sollicite les protections de surintensité des disjoncteurs.
- La **norme NF C 15-100** impose, pour chaque départ, le calcul des impédances de boucle de défaut d'isolement pour s'assurer du déclenchement des protections sur ce type de défaut. En pratique ceci revient à ne pas dépasser une longueur maximale de câble en aval de la protection du départ concerné (voir § 4.3.2.) Le déclenchement doit être vérifié par des essais lors de la mise en service.
- Il est possible de s'affranchir des conditions précédentes en utilisant des dispositifs différentiels résistifs en tête des départs.

### TGBT (Transformateur Général Basse Tension)

#### - Protection générale (3)

- La protection générale est assurée par les protections de surintensité d'un disjoncteur avec vérification ou déclenchement par la longueur maximale de câble à ne pas dépasser en aval.

#### - Protection départs principaux (4) à (7)

- Les départs (4) et (5) sont protégés suivant le principe indiqué pour la protection générale.
- Sur le départ (6) la norme impose un **DDR**, car les masses d'utilisation des récepteurs protégés sont connectées à une prise de terre  $R_{A1}$  distincte de  $R_A$  ; sa sensibilité est  $I_{\Delta n} \leq 50 V/R_{A1}$ . Pour installer correctement ce différentiel, il faut passer en **régime TT** avec neutre. Le neutre doit traverser, le tore et le **PE**, distinct, doit être l'extérieur du tore.

Avec, pour cet exemple,  $R_{A1} = 10 \Omega$ , on peut prendre un **DDR 1 A cran I** afin d'être sélectif avec d'éventuels **DDR** situés en aval.

- Le départ (7) est en **schéma TN-S**, après désolidarisation du **PEN** en un neutre et un **PE**. Il protège ainsi un transformateur d'isolement qui permet de changer de **SLT** et de passer, par exemple, à un **schéma IT** (ou **TT**).

### Tableau de distribution

#### - Commande tableau et protection départs secondaires (8) à (13)

- Départ (11) local à risque d'incendie ou d'explosion, la **norme NF C 13-100** :
  - interdit le **schéma TN-C**, il faut donc distribuer le neutre et passer en **TN-S**
  - impose l'installation d'un **DDR** à seuil  $\leq 500 \text{ mA}$  (ex : **300 mA cran 0**)
- Départ (12) vers local humide (ex : salle d'eau, piscine) : un **DDR-HS 30 mA** est obligatoire pour la sécurité des personnes. Le passage préalable en **TN-S** (par désolidarisation du **PEN** en un neutre et un **PE**) permet l'installation correcte du différentiel (**PE** à l'extérieur du tore).
- Départ (13) vers emplacement avec risque de coupure du **PE** : (ex : chantier ou conducteurs de section  $\leq 10 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ , ou  $\leq 16 \text{ mm}^2 \text{ Alu}$ )
  - un **DDR-HS 30 mA** est obligatoire pour la sécurité des personnes
  - la norme impose, pour réduire le risque de rupture d'un **PEN** de faible section, de séparer le neutre du **PE** pour des conducteurs de section  $\leq 10 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ , ou  $\leq 16 \text{ mm}^2 \text{ Alu}$ .
  - Le passage en **TN-S** est donc obligatoire.

### Coffrets

#### - Coffret moteur (14) (15)

- Le départ (4) alimente un moteur à très haute disponibilité. Pour ce type d'utilisation les normes imposent :
  - une liaison directe (14) avec le **TGBT**. Elle est réalisée, par exemple avec une liaison Canalis pour procurer une meilleure protection vis-à-vis des défauts d'isolement
  - l'utilisation d'un dispositif de contrôle d'isolement hors tension (15)

#### - Coffret éclairage

- Le coffret d'éclairage, alimenté par le départ (9), comporte des départs avec une grande longueur de câble excédant celle autorisée par le calcul des impédances de boucle ; la **norme NF C 15-100** impose des **DDR-HS 30 mA** sur les départs. Leur installation amène à passer en **TN-S**.

#### - Coffret prises

- Le coffret d'alimentation de prises, alimenté par le départ (10) comporte des départs « 32 A de circuits prises de courant. La **norme NF C 15-100 chapitre 53 § 532.26** impose des **DDR-HS 30 mA** sur les départs prises  $\leq 32 \text{ A}$ . Leur installation amène à passer en **TN-S**.

### Rappel sur les risques du TN-C en présence d'harmoniques

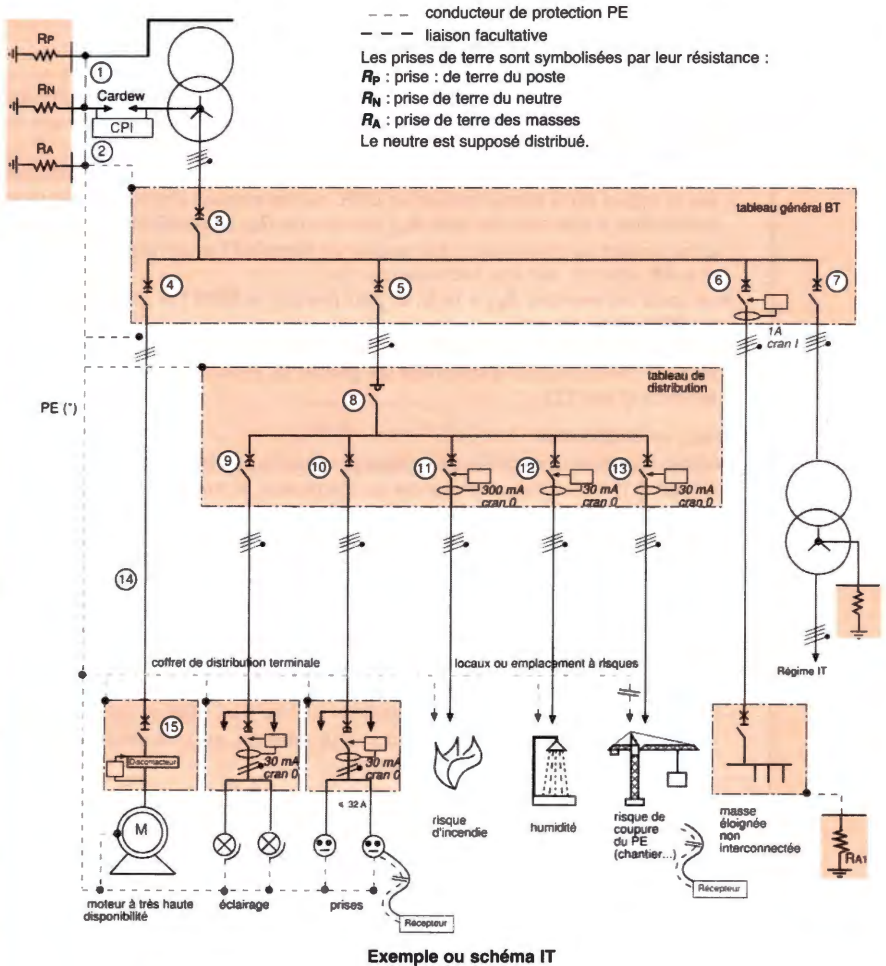
En **régime TN-C** les courants harmoniques de rang 3 et multiples circulent dans le **PEN**. Ils créent une chute de tension le long de ce conducteur et empruntent des chemins non maîtrisés (blindages, structures métalliques...), par les connexions du **PEN** à la structure métallique du bâtiment.

Ceci génère deux types de problèmes :

- des courants perturbateurs dans les masses des matériels qui peuvent affecter le fonctionnement de systèmes électroniques communicants (par exemple un micro-ordinateur et une imprimante)
- des rayonnements électromagnétiques perturbateurs dans les chemins de câbles et certaines structures car la somme vectorielle des courants (**3 Ph + PEN**) n'y est plus nulle.

A noter que, en **schéma TNC-S** comportant une portion de **TN-C** en amont, le courant peut circuler en boucle dans les masses de la portion **TN-S**. Le **schéma TN-C** est donc à éviter en présence d'harmoniques.

- Le schéma ci-dessous présente un exemple d'installation avec mise en œuvre du schéma IT.
- Les numéros mentionnés se reportent à un élément du schéma (prises de terre, TGBT, protection générale, départ, tableau, coffrets...) et renvoient aux explications développées à la suite.
- Ces explications rappellent, pour l'élément de schéma concerné, les recommandations de mise en œuvre du schéma IT.
- D'autres aspects (surtensions, CEM) sont traités à la suite.



(\*) Le conducteur PE, représenté séparé des conducteurs actifs dans le schéma pour des raisons de clarté, doit cheminer près de ces conducteurs pour réduire la surface des boucles de masse préjudiciables à une bonne compatibilité électromagnétique.

### Principe général

#### - Prises de terre (1)

- Le neutre de la source est isolé de la terre, ou raccordé à la terre par une impédance élevée (neutre impédant). Dans cet exemple, le neutre est isolé, la prise de terre du neutre  $R_N$ , distincte ou non de la prise de terre du poste  $R_p$ , n'est pas raccordée au neutre. Ce dernier est distribué.
- Les masses sont reliées à une prise des masses  $R_A$ , en général identique à  $R_N$ .
- Les prises de terre  $R_p$ ,  $R_N$  et  $R_A$  sont ou non interconnectées (liaison en pointillés).

#### – Conducteur de protection (2)

- Toutes les masses protégées par un même dispositif de coupure doivent être reliées au même système de mise à la terre, d'où le cheminement et les connexions du conducteur PE depuis  $R_A$  à l'exception du coffret départ (6), relié à  $R_{A1}$ .

#### – Défaut simple : non déclenchement et CPI

- Le fort isolement du réseau par rapport à la terre fait que, lors d'un « premier défaut d'isolement », le courant de fuite est suffisamment faible pour ne pas être dangereux. L'exploitation peut continuer.
- Toutefois, la norme impose la présence en tête de l'installation :
  - d'un CPI (contrôleur permanent d'isolement) permettant au moins la signalisation (sonore ou visuelle) du défaut
  - d'un limiteur de surtension à fréquence industrielle (**Exemple** : Cardew).
- Un système de recherche de défaut sous tension est souhaitable pour bénéficier au mieux des avantages de continuité de service du schéma IT. Plusieurs systèmes sont possibles : pince + tore mobile, ou dispositif de recherche associé à des tores placés sur les départs principaux (voir exemples p. 110)

#### – Défaut double

- Un défaut double se ramène à un défaut phase-terre comme pour un schéma TN. La norme NF C 15-100 impose donc, pour chaque départ comme en TN, le calcul des impédances de boucle de défaut d'isolement pour s'assurer du déclenchement des protections sur ce type de défaut.
- En pratique ceci revient à ne pas dépasser une longueur maximale de câble en aval de la protection du départ concerné (§ 4.3.3)
- Le déclenchement doit être vérifié par des essais lors de la mise en service.

#### TGBT (Transformateur Général Basse Tension)

##### – Protection générale (3)

- Elle est réalisée par les protections de surintensité du disjoncteur qui doivent déclencher le disjoncteur en cas de double défaut d'isolement.
- Cela amène à vérifier les longueurs maximales de câbles à ne pas dépasser en aval de la protection (§ 4.3.3)

##### – Protection départs principaux (4) à (7)

- La protection sur les départs (4) à (7) est réalisée suivant le principe indiqué pour la protection générale.
- Sur le départ (6) la norme impose un DDR car les masses d'utilisation des récepteurs protégés sont connectées à une prise de terre  $R_{A1}$  distincte de  $R_A$ . Sa sensibilité  $I_{\Delta n}$  doit être :
  - supérieure au courant de défaut (continuité de service)
  - telle que  $I_{\Delta n} \leq 50 V/R_{A1}$  (si  $R_{A1} > R_A$ , sinon  $\leq 50 V/R_A$ ) (protection des personnes).
- Avec, pour cet exemple,  $R_{A1} = 10 \Omega$ , on peut prendre un DDR 1 A cran I afin d'être sélectif avec d'éventuels DDR situés en aval.
- Le départ (7) protège un transformateur d'isolement permettant de changer de SLT, pour passer par exemple à un schéma TT (ou aussi TN).

#### Tableau de distribution

##### – Commande tableau et protection départs secondaires (8) à (13)

- Départ (11) local à risque d'incendie : la norme NF C 15-100 impose l'installation d'un DDR à seuil  $\leq 500 \text{ mA}$  (**Exemple** : 300 mA) pour améliorer la sécurité.
- Départ (12) vers local humide (ex : salle d'eau, piscine) et départ (13) vers emplacement avec risque de coupure du PE (**Exemple** : chantier) : un DDR-HS 30 mA est obligatoire pour la sécurité des personnes.
- Départ (13) vers emplacement avec risque de coupure du conducteur PE : (**exemple** : chantier ou conducteurs de section  $\leq 10 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ , ou  $\leq 16 \text{ mm}^2 \text{ Alu}$ )
  - un DDR-HS 30 mA est obligatoire pour la sécurité des personnes
  - la norme impose, pour réduire le risque de rupture d'un PEN de faible section, de séparer le neutre du conducteur PE pour des conducteurs de section  $\leq 10 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$ , ou  $\leq 16 \text{ mm}^2 \text{ Alu}$ .

#### Coffrets

##### – Coffret moteur (14) (15)

- Le départ (4) alimente un moteur à très haute disponibilité, d'où :
  - une liaison directe (14) avec le TGBT. Elle est réalisée, par exemple, avec une liaison Canalis pour procurer une meilleure protection vis-à-vis des défauts d'isolement ;
  - l'utilisation d'un dispositif de contrôle d'isolement hors tension (15)

##### – Coffret prises

- Le coffret éclairage alimenté par le départ (10) comporte des départs  $\leq 32 \text{ A}$  de circuits prises de courant ; la norme NF C 15-100 chapitre 53 § 532.26 impose des DDR-HS 30 mA sur les départs prises  $\leq 32 \text{ A}$ .

## Autres aspects

### • Surtensions

– Un défaut sur la **HT**, peut avoir des répercussions pour les équipements sensibles électroniques, à tenue d'isolement faible.

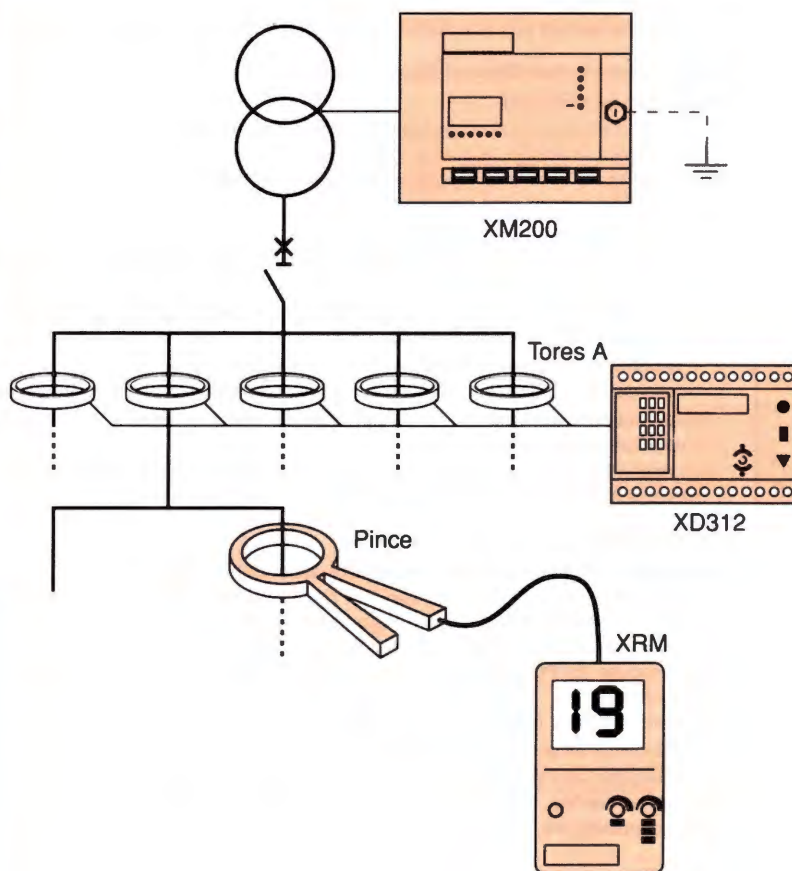
Ainsi, outre le limiteur de surtension de tête, il faut :

- que les appareils sensibles tiennent la tension composée en mode commun (situation de premier défaut d'isolement)
- utiliser un parafoudre en mode différentiel (**Ph-N**) ou commun (**Ph-Ph**) au plus près des équipements sensibles pour éliminer les surtensions (foudre au sol). Voir exemple de montage dans le chapitre 9.10.

### • CEM (Compatibilité électromagnétique)

– Réduire les boucles de masse entre conducteurs actifs et **PE** pour diminuer l'influence des rayonnements électromagnétiques (CEM). Le **PE** représenté séparé des conducteurs actifs dans le schéma pour des raisons de clarté, doit cheminer près de ces conducteurs et avec des liaisons aux barrettes de terre des tableaux et coffrets qui limitent ces boucles.

## Exemple de système de recherche de premier défaut d'isolement en schéma IT



– Exemple de recherche du premier défaut d'isolement en **schéma IT** par **Vigilohm** system :

- **XM200** : CPI injectant un signal de recherche **BF (2,5 Hz)**
- **XD312** : Détecteur automatique de défaut et ses tores
- **XRM** : Dispositif de recherche mobile de défaut avec pince ampèremétrique.

## 4.5. CHOIX D'UN SCHÉMA DES LIAISONS À LA TERRE

### 4.5.1. INTRODUCTION

Sur le plan de la protection des personnes, les 3 schémas sont équivalents si l'on respecte toutes les règles d'installation et d'exploitation.

Étant donné les caractéristiques spécifiques à chaque régime, il ne peut donc être question de faire un choix a priori.

Ce choix doit résulter d'un concertation entre l'utilisateur et le concepteur de réseau sur :

- 1) les caractéristiques de l'installation,
- 2) les conditions et les impératifs d'exploitation.

Il est illusoire de vouloir exploiter un réseau à neutre isolé dans une partie d'installations qui par nature possède un niveau d'isolement faible (quelques milliers d'ohms) : installations anciennes, étendues, avec lignes extérieures... De même il serait contradictoire dans une industrie où la continuité de service est impérative et les risques d'incendie importants de choisir une alimentation avec mise au neutre.

S'assurer que l'installation ne se trouve pas dans un des cas où le schéma des liaisons à la terre est imposé ou recommandé par la législation (décrets, arrêtés ministériels).

TT  
NEUTRE  
À LA TERRE



- Bâtiment alimenté directement par un réseau de distribution publique BT (domestique, petit tertiaire, petit atelier).
- Arrêté interministériel du 13.2.70.

4.5.2.  
MÉTHODOLOGIE  
POUR CHOISIR  
UN SCHÉMA  
DES LIAISONS  
À LA TERRE

IT  
NEUTRE  
ISOLÉ



- Règlement de sécurité contre les risques de panique et d'incendie dans les lieux recevant du public.
- IT médical NF C 15-211.

IT ou TT  
NEUTRE  
ISOLÉ  
OU NEUTRE  
À LA TERRE



- Circuits de sécurité (éclairage) soumis au décret de protection des travailleurs.
- Arrêté ministériel du 10.11.76 relatif aux circuits et installations de sécurité (publié au JO du 1.12.76).

- Décret n° 76-48 du 9.1.76.
- Circulaire du 9.1.76 et règlement sur la protection du personnel sur les mines et les carrières, annexée au décret : 76-48.

Entretien assuré par un personnel électricien qualifié

OUI

**Continuité de service primordiale**  
**OUI**

neutre isolé (IT)  
Combiné à d'autres mesures éventuelles (normes secours, sélectivité des protections, localisation et recherche automatique du premier défaut...) il constitue le moyen le plus sûr pour éviter au maximum les coupures en exploitation.

**Exemples :**

- industries où la continuité de service est prioritaire pour la conservation des biens ou des produits (sidérurgie, industries alimentaires) ;
- exploitation avec circuits prioritaires de sécurité : immeubles grande hauteur, hôpitaux, établissements recevant du public ;
- laboratoires, plates-formes d'essais.

NON

aucun schéma n'est satisfaisant du fait de l'incompatibilité entre ces deux critères.

**NON**

neutre isolé (IT)  
neutre à la terre (TT)  
mise au neutre (TN)  
Choix définitif après examen :

- des caractéristiques de l'installation (nature du réseau, des récepteurs...)
- du degré de complexité de mise en œuvre de chaque schéma ;
- du coût de chaque schéma (à l'étude, à l'installation, à la vérification, à l'exploitation).

neutre à la terre (TT)  
le plus simple à mettre en œuvre, à contrôler, à exploiter (en particulier si des modifications d'installation sont envisagées en exploitation).

4.5.3.  
SCHÉMA  
DES LIAISONS  
À LA TERRE  
RECOMMANDÉ  
EN FONCTION  
DES IMPÉRATIFS  
ET DES  
CONDITIONS D'EX-  
PLOITATION

**4.5.4.  
INFLUENCE  
DES RÉSEAUX  
ET DES  
RÉCEPTEURS  
SUR LE CHOIX  
DU SCHEMA  
DES LIAISONS  
À LA TERRE**

		CONSEILLÉ	POSSIBLE	DÉCONSEILLÉ
<b>nature du réseau</b>				
réseau très étendu avec bonnes prises de terre des masses d'utilisation (10 Ω maxi)			TT, TN, IT <sup>(1)</sup> ou mixage	
réseau très étendu avec mauvaises prises de terre des masses d'utilisation (> 30 Ω)		TT	TNS	IT <sup>(1)</sup> TNC
réseau perturbé (zone orageuse) (ex. : réémetteur télé ou radio)		TN	TT	IT <sup>(2)</sup>
réseau avec courants de fuite importants (> 500 mA)		TN <sup>(4)</sup>	IT <sup>(4)</sup> TT <sup>(3) (4)</sup>	
réseau avec lignes aériennes extérieures		TT <sup>(5)</sup>	TN <sup>(5) (6)</sup>	IT <sup>(6)</sup>
groupe électrogène de sécurité		IT	TT	TN <sup>(7)</sup>
<b>nature des récepteurs</b>				
récepteurs sensibles aux grands courants de défaut (moteurs...)		IT	TT	TN <sup>(8)</sup>
récepteurs à faible isolement (fours électriques, soudeuses, outils chauffants, thermoplongeurs, équipements de grandes cuisines)		TN <sup>(9)</sup>	TT <sup>(9)</sup>	IT
nombreux récepteurs monophasés phase neutre (mobiles, semi-fixes, portatifs)		TT <sup>(10)</sup> TNS		IT <sup>(10)</sup> TNC <sup>(10)</sup>
récepteurs à risques (palans, convoyeurs...)		TN <sup>(11)</sup>	TT <sup>(11)</sup>	IT <sup>(11)</sup>
nombreux auxiliaires (machines-outils)		TNS	TNC IT <sup>(12 bis)</sup>	TT <sup>(12)</sup>
<b>divers</b>				
alimentation par transformateur de puissance avec couplage étoile/étoile <sup>(13)</sup>		TT	IT sans neutre	TN <sup>(13)</sup> IT avec neutre
locaux avec risques d'incendie		IT <sup>(15)</sup> TT <sup>(15)</sup>	TNS <sup>(15)</sup>	TNC <sup>(14)</sup>
augmentation de la puissance d'un abonné alimenté par EDF en basse tension, nécessitant un poste de transformation privé		TT <sup>(16)</sup>		
établissements avec modifications fréquentes		TT <sup>(17)</sup>		TN <sup>(18)</sup> IT <sup>(18)</sup>
installation où la continuité des circuits de terre est incertaine (chantiers, installations anciennes)		TT <sup>(19)</sup>	TNS	TNC IT <sup>(19)</sup>
équipements électroniques : calculateurs, automates programmables		TN-S	TT	TN-C
réseau de contrôle et commande des machines et capteurs effecteurs des automates programmables		IT <sup>(20)</sup>	TN-S TT	

(1) Lorsqu'il n'est pas imposé, le régime de neutre est choisi en fonction des caractéristiques d'exploitation qui en sont attendues (continuité de service impérative pour raison de sécurité ou souhaitée par recherche de productivité...). Quel que soit le régime de neutre, la probabilité de défaillance d'isolement augmente avec la longueur du réseau. Il peut être judicieux de le fragmenter, ce qui facilite la localisation du défaut et permet en outre d'avoir pour chaque application le régime conseillé ci-dessous.

(2) Les risques d'amorçage du limiteur de surtension transforment le neutre isolé en neutre à la terre. Ces risques sont à craindre principalement dans les régions fortement orageuses ou pour des installations alimentées en aérien. Si le régime **IT** est retenu pour assurer la continuité de service, le concepteur devra veiller à calculer très précisément les conditions de déclenchement sur 2° défaut.

(3) Risques de fonctionnement intempestif des **DDR**.

(4) La solution idéale est, quel que soit le régime, d'isoler la partie perturbatrice si elle est facilement localisable.

(5) Risques de défaut phase/terre rendant aléatoire l'équipotentialité.

(6) Isolement incertain à cause de l'humidité et des poussières conductrices.

(7) La mise au neutre est déconseillée en raison des risques de détérioration de l'alternateur en cas de défaut interne. D'autre part, lorsque ces groupes électrogènes alimentent des installations de sécurité, ils ne doivent pas déclencher au premier défaut.

(8) Le courant de défaut phase-masse peut atteindre plusieurs  $I_n$  risquant d'endommager les bobinages des moteurs et de les faire vieillir ou de détruire les circuits magnétiques.

(9) Pour concilier continuité de service et sécurité, il est nécessaire et recommandé – quel que soit le régime – de séparer ces récepteurs du reste de l'installation (transformateurs avec mise au neutre locale).

(10) Lorsque la qualité des récepteurs est ignorée à la conception de l'installation, l'isolement risque de diminuer rapidement. La protection de type **TT** avec dispositifs différentiels constitue la meilleure prévention.

(11) La mobilité de ces récepteurs génère des défauts fréquents (contact glissant de masse) qu'il convient de circonscrire. Quel que soit le régime, il est recommandé d'alimenter ces circuits par transformateurs avec mise au neutre locale.

(12) Nécessite l'emploi de transformateurs avec mise au neutre locale pour éviter les risques de fonctionnement ou d'arrêt intempestif au premier défaut (**TT**) ou défaut double (**IT**).

(12 bis) Avec double interruption du circuit de commande.

(13) Limitation trop importante du courant phase/neutre en raison de la valeur élevée de l'impédance homopolaire : au moins 4 à 5 fois l'impédance directe. Ce schéma est à remplacer par un schéma  $\Delta$

(14) Les forts courants de défaut rendent dangereuse la mise au neutre : le **TNC** est interdit.

(15) Quel que soit le régime, utilisation de dispositif différentiel résiduel de sensibilité  $\Delta n \leq 500$  mA.

(16) Une installation alimentée en basse tension a obligatoirement le **schéma TT**. Garder ce régime de neutre équivaut à faire le minimum de modifications sur la distribution existante (pas de câble à tirer, pas de protection à changer).

(17) Possible sans personnel d'entretien très compétent.

(18) De telles installations demandent un grand sérieux dans le maintien de la sécurité. L'absence de mesures préventives dans la mise au neutre exige un personnel très compétent pour assurer cette sécurité dans le temps.

(19) Les risques de rupture des conducteurs (d'alimentation, de protection) rendent aléatoire l'équipotentialité des masses. Le **NFC 15-100** impose le **TT** ou le **TNS** avec des **DDR 30 mA**. Le **IT** est utilisable dans des cas très particuliers.

(20) Cette solution permet d'éviter l'apparition d'ordres intempestifs lors d'une fuite à la terre intempestive.

**4.5.5.  
MISE EN ŒUVRE  
DES RÉCEPTEURS  
PARTICULIERS**

– Dans les applications de type **tertiaire ou industriel** des précautions sont à prendre concernant la protection des appareils tels que : relaiage, variateurs de vitesse, informatique, **ASI** (alimentation sans interruption), luminaires fluorescents, électronique de commande, systèmes numériques communicants, moteurs à très haute disponibilité.

- Les problèmes spécifiques posés par ces récepteurs vis-à-vis des **SLT** tiennent, selon les cas :
  - aux risques de dysfonctionnements (relaiage)
  - à la disponibilité requise (moteurs à très haute disponibilité)
  - aux harmoniques qu'ils génèrent et à la compatibilité électromagnétique (autres cas).

**• Relaiage fil à fil**

– Dans tous les cas de défaut d'isolement, le schéma de branchement des circuits de commande ne doit présenter aucun risque : – de contact indirect, – de dysfonctionnement de l'équipement.

– **Les schémas TT ou TN** permettent l'alimentation directe (**Ph/N, Ph/ph**) à partir de la puissance du relaiage fil à fil sans risque de dysfonctionnement dû à un défaut d'isolement. Un tel défaut déclenche en effet la protection contre les contacts indirects et l'arrêt de la machine.

– En **schéma TT**, tout défaut d'isolement dans ce circuit se ramène à un défaut phase/terre (**en a, b, c ou d**) qui déclenche la protection de surintensité ou la protection par **DDR**.

– En **schéma TN** le déclenchement est réalisé directement par les protections de surintensité (ici protection de la phase 3), sous réserve de vérification de la valeur des impédances de boucle.

– Dans ces deux cas de **SLT**, l'élimination automatique du défaut entraîne l'arrêt de la machine. Sa remise en route nécessite l'élimination du défaut et la refermeture volontaire du disjoncteur puis du relai.

Aucun dysfonctionnement résultant d'un défaut d'isolement n'est donc à craindre en schéma TT ou TN.

**– Schéma IT**

– Pour supprimer les risques en **schéma IT**, il faut alimenter le circuit de commande par un transformateur d'isolement **BT/BT** avec mise à la terre de l'une des bornes du secondaire (ce qui assure le déclenchement de la protection du circuit de commande en ramenant à un **schéma TN**).

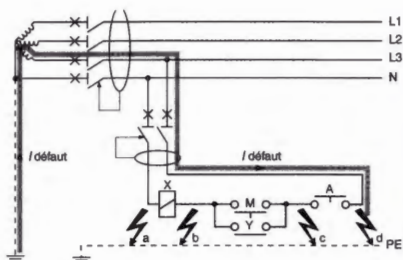
– En **schéma IT**, ci-contre, l'alimentation à travers un transformateur d'isolement **BT/BT** avec mise à la terre d'une des bornes du secondaire, élimine tout risque.

**• Relaiage électronique**

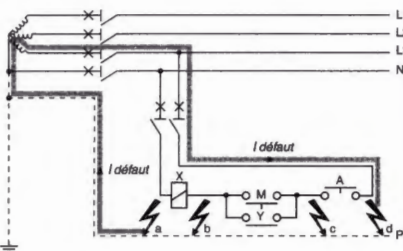
– Ce type de relaiage met en œuvre des cartes électroniques intégrant l'ensemble des circuits de commande présentés dans les schémas du relaiage fil à fil, avec le plus souvent des fonctions complémentaires à base de microprocesseur.

– Cet ensemble électronique étant plus sensible, l'utilisation systématique d'un transformateur d'isolement, séparant l'électronique de la puissance, est préconisée, quel que soit le **SLT**.

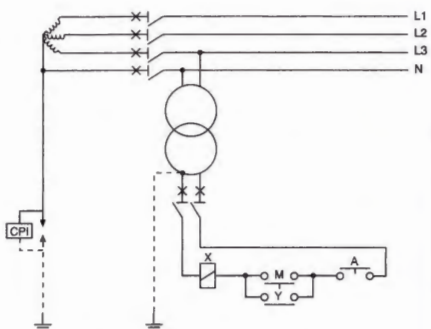
– Ce transformateur permet d'éviter la « pollution » de l'électronique de commande par les éventuelles surtensions de manœuvre et harmoniques du circuit de puissance. L'une des bornes du secondaire sera reliée à la terre de l'installation.



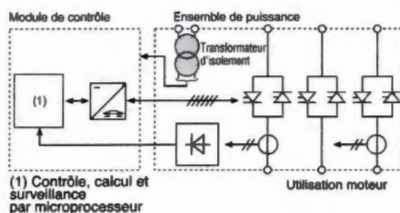
**Schéma TT : le DDR élimine le défaut et arrête la machine commandée.**



**Schéma TN : la protection phase élimine le défaut et arrête la machine commandée.**



**Schéma IT : circuit de commande**



**Relaiage électronique**

# 5. CLASSIFICATION DES LOCAUX À PARTIR DES INFLUENCES EXTERNES. INDICES DE PROTECTION












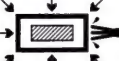


La norme NFC 15-100 a codifié les influences externes auxquelles peut être soumise une installation électrique. La norme NFC 20-010 définit un degré de protection IP caractérisant l'aptitude d'un matériel à supporter les trois influences externes caractéristiques (présence de corps solides, présence d'eau, risques de chocs mécaniques).

## 5.1. DÉFINITION DES INFLUENCES EXTERNES

(NFC 15-100)

Influences externes	Codes	Caractéristiques	Remarques – Symboles
Température ambiante <b>AA</b>	AA1	Frigorifique	- 60 °C à + 5 °C
	AA2	Très froide	- 40 °C à + 5 °C
	AA3	Froide	- 25 °C à + 5 °C
	AA4	Tempérée	- 5 °C à + 40 °C
	AA5	Chaude	+ 5 °C à + 40 °C
	AA6	Très chaude	+ 5 °C à + 60 °C
	AA7	Extérieur abrité	- 25 °C à + 55 °C
	AA8	Extérieur non protégé	- 50 °C à + 40 °C
Présence d'eau <b>AD</b>	AD1	Négligeable	(IPx0) $U_c < 50 V$
	AD2	Chutes verticales de gouttes d'eau	(IPx1) → $U_c < 50 V$
	AD3	Aspersion d'eau jusqu'à 60°	(IPx3) → $U_c < 50 V$
	AD4	Projection d'eau dans toutes directions	(IPx4) → $U_c < 25 V$
	AD5	Jets d'eau dans toutes directions	(IPx5) → $U_c < 25 V$
	AD6	Paquets d'eau, vagues	(IPx6) → $U_c < 25 V$
	AD7	Immersion partielle ou totale (h ≤ 1 m)	(IPx7) → $U_c ≤ 12 V$
	AD8	Submersion permanente (h > 1 m)	(IPx8) → $U_c ≤ 12 V$
Présence de corps solides <b>AE</b>	AE1	Négligeable	(IP0x)
	AE2	Petits objets – dimensions ≥ 2,5 mm	(IP3x)
	AE3	Très petits objets – dimensions ≥ 1 mm	(IP4x)
	AE4	Poussière en quantité appréciable	(IP5x) ou (IP6x)
Présence de substances corrosives ou polluantes <b>AF</b>	AF1	Négligeable	
	AF2	Origine atmosphérique	
	AF3	Intermittente ou accidentelle	
	AF4	Permanente	
Chocs <b>AG</b>	AG1	Faibles	choc d'énergie ≤ 0,225 J (IPxx) (IK02)
	AG2	Moyens	choc d'énergie ≤ 2 J (IPxx) (IK07)
	AG3	Importants	choc d'énergie ≤ 6 J (IPxx) (IK08)
	AG4	Très importants	choc d'énergie ≤ 20 J (IPxx) (IK10)
Vibrations <b>AH</b>	AH1	Faibles	
	AH2	Moyennes	10 ≤ f ≤ 50 Hz – Ampl. 0, 15 mm
	AH3	Importantes	10 ≤ f ≤ 150 Hz – Ampl. 0, 35 mm
Influence de flore <b>AK</b>	AK1	Négligeable	Normal
	AK2	Risque	Protections spéciales
Présence de faune <b>AL</b>	AL1	Négligeable	
	AL2	Risque (rongeurs, oiseaux,...)	
Influences électromagnétiques, électrostatiques ou ionisantes <b>AM</b>	AM1	Négligeables	
	AM2	Courants vagabonds	
	AM3	Radiations électromagnétiques	
	AM4	Rayonnements ionisants	
	AM5	Influences électrostatiques	
	AM6	Courants induits	
Résistance électrique du corps humain <b>BB</b>	BB1	Normales	conditions sèches ou humides $U_c < 50 V \sim$
	BB2	Faibles	conditions mouillées $U_c < 25 V \sim$
	BB3	Très faibles	conditions immergées $U_c ≤ 12 V \sim$
Contacts des personnes avec le potentiel de la terre <b>BC</b>	BC1	Nuls	$U_c < 50 V \sim$
	BC2	Faibles	$U_c < 50 V \sim$
	BC3	Fréquents	$U_c < 25 V \sim$
	BC4	Continus	$U_c ≤ 12 V \sim$
Évacuation des personnes en cas d'urgence <b>BD</b>	BD1	Normale	Densité d'occupation faible Évacuation facile
	BD2	Longue	Densité d'occupation faible Évacuation difficile
	BD3	Encombrée	Densité d'occupation importante Évacuation facile
	BD4	Longue et Encombrée	Densité d'occupation importante Évacuation difficile
Nature des matières traitées ou entreposées <b>BE</b>	BE1	Risques négligeables	
	BE2	Risques d'incendie	
	BE3	Risques d'explosion	
	BE4	Risques de contamination	
Matériaux de construction <b>CA</b>	CA1	Risques négligeables	MO
	CA2	Combustibles	Autres que MO
Structure des bâtiments <b>CB</b>	CB1	Risques négligeables	
	CB2	Propagation d'incendie	
	CB3	Mouvements	
	CB4	Flexibles ou instables	

## 5.2. DÉFINITIONS DES INDICES DE PROTECTION IP et IK (NFC 20-010) (NFC 20-015)

INDICES DE PROTECTION IP						DEGRÉS CHOCS IK		
1 <sup>er</sup> chiffre protection contre les corps solides			2 <sup>e</sup> chiffre protection contre les liquides			protection contre les chocs mécaniques		
IP	Tests	Définition	IP	Tests	Définition	IK	Énergie en choc (en joules)	AG de la norme NFC 15-100
0		Non protégé.	0		Non protégé.			
1 *A		Protégé contre les corps solides étrangers de diamètre supérieur à 50 mm.	1		Protégé contre les chutes verticales de gouttes d'eau.	00	0	
2 *B		Protégé contre les corps solides étrangers de diamètre supérieur ou égal à 12,5 mm.	2		Protégé contre les chutes verticales de gouttes d'eau avec une enveloppe inclinée de 15° maxi.	01	0,15	
3 *C		Protégé contre les corps solides étrangers de diamètre supérieur ou égal à 2,5 mm.	3		Protégé contre l'eau de pluie fine jusqu'à 60° de la verticale.	02	0,20	AG1
4 *D		Protégé contre les corps solides étrangers de diamètre supérieur ou égal à 1 mm.	4		Protégé contre les projections d'eau provenant de toutes les directions.	03	0,35	
5		Protégé contre les poussières (éviter les dépôts nuisibles au bon fonctionnement du matériel ou à la sécurité).	5		Protégé contre les jets d'eau provenant de toutes les directions.	04	0,50	
6		Étanche à la poussière. Pas de pénétration de la poussière.	6		Protégé contre les jets d'eau provenant de toutes les directions (ex : paquets de mer).	05	0,70	
* Lettres additionnelles :			7		Protégé contre les effets d'une immersion temporaire dans l'eau (pression normale).	06	1	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- A : Contact involontaire avec le dos de la main.</li> <li>- B : Contact avec le doigt de la main.</li> <li>- C : Contact avec un outil Ø 2, 5 long. 100 mm.</li> <li>- D : Contact avec un outil Ø 1 long. 100 mm.</li> </ul>			8		Protégé contre les effets d'une immersion prolongée dans l'eau (éventuellement sous pression).	07	2	AG2
* Lettres additionnelles :			7		Protégé contre les effets d'une immersion temporaire dans l'eau (pression normale).	08	5	AG3
<ul style="list-style-type: none"> <li>- H : Appareils à haute tension.</li> <li>- M : Effets nuisibles dus à la pénétration de l'eau sur des parties mobiles d'une machine en mouvement (<b>exemple</b> : rotor d'une machine tournante).</li> <li>- S : Effets nuisibles dus à la pénétration de l'eau sur des parties mobiles d'une machine stationnaire (<b>exemple</b> : rotor d'une machine tournante).</li> <li>- W : Fonctionnement dans des conditions atmosphériques spécifiées et où des mesures ou des procédés complémentaires de protection ont été prévus.</li> </ul>			8		Protégé contre les effets d'une immersion prolongée dans l'eau (éventuellement sous pression).	09	10	
<p>La <b>lettre additionnelle</b> est utilisée si la protection contre les contacts directs est plus élevée que le premier chiffre.</p> <p><b>Lettres supplémentaires :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- H : Appareils à haute tension.</li> <li>- M : Effets nuisibles dus à la pénétration de l'eau sur des parties mobiles d'une machine en mouvement (<b>exemple</b> : rotor d'une machine tournante).</li> <li>- S : Effets nuisibles dus à la pénétration de l'eau sur des parties mobiles d'une machine stationnaire (<b>exemple</b> : rotor d'une machine tournante).</li> <li>- W : Fonctionnement dans des conditions atmosphériques spécifiées et où des mesures ou des procédés complémentaires de protection ont été prévus.</li> </ul> <p>La lettre supplémentaire se positionne après le 2<sup>e</sup> chiffre de l'<b>IP</b> ou après la lettre additionnelle.</p>						10	20	AG4
<p><b>Exemple d'une désignation d'une classe de protection. IP 35. IK04</b></p>						<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ce tableau permet de connaître la résistance d'un produit à un impact donné, en joules, à partir du code <b>IK</b>.</li> <li>- Pour connaître la résistance aux chocs et l'<b>IP</b> nécessaire en fonction des locaux où le produit est installé, se reporter aux pages suivantes.</li> </ul>		

## 5.3. CLASSIFICATION DES LOCAUX SELON LES INFLUENCES EXTERNES. INDICES DE PROTECTION MINIMUM (NFC 15-100)

*Remarque :* Pour certains locaux, la mention NFC 15-100 § 482-2 par exemple, renvoie au numéro du chapitre de la norme NFC 15-100 qu'il est conseillé de consulter pour obtenir davantage de renseignements.

### 5.3.1. LOCAUX OU EMPLACEMENTS

		INFLUENCES EXTERNES											DEGRÉS DE PROTECTION MINI	CHOCES
		TEMPÉRATURE	EAU	CORPS SOLIDES	CORROSION	CHOCES	VIBRATIONS	COMPÉTENCE	RÉSISTANCE DU CORPS	CONTACTS	ÉVACUATION	MATIÈRES		
LOCAUX		AA	AD	AE	AF	AG	AH	BA	BB	BC	BD	BE	IP	IK
<b>Locaux ou emplacements domestiques ou analogues</b>	Buanderies .....	4	4	1	1	1,2	1	1	1	3	1	1	24	07
	Caves - Celliers.....(a)	4	2	1	1	1,2	1	1	1	3	1	1	20	02/07
	Chambres .....	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	20	02
	Cours .....	3, 4	4, 5	1	1, 2	1	1	1	2	3	1	1	24/25	02/07
	Cuisines .....	4	2	1	1	1	1	1	1	3	1	1	20	02
	Douches (voir salles d'eau) .....	4	5	1	1	1	1	1	2, 3	3	1	1	-	-
	Greniers (combles).....	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	20	02
	Jardins .....	3, 5	4, 5	1	1, 2	1	1	1	2	3	1	1	24/25	02/07
	Lieux d'aisance .....	4	2	1	3	1	1	1	1	3	1	1	21	02
	Local à poubelles.....(a)	4	3	1	1	1, 2	1	1	1	3	1	1	25	02/07
	Lingerie - Salles de repassage .....	4	2	1	1	1	1	1	1	3	1	1	21	02
	Salles d'eau : volume 0.....	4	7	1	1	1	1	1	3	3	1	1	27	02
	NFC 15-100 volume 1.....	4	4	1	1	1	1	1	3	3	1	1	24	02
	§ 701.71 volume 2.....	4	3	1	1	1	1	1	2	3	1	1	23	02
	§ 701.71 volume 3.....	4	2	1	1	1	1	1	2	3	1	1	21	02
	Salles de séjour .....	4	1	1	1	1	1	1	1	1, 2, 3	1	1	20	02
	Séchoirs.....	4	2	1	1	1	1	1	1	1, 2, 3	1	1	21	02
	Sous-sols.....(a)	4	2	1	1	1, 2	1	1	1	3	1	1	21	02/07
Terrasses couvertes.....	4	2	1	1	1	1	1	1	3	1	1	21	02	
Toilette (cabinets de) .....	4	2	1	1	1	1	1	1	3	1	1	21	02	
Vérandas.....	4	2	1	1	1	1	1	1	3	1	1	21	02	
<b>Locaux techniques</b>	Accumulateurs (salle d').....(c)	4	3	2	3	1, 2	1	4, 5	1	3	1	3	23	02/07
	Chambres frigorifiques.....(c)	1, 2, 3	4	2	3	1, 2	1	1	1	3	1	1	33	02/07
	Service électrique (NFC 15-100 § 485-1) .....	4	1	1	1	2	1, 2	4, 5	1	3	1	1	20	07
	Salles de commande .....	4	1	1	1	2	1	4, 5	1	3	1	1	20	02
	Ateliers.....(d, e)	4	2, 3	1	1	2, 3	1, 2	1	1, 2	3	1	1	21/23	07/08
	Laboratoires.....(c, d)	4	2	1, 2	3	1, 2	1	1	1, 2	3	1	1	21/23	07/08
	Laveurs de conditionnement d'air .....	4	4	1	1	2	2	1	1	3	1	1	24	07
	Garages (exclusiv. pour véhicules) ≤ 100 m <sup>2</sup> .....	4	2	1	1	2	1	1	1	3	1	1	21	07
	Machines (salles de).....(c)	4	2	2	3	2, 3	2, 3	1	1	3	1	1	31	07/08
	Surpresseurs d'eau.....(c)	4	4	1	1	2, 3	3	1	1	3	1	1	23	07/08
<b>Chaufferies et locaux annexes P &gt; 70 kW (NFC 15-100 § 487-1)</b>	Chaufferies à charbon.....(e, f)	6	2	4	1	2, 3	1, 2	1	1	3	1	2	51/61	07/08
	Chaufferies à autres combustibles.....(e)	6	2	1	3	2, 3	1, 2	1	1	3	1	2	21	07/08
	Soute à charbon.....(f)	4	1	4	1	3	1	1	1	3	1	2	50/60	08
	Soute à fuel.....(e)	4	1	1	3	2, 3	1	1	1	3	1	2	20	07/08
	Soute à gaz liquéfié.....(e)	4	1	1	1	2, 3	1	1	1	3	1	3	20	07/08
	Soute à scories.....(f)	4	1	4	1	3	1	1	1	3	1	2	50/60	08
	Local de pompes.....(e)	4	3	1	1	2, 3	2	1	1	3	1	1	23	07/08
	Local de détente (gaz).....(e)	4	1	1	1	2, 3	1	1	1	3	1	3	20	07/08
	Sous-station de vapeur ou d'eau chaude.....(e)	4	3	1	1	2, 3	1	1	1	3	1	1	23	07/08
	Local de vase d'expansion.....	4	2	1	1	1	1	1	1	3	1	1	21	02
<b>Garages et parcs de stationnement couverts S &gt; 100 m<sup>2</sup> (NFC 15-100 § 487-3)</b>	Aires de stationnement.....(g)	4	2	1	1	2, 3, 4	1	1	1	3	1, 3	2	21	07/10
	Zone de lavage (à l'intérieur du local) .....	4	5	1	1	2	1	1	2	3	1	1	25	07
	Zones de sécurité : à l'intérieur.....	4	2	1	1	2	1	1	1	3	1	3	21	07
	à l'extérieur.....	4	4	1	1	2	1	1	1	3	1	3	24	07
	Zone de graissage .....	4	3	1	3	3	1, 2	1	1	3	1	1	23	08
	Local de recharge de batteries de traction .....	4	3	1	3	2	1	1	1	3	1	3	23	07
	Local de recharge d'autres batteries.....	4	3	1	3	2	1	1	1	3	1	1	23	07
	Ateliers.....	4	2	1	1	3	1, 2	1	1	3	1	1	21	08
<b>Locaux sanitaires à usage collectif</b>	Lavabos individuels - w.c. à cuvette - urinoirs.....	4	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	21	07
	Lavabos collectifs - w.c. à la turque.....	4	3	1	1	2	1	1	1	3	1	1	23	07
	Douches individuelles : volume 1.....	4	7	1	1	2	1	1	3	3	1	1	27	07
	NFC 15-100 volume 2.....	4	3	1	1	2	1	1	3	3	1	1	23	07

	INFLUENCES EXTERNES	TEMPÉRATURE	EAU	CORPS SOLIDES	CORROSION	CHOC	VIBRATIONS	COMPÉTENCE	RÉSISTANCE DU CORPS	CONTACTS	ÉVACUATION	MATIÈRES	DEGRÉS DE PROTECTION MINI	CHOC
<b>Locaux sanitaires à usage collectif</b>	§ 701-71 volume 3 .....	4	3	1	1	2	1	1	2	3	1	1	23	07
	Douches collectives : volume 1 .....	4	7	1	1	2	1	1	3	3	1	1	27	07
	NFC 15-100 volume 2 .....	4	3	1	1	2	1	1	3	3	1	1	23	07
	§ 701-71 volume 3 .....	4	3	1	1	2	1	1	2	3	1	1	23	07
<b>Bâtiments à usage collectif</b>	Bureaux .....	4	1	1	1	1	1	1	1	2,3	1,3	1	20	02
	Bibliothèques .....	4	1	1	1	1	1	1	1	2,3	1,3	2	20	02
	Salles d'archives .....	4	1	1	1	1	1	1	1	2,3	1,3	2	20	02
	Salles de mécanographie, de machines statistiques, comptables, de reproduction de documents .....	4	1	1	1	2	1	1	1	3	1	1	20	02
	Salles de dessin .....	4	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	20	02
	Salles de manipulation des postes centraux téléphoniques d'immeubles .....	4	1	1	1	2	1	1	1	3	1	1	20	07
	Salles de guichets .....	4	1	1	1	2	1	1	1	3	1,3	1	20	07
	Salles de tri .....	4	1	1	1	2	1	1	1	3	1	2	20	07
	Ets d'enseignements, à l'exception de leurs labo .....	4	1,2	1	1	2	1	1	1	3	3	1	20/21	07
	Grandes cuisines : h < 1, 10 m .....	4	5	1	3	2	1	1	3	3	1	4	25	07
	1, 10 ≤ h < 2 m .....	4	4	1	3	2	1	1	3	3	1	4	24	07
	h ≥ 2 m .....	4	3	1	3	-	1	1	3	3	1	4	23	07
	h : hauteur au-dessus du sol													
	Salles de restaurant et de cantine .....	4	2	1	1	2	1	1	1	3	3	1	21	07
	Chambres collectives et dortoirs .....	4	1	1	1	2	1	1	1	3	3	1	20	07
	Salles de sports .....	4	2	1	1	2,3	1	1	1	3	3	1	21	07/08
	Centres de vacances et de loisirs .....	4	2	1	1	2	1	1	1	3	3	1	21	07
Locaux de casernement .....	4	2	1	1	2	1	1	1	3	3	1	21	07	
Salles de bal .....	4	1	1	1	2	1	1	1	2,3	3	1	20	07	
Salles de réunions .....	4	1	1	1	2	1	1	1	2,3	3	1	20	02	
Salles d'attente, halls, salons .....	4	1	1	1	1,2	1	1	1	3	1	1	20	02	
Salles de consultation à usage médical, sans équipements spécifiques .....	4	1	1	1	1,2	1	1	1	2,3	3	1	20	02	
Salles de démonstr. et d'exposition ... (a) .....	4	1	1	1	2	1	1	1	2,3	3	1	20	02/07	
<b>Locaux ou emplacements dans les exploitations agricoles</b>	Alcool (entrepôts d') .....	4	3	1	1	2	1	1	1	3	1	2	23	07
	Bergeries (fermées) .....	4	4	1	3	2	1	1	1	3	1	2	35	07
	Buanderies .....	4	4	1	1	2	1	1	1	3	1	1	24	07
	Bûchers .....	3,4	1	2	1	4	1	1	1	3	1	2	30	10
	Battage de céréales .....	4	1	4	1	2	1	1	1	3	1	2	50	07
	Caves de distillation .....	4	3	1	1,3	2	1	1	1	3	1	2	23	07
	Chais .....	4	3	1	1	2	1	1	1	3	1	2	23	07
	Cours .....	3,5	5	1	1,2	2	1	1	2	3	1	1	35	07
	Élevage de volailles .....	4	4	3	3	2	1	1	1	3	1	2	35	07
	Engrais (dépôts d') .....	4	1	4	3	2	1	1	1	3	1	2	50	07
	Écuries - Étables .....	3,4	5	3	3	2	1	1	1	3	1	2	35	07
	Fumières .....	3,4	4	1	3	2	1	1	1	3	1	1	24	07
	Fenils - Fourrage (entrepôts de) .....	4	1	4	1	2	1	1	1	3	1	2	50	07
	Greniers - Granges .....	3,4	1	4	1	2	1	1	1	3	1	2	50	07
	Paille (entrepôts de) .....	4	1	4	1	2	1	1	1	3	1	2	50	07
	Serres .....	6	4	1	1	2	1	1	1	3	1	1	23	07
Traite (salles de) .....	4	5	1	3	2	1	1	1	3	1	1	35	07	
Poulaillers .....	4	5	3	3	2	1	1	1	3	1	2	35	07	
Porcheries .....	4	4	3	3	2	1	1	1	3	1	1	35	07	
<b>Installations diverses</b>	Terrains de camping et de caravaning (NFC 15-100 § 483.2) .....	3,4	4	2	1,2	2	1	1	2	3	1	1	34	07
	Quais (NFC 15-100 § 483.2) .....	3,4	6	2	1,2	2	1	1	2	3	1	1	36	07
	Chantiers (NFC 15-100 § 483.1) .....	3,4	5	2	1,2	3	3	1	2	3	1	1	44	08
	Rues, cours, jardins et autres emplacements ext. .... (b) .....	3,4	4,5	2	1,2	2	1	1	1,2	3	1	1	34/35	07
	Établissements forains .....	3,6	3	2	1	3	1	1	1,2	3	3	1	33	08
	Piscines : volume 0 .....	4	8	2	1	1	1	1	3	3	1	1	38	02
	(NFC 15-100 volume 1 .....	4	5	2	1	1	1	1	3	3	1	1	35	02
	§ 702.3) volume 2 .....	4	4,5	2	1	1	1	1	1	3	1	1	32/34	02
Saunas .....	6	4	2	1	1	1	1	2	3	1	1	34	02	
<b>5.3.2. ÉTABLISSEMENTS INDUSTRIELS</b>														
	Abattoirs .....	3,4	5	4	3	3	1	1	1	3	1	2	55	08
	Accumulateurs (fabrication) .....	4	3	2	3	2	1	1	1	3	1	3	33	07
	Acides (fabrication et dépôts) .....	4	3	2	4	2	1	1	1	3	1	2,3	33	07

	INFLUENCES EXTERNES	LOCAUX													
		TEMPÉRATURE AA	EAU AD	CORPS SOLIDES AE	CORROSION AF	CHOCES AG	VIBRATIONS AH	COMPÉTENCE BA	RÉSISTANCE DU CORPS BB	CONTACTS BC	ÉVACUATION BD	MATIÈRES BE	DEGRÉ DE PROTECTION MINI IP	CHOCES IK	
Alcools (fabrication et dépôts).....(l)	4	3	2	4	2	1	1	1	3	1	2, 3	33	07		
Aluminium (fabrique).....(l)	4	2, 3	4	3	3	1	1	1	3	1	2, 3	51/53	08		
Animaux (élevage, engraissement, vente).....	4	5	3	3	2	1	1	1	3	1	1	45	07		
Asphalte, bitume (dépôts).....	4	3	4	1	2	1	1	1	3	1	2	53	07		
Battage, cardage des laines.....	4	1	4	1	3	1, 2	1	1	3	1	2	50	08		
Blanchisseries.....(m)	4	4	1	3	2	1	1	1	3	1	1	23/24	07		
Bois (travail du).....	4	1	4	1	3	1, 2	1	1	3	1	2, 3	50	08		
Boucheries.....(b)	4	5	1	1	2	1	1	1	3	1	4	24/25	07		
Boulangeries.....	4	1	4	1	2	1	1	1	3	1	4	50	07		
Brasseries.....	4	5	1	2	2	1, 2	1	1	3	1	4	24	07		
Briqueteries.....(m)	4	3, 4	4	1	3	1	1	1	3	1	1	53/54	08		
Caoutchouc (travail, transformation) .	4	3	4	1, 3	2	1	1	1	3	1	2	54	07		
Carbure (fabrication et dépôt).....	4	2	4	1	2	1	1	1	3	1	2, 3	51	07		
Cartoucheries.....	4	4	4	1	3	1	1	1	3	1	2, 3	53	08		
Cartons (fabrication).....	4	4	2	1	2	1	1	1	3	1	1, 2	33	07		
Carrières.....	4	5	4	2	3	1	1	1	3	1	1	55	08		
Celluloïd (fabrication d'objets).....	4	1	2	3	3	1	1	1	3	1	2	30	08		
Cellulose (fabrication).....	4	4	2	1	3	1	1	1	3	1	2	34	08		
Charbon (entrepôts).....	3, 4	3	4	1	3	1	1	1	3	1	2	53	08		
Charcuteries.....	4	5	1	1	2	1	1	1	3	1	4	24	07		
Chaudronneries.....	4	1	2	1	3	1	1	1	3	1	1	30	08		
Chaux (fours à).....	4, 6	1	4	3	3	1	1	1	3	1	1	50	08		
Chiffons (entrepôts).....	4	1	2	1	2	1	1	1	3	1	2	30	07		
Chlore (fabriques et dépôts).....	4	3	2	4	2	1	1	1	3	1	1, 3	33	07		
Chromage.....	4	3	2	4	2	1	1	1	3	1	1, 3	33	07		
Cimenteries.....	4	1	4	3	3	1	1	1	3	1	1	50	08		
Cokeries.....	4, 6	3	4	1	3	1	1	1	3	1	2, 3	53	08		
Colles (fabrication).....	4	3	2	3	2	1	1	1	3	1	2, 3	33	07		
Combustibles liquides (dépôts).....(d)	3, 4	2, 3	2	1	3	1	1	1	3	1	2, 3	31/33	08		
Corps gras (traitement).....	4	2	4	4	2	1	1	1	3	1	2	51	07		
Cuir (fabrication, dépôts).....	4	2	2	1	3	1	1	1	3	1	1	31	08		
Cuivre (traitement des minéraux).....	4	2	2	4	3	1	1	1	3	1	2	31	08		
Décapage.....	4	4	2	4	3	1	1	1	3	1	1	54	08		
Détergents (fabrication des produits)....	4	4	4	4	2	1	1	1	3	1	1	53	07		
Distilleries.....	4	3	2	3	2	1	1	1	3	1	2	33	07		
Électrolyse.....	4	3	1	4	3	1	4, 5	1	3	1	3	03	08		
Encres (fabrication).....	4	2	2	3	2	1	1	1	3	1	2	31	07		
Engrais (fabrication et dépôts).....	4	4	4	3	2	1	1	1	3	1	2, 3	53	07		
Explosifs (fabrication et dépôts).....	4	5	4	3	3	1	1	1	3	1	3	55	08		
Fer (fabrication et traitement).....	4	2	4	1	3	1	1	1	3	1	2	51	08		
Filatures.....	4	1	4	2	2	1	1	1	3	1	2	50	07		
Fournures (battage).....	4	1	4	1	2	1	1	1	3	1	1	50	07		
Fromageries.....	4	5	1	3	2	1	1	1	3	1	4	25	07		
Gaz (usines et dépôts).....	3, 4	2	2	3	3	1	1	1	3	1	2, 3	31	08		
Goudrons (traitement).....	4	3	2	3	2	1	1	1	3	1	2	33	07		
Graineries.....	4	1	4	1	2	1	1	1	3	1	1	50	07		
Gravures sur métaux.....	4	3	2	3	2	1	1	1	3	1	2, 3	33	07		
Huiles (extraction).....	4	2	2	4	2	1	1	1	3	1	2	31	07		
Hydrocarbures (fabrication).....(m)	4	4	2	4	3	1, 2	1	1	3	1	2, 3	33/34	08		
Imprimeries.....	4	1	1	1	3	1	1	1	3	1	2	20	08		
Laiteries.....	4	5	1	3	2	1	1	1	3	1	4	25	07		
Laveries, lavoirs publics.....	4	5	1	1	2	1	1	1	3	1	1	25	07		
Liqueurs (fabrication).....	4	2	1	3	2	1	1	1	3	1	2	21	07		
Liquides halogénés (emploi).....	4	2	1	4	3	1	1	1	3	1	2, 3	21	08		
Liquides inflammables (dépôts, ate- liers où l'on emploie des).....	4	2	1	3, 4	3	1	1	1	3	1	2, 3	21	08		
Magnésium (fabrication, travail et dépôts).....	4	2	2	1	3	1, 2	1	1	3	1	2, 3	31	08		
Machines (salles de).....	4	1	1	1	3	3	1	1	3	1	1	20	08		
Matières plastiques (fabrication).....	4	2	4	4	3	1, 2	1	1	3	1	2, 3	51	08		
Menuiseries.....	4	1	4	1	3	2	1	1	3	1	2, 3	50	08		
Métaux (traitement des).....(d)	4	2, 3	2	3	3	2	1	1	3	1	1, 2, 3	31/33	08		
Moteurs thermiques (essais de).....	4	1	2	1	3	3	1	1	3	1	2, 3	30	08		
Munitions (dépôts de).....	3, 4	3	2	3	3	1	1	1	3	1	3	33	08		
Nickel (traitement des minerais).....	4	3	2	3	3	1, 2	1	1	3	1	2	33	08		
Ordures ménagères (traitement).....(m)	4	5	4	3	2	1	1	1	3	1	2	53/54	07		
Papier (fabriques).....(m)	4	4	2	1	2	1, 2	1	1	3	1	2	33/34	07		
Papier (entrepôts).....	4	2	2	1	2	1	1	1	3	1	2	31	07		

	INFLUENCES EXTERNES														
		TEMPÉRATURE	EAU	CORPS SOLIDES	CORROSION	CHOC	VIBRATIONS	COMPÉTENCE	RÉSISTANCE DU CORPS	CONTACTS	ÉVACUATION	MATIÈRES	DEGRÉ DE PROTECTION MINI	CHOC	
LOCAUX		AA	AD	AE	AF	AG	AH	BA	BB	BC	BD	BE	IP	IK	
Établissements Industriels	Parfums (fabrication et dépôts) .....	4	2	2	3	2	1	1	1	3	1	2,3	31	07	
	Pâte à papier (préparation) .....	4	4	2	3	2	1	1	1	3	1	2	34	07	
	Peintures (fabrication et dépôts) .....	4	4	2	3	3	1,2	1	1	3	1	2,3	33	08	
	Plâtres (broyage, dépôts) .....	4	1	4	3	2	2	1	1	3	1	1	50	07	
	Poudreries .....	4	5	4	1	3	1	1	1	3	1	2,3	55	07	
	Produits chimiques (fabrication)....(f)	4	1	2,4	4	3	1,2	1	1	3	1	2,3	50/60	08	
	Raffineries de pétrole .....	3,4	4	2	3	2	1	1	1	3	1	2,3	34	07	
	Salaisons .....	4	3	2	4	2	1	1	1	3	1	4	33	07	
	Savons (fabrication) .....	4	2	2	4	2	1	1	1	3	1	1	31	07	
	Scieries .....	4	1	4	1	3	3	1	1	3	1	2	50	08	
	Serrureries .....	4	1	2	1	3	1,2	1	1	3	1	1	30	08	
	Soieries .....	4	1	4	3	3	1	1	1	3	1	1	50	08	
	Soude (fabrication, dépôts) .....	4	3	2	3	2	1	1	1	3	1	1	33	07	
	Soufre (traitement) .....	4	2	4	3	2	1	1	1	3	1	2	51	07	
	Spiritueux (entrepôts) .....	4	3	2	3	2	1	1	1	3	1	2	33	07	
	Sucreries .....	4	5	4	3	2	1	1	1	3	1	2,3	55	07	
	Tanneries .....	4	4	2	3	2	1	1	1	3	1	1	35	07	
	Teintureries .....	4	4	2	3	2	1	1	1	3	1	2,3	35	07	
	Textiles, tissus (fabrication) .....	4	2	4	1	3	1,2	1	1	3	1	2	51	08	
	Vernis (fabrication, application) .....	4	3	2	3	2	1,2	1	1	3	1	2,3	33	08	
Verreries .....	4	3	2	3	3	1,2	1	1	3	1	2,3	33	08		
Zinc (travail du) .....	4	2	2	3	3	1,2	1	1	3	1	3	31	08		

### 5.3.3. ÉTABLISSEMENTS RECEVANT DU PUBLIC

Établissements de spectacle	L Salles.....(c)	4	1	1	1	1,2	1	1	1	3	3	1	20	02/07
	Aménagements scéniques .....	4	1	1	1	3	1	1	1	3	1	2	20	08
	Locaux de projection cinématographique													
	Magasins de costumes, réserves	4	1	1	1	1	1	1	1	3	1	2	20	02
	Ateliers, loges d'artistes .....	4	1	1	1	3	1	1	1	2,3	1	2	20	08
Autres établissements	M Magasins de vente, bazars .....	4	1	1	1	3	1	1	1	3	3	1,2	20	08
	Réserves, locaux de réception d'emballage, d'exposition, réserves, ateliers, garages .....	4	1	1	1	3	1	1	1	3	1	2	20	08
	N Restaurants, cafés, brasseries, bars cuisines .....	4	1	1	1	1	1	1	1	3	3	1	20	02
	O Hôtels, pensions de famille .....	4	1	1	1	1	1	1	1	2,3	3	1	20	02
	P Bals, dancings, salles de réunions, de jeux .....	4	1	1	1	2	1	1	1	2,3	3	1	20	07
	R Établissements d'enseignement .....	4	2	1	1	2	1	1	1	2,3	3	1	20	02
	S Bibliothèques, archives, musées .....	4	1	1	1	1	1	1	1	2,3	3	2	20	02
	T Expositions : Halls et salles .....	4	1	1	1	2	1	1	1	3	3	1	21	07
	Réserves, locaux de réception et d'emballage, ateliers, garages .....	4	1	1	1	3	1	1	1	3	1	2	20	08
	U Établissements sanitaires .....	4	1	1	1	1	1	2,3	1	3	3	1	20	02
	Blocs opératoires .....	4	1	1	1	2	1	3	1	3	1	1,3	20	07
	V Établissements de cultes .....	4	1	1	1	1	1	1	1	2,3	3	1	20	02
	Souffleries d'orgues .....	4	1	1	1	1	1	1	1	3	1	2	20	02
	Batteries de cloches .....	4	3	1	1	1	1	1	1	2,3	1	1	23	02
	W Banques, administrations .....	4	1	1	1	1	1	1	1	2,3	3	1	20	02
	X Établissements sportifs couverts (h)	4	2	1	-	2,3	1	-	3	-	-	2	21	07/08

### 5.3.4. CONDITIONS PARTICULIÈRES DU DEGRÉ DE PROTECTION /P DES MATÉRIELS

- (a) Le degré de protection **IPXX IK02** est applicable dans les locaux à usage individuel.  
Le degré de protection **IPXX IK07** est applicable dans les locaux à usage collectif.
- (b) Le degré **IPX5 IK00** est applicable dans les emplacements qui sont susceptibles d'être arrosés au jet d'eau ; sinon, le degré **IPX4 IK00** est suffisant.
- (c) Le degré **IPXX IK07** est nécessaire si le local peut être parcouru par un matériel de maintenance mobile ; sinon, le degré **IPXX IK02** est suffisant.
- (d) Le degré **IPX1 IK00** est applicable dans les emplacements qui ne sont pas mouillés.  
Le degré **IPX3 IK00** est applicable dans les emplacements qui sont mouillés.
- (e) Le degré **IPXX IK08** est applicable dans les emplacements où peuvent être manipulés des objets lourds ou encombrants ; sinon, le degré **IPXX IK07** est suffisant.
- (f) Le degré **IP5X IK00** est suffisant si les poussières qui pénètrent dans le matériel ne gênent pas son fonctionnement. Sinon, le degré de protection doit être **IP6X IK00**, degré qui impose que les poussières ne doivent pas pénétrer dans le matériel.
- (g) Le degré de protection **IPXX IK10** est applicable aux emplacements situés à une hauteur au-dessus du sol inférieure ou égale à 1,50 m. Pour les emplacements situés à une hauteur au-dessus du sol supérieure à 1,50 m, le degré de protection **IPXX IK07** est suffisant.
- (h) Le degré **IPX1 IK00** est applicable s'il existe un point d'eau. Sinon, le degré **IPX0 IK00** est suffisant.
- (k) Le degré **IPXX IK08** est applicable si les jeux avec balles ou ballons sont possibles ; sinon, le degré **IPXX IK07** est suffisant.
- (l) Le degré **IPX1 IK00** est applicable lorsque l'aluminium est produit par électrolyse ignée de l'alumine.  
Le degré **IPX3 IK00** est applicable lorsque l'aluminium est produit par électrolyse aqueuse.
- (m) Le degré de protection **IPX4 IK00** est applicable dans les emplacements extérieurs non couverts. Dans les autres emplacements, le degré de protection **IPX3 IK00** est suffisant.

**Note** – Lorsque les lettres sont entre parenthèses, la condition n'est applicable que si le risque correspondant existe.

# 6. LES CONDUCTEURS – LES CÂBLES LES CANALISATIONS ÉLECTRIQUES

## 6.1. DÉTERMINATION DES SECTIONS DES CONDUCTEURS

(UTE C 15 105)

### 6.1.1. DÉMARCHE DE DÉTERMINATION DES SECTIONS DES CONDUCTEURS ET DES DISPOSITIFS DE PROTECTION ASSOCIÉS

#### DÉMARCHÉ

#### • DÉTERMINATION DU COURANT D'EMPLOI ( $I_b$ )

- Facteur de puissance ( $\cos \varphi$ )
- Coefficient d'utilisation ( $K_u$ )
- Coefficient de simultanéité ( $K_s$ )
- Coefficient d'extension ( $K_e$ )

#### • MODE DE POSE

- Méthode de référence
- Coefficient de correction ( $F$  ou  $f$ ) ( $F$ : enterrée -  $f$ : à l'air libre)
- Pose ( $f_p$ )
- Température ambiante ( $F_T$  et  $f_t$ )
- Résistivité thermique ( $F_r$ )
- Groupe ment ( $F_n$  et  $f_n$ )
- Conduit ( $f_c$ )
- Liaison souple ( $f_m$ )
- Autres coefficients  $f_r$  et  $f_e$

#### • DISPOSITIF DE PROTECTION À L'ORIGINE

#### • DÉTERMINATION DU COURANT ASSIGNÉ DU DISPOSITIF DE PROTECTION ( $I_n, I_r$ )

#### • FACTEUR DE CORRECTION

#### • COURANT ADMISSIBLE FICTIF ( $I_z$ )

#### • SECTION DES CONDUCTEURS ( $S_j$ )

#### • PROTECTION CONTRE LES COURTS-CIRCUITS

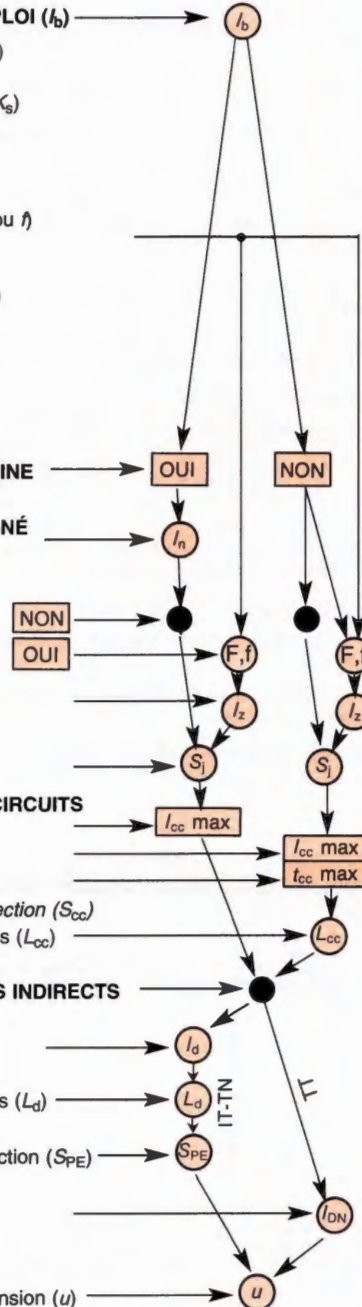
- Pouvoir de coupure ( $P_{cc}$ )
- Courant de court-circuit ( $I_{cc}$ )
- Temps de coupure ( $t_{cc}$ )
- Il est possible de déterminer la section ( $S_{cc}$ )*
- Longueurs maximales protégées ( $L_{cc}$ )

#### • PROTECTION CONTRE LES CONTACTS INDIRECTS

- Courant de défaut ( $I_d$ )
- Longueurs maximales protégées ( $L_d$ )
- Section du conducteur de protection ( $S_{PE}$ )
- Courant différentiel résiduel assigné du dispositif DR ( $I_{\Delta N}$ )

#### • CHUTE DE TENSION

- Vérification de la chute de tension ( $u$ )



GUIDE § n° :

§ 6.1.3

Fig. 2

Fig. 7

Fig. 7

Fig. 7

§ 6.1.6

Fig. 12

§ 6.1.6

Fig. 12

Fig. 8 et 11

Fig. 9

Fig. 10 et 13

Fig. 15

Fig. 14

§ 6.1.5

§ 6.1.6

Fig. 5 et 6

§ 6.1.6

§ 6.1.9

§ 6.1.2 et 6.1.9

§ 6.1.9.2

§ 6.1.8 (B) et 6.1.9

§ 6.1.8 (A et B)

Fig. 31 à 35

§ 6.1.10

Fig. 36, 37, 38

Fig. 39 à 44

§ 6.1.13

Fig. 37

§ 6.1.11

## COURANTS DÉTERMINANT LA PROTECTION D'UNE CANALISATION ÉLECTRIQUE (NFC 15-100)

– Le Pouvoir de Coupure de l'appareil de protection (Disjoncteur ou fusibles) doit répondre à la condition :

**Pouvoir de coupure  $\geq I_{cc}$**

Les fusibles du type **gG** et **aM** assurent la protection contre les courts-circuits. Les disjoncteurs assurent la protection contre les courts-circuits lorsqu'ils sont munis d'un détecteur magnétique.

– Le courant conventionnel de fonctionnement du dispositif de protection contre les surcharges vaut  $1,45 I_z$

Seuls les fusibles du type **gG** assurent la protection contre les surcharges. Les disjoncteurs assurent la protection contre les surcharges lorsqu'ils sont munis d'un détecteur thermique.

$I_n$  désigne le courant nominal des fusibles

$I_r$  désigne le courant de réglage du détecteur thermique

La protection d'une canalisation électrique dépend de son mode de pose et de l'environnement.

La protection contre les surcharges est assurée lorsque les conditions suivantes sont respectées :

Pour le dispositif de protection		Pour les relais thermiques	
$I_z \geq$	$K_p I_n$	$I_z \geq$	$K_p I_r$
	$F$ ou $f$		$F$ ou $f$
$I_b \leq I_n \leq I_z$		$I_b \leq I_r \leq I_z$	

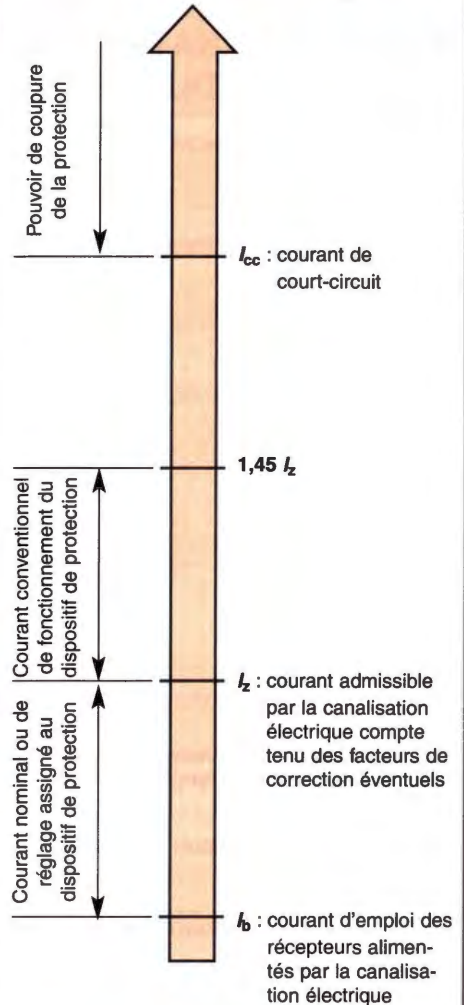
$I_z$  : courant admissible par la canalisation

$K_p$  : coefficient d'utilisation (Fig. 7)

$F$  : coefficient d'installation pour les canalisations enterrées

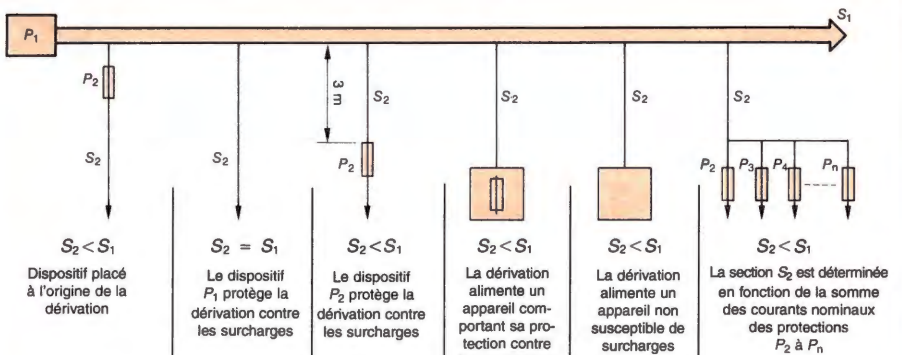
$f$  : coefficient d'installation pour les canalisations posées à l'air libre

$I_b$  : courant d'emploi des récepteurs



### 6.1.2. COORDINATION ENTRE LES SECTIONS DES CONDUCTEURS ET LES DISPOSITIFS DE PROTECTION

### EMPLACEMENT DES DISPOSITIFS DE PROTECTION (NFC 15-100)



• **COURANT NOMINAL ABSORBÉ PAR LES RÉCEPTEURS**

Le courant nominal absorbé par un récepteur entre dans la détermination du courant d'emploi  $I_b$ .

Le courant nominal est au plus égal au courant d'emploi.

	Puissance en kW	$I_n$ sous 230 V monophasé (A)	$I_n$ sous 230 V triphasé (A)	$I_n$ sous 400 V triphasé (A)
	EN COURANT ALTERNATIF (cas des moteurs)	0,75	5,2	3
1,1		7,8	4,5	2,6
1,5		10,5	6	3,5
1,8		13,1	7,5	4,4
2,2		15,7	9,1	5,2
3		21	12,1	7
3,7		26	15,1	8,7
4		29	16,6	9,6
4,5		—	18,1	10,5
6		—	24	14
7,5		—	30	17,5
9		—	36	21
10		—	40	23
11		—	45	26
13		—	53	30
15		—	60	35
17		—	65	38
18,5		—	71	41
20		—	77	44
22		—	85	49
25		—	99	58
30		—	114	66
33		—	127	73
37		—	142	82
40		—	154	89
45		—	170	99
50		—	199	115
55		—	212	123
63	—	229	133	
75	—	273	158	
80	—	291	169	
90	—	328	190	
100	—	364	211	
110	—	401	232	
132	—	481	279	
150	—	547	317	
160	—	583	338	
185	—	675	391	
200	—	729	422	
220	—	802	465	
250	—	912	528	

Fig. 1 – Tableau donnant la valeur de  $I_n$  suivant la puissance utile  $P_u$  des moteurs.

	Type de récepteurs à 230/400 V	Facteur de puissance	Rendement $1/\eta$	Pointe de courant à la mise sous tension	
	FACTEUR DE PUISSANCE, RENDEMENT ET POINTE DE COURANT À LA MISE SOUS TENSION	Incandescence et halogène Appareils de chauffage résistifs	1	1	1
Fluorescence, ballasts et starters		0,82 à 0,87	1,22 à 1,56	1,09 à 1,37	
Fluorescence HF, ballasts		0,92 à 0,95	1,12 à 1,19	—	
Lumière mixte, vapeur de mercure		0,95	1	1,3 à 1,33	
Ballon fluorescent, vapeur de mercure		0,83 à 0,88	1,04 à 1,14	1,33 à 1,78	
Iodures métalliques		0,78 à 0,88	1,1 à 1,15	1,6	
Moteurs électriques (chapitre 12 pour plus de détails)		$P_u \leq 600$ W $P_u$ de 1 à 3 kW $P_u$ de 4 à 40 kW $P_u > 50$ kW	0,5 0,7 0,8 0,9	— 1,43 1,25 1,11	3,4 à 5 5,5 à 6,8 6,2 à 7,3 6,1 à 7,5
Démarrage		0,3	—	3 à 8	
Transport de l'énergie (réseau de distribution public)		0,9	1,05	$\leq 1$	
Absence d'indication		0,8	1,1	1	

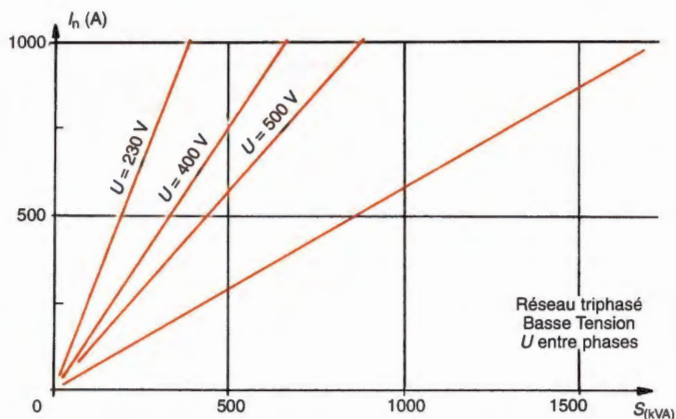
Fig. 2 – Facteurs suivant le type de récepteurs.

Les valeurs indiquées ci-dessus sont des valeurs moyennes pouvant être utilisées en l'absence de données plus précises.

6.1.3. DÉTERMINATION DU COURANT D'EMPLOI  $I_b$

**DÉTERMINATION  
DU COURANT  
D'EMPLOI  $I_b$**

EN COURANT  
ALTERNATIF  
(en BT)



**Fig. 3 – Tableau donnant la valeur de  $I_n$  suivant la puissance absorbée  $S$  en BT.**

Pour un réseau monophasé, multiplier les valeurs de  $I$  par  $\sqrt{3}$

EN COURANT  
CONTINU

$I_n =$	$P_a$
	$U$

$I_n$  : courant nominal en A  
 $P_a$  : Puissance absorbée en W  
 $U$  : tension en V

**Note :**  
cas des moteurs : on admet généralement un rendement de 80 % à  $P_n$ . Pour plus de précision voir le chapitre 12.

**Exemple a :**  
 $U = 230 \text{ V}$      $P = 1 \text{ kW}$   
 $I_n = 1000/230 = 4,5 \text{ A}$

**Exemple b :**  
 $U = 230 \text{ V}$     Moteur de 3 kW  
 $I_n = 3000/230 \times 0,8 = 16,3 \text{ A}$

EXEMPLES

- **Exemple 1 :**
  - $S$  absorbée = 250 kVA.
  - Réseau triphasé 400 V.
  - Le graphique Fig. 3 donne  $I_n = 380 \text{ A}$ .
- **Exemple 2 :**
  - Un récepteur monophasé absorbe une puissance apparente  $S$  de 200 kVA.
  - Réseau 230/400 V 50 Hz.
  - La tension d'alimentation : 230 V.
  - Le graphique Fig. 3 donne  $I_n = 500 \text{ A}$ .
  - $I_n$  vaut  $500 \times \sqrt{3} = 870 \text{ A}$ .
- **Exemple 3 :**
  - Moteur triphasé 10 kW.
  - Réseau 230/400 V.
  - Le tableau Fig. 1 donne  $I_n = 23 \text{ A}$ .

Elles dépendent principalement des récepteurs et de leur mise sous tension

CAS DES MOTEURS

$$I_p = I_d = 3 \text{ à } 7 I_n \text{ (} I_d \text{ : courant de démarrage)}$$

CAS DES TRANSFORMATEURS  
 $I_p = K_e I_n$

Le tableau (Fig. 4) donne les ordres de grandeur de  $K_e$  et  $\tau_e$   
(Enclenchement à vide par la tension la plus élevée, transformateur abaisseur)

Puissance apparente $S$ en kVA	16	50	100	160	250	400	630	800	1000	1600	2000
Coefficient d'enclenchement $K_e$	17	15	14	12	12	12	11	10	10	9	8
Constante de temps d'enclenchement $\tau_e$ en s	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,25	0,30	0,30	0,35	0,40	0,45

Fig. 4 – Valeurs de  $K_e$  et de  $\tau_e$  suivant la puissance  $S$

Les valeurs de  $K_e$  et de  $\tau_e$  sont données pour un transformateur abaisseur de tension, pour un transformateur élévateur de tension :

- multiplier  $K_e$  par 2.
- diviser  $\tau_e$  par 1,5.

**6.1.4. POINTES DE COURANT POSSIBLES ( $I_p$ )**

EXEMPLES

**Exemple a :**

- Calcul du courant de pointe d'un transformateur triphasé de 160 kVA 20 kV/400 V (Enclenchement à vide)
- Alimentation HT/BT
- $I = S/U \sqrt{3} = 160 \times 10^3 / (20 \times 10^3 \times \sqrt{3}) = 4,62 \text{ A}$
- Le tableau (Fig. 4) donne :  $K_e = 12$  et  $\tau_e = 0,2 \text{ s}$
- $I_p = 4,62 \times 12 = 55,5 \text{ A}$
- Lorsque  $\tau = \tau_e$  le courant de pointe est multiplié par 0,36
- Au bout de 0,2 s le courant de pointe vaut  $55,5 \times 0,36 = 20 \text{ A}$
- à  $5 \tau_e$  soit au bout de 1s, le courant vaut environ  $55,5 \times 0,36^5 = 0,34 \text{ A}$ .
- Généralement, on admet qu'au bout de  $3,5 \tau_e$  la pointe de courant est au plus égale à  $I_n$

**Exemple b :**

- Calcul du courant de pointe d'un transformateur triphasé de 160 kVA 400V/20kV (Enclenchement à vide)
- Alimentation BT/HT (même transformateur)
- $I = S/U \sqrt{3} = 160 \times 10^3 / (400 \times \sqrt{3}) = 231 \text{ A}$
- $K_e$  vaut  $12 \times 2 = 24$
- $I_p = 231 \times 24 = 5545 \text{ A}$
- $\tau_e$  vaut  $0,2/1,5 = 0,134 \text{ s}$ .
- À  $3,5 \tau_e$  soit 0,47 s, le courant de pointe vaut  $5545 \times 0,36^{3,5} = 155 \text{ A}$

Plus la pointe de courant à l'enclenchement est grande, plus la constante de temps d'enclenchement est faible.

**6.1.5. DISPOSITIFS DE PROTECTION**

Les petits disjoncteurs divisionnaires de courant au plus égal à 125 A font l'objet de la norme NFC 61-410

- Types et courants assignés :
  - type B →  $3 I_n < I_m \leq 5 I_n$
  - type C →  $5 I_n < I_m \leq 10 I_n$
  - type D →  $10 I_n < I_m \leq 20 I_n$
- à usage général →  $I_n$  suivant le relais magnétique

**6.1.6. DÉTERMINATION DE LA SECTION DES CONDUCTEURS (S) (à partir des surcharges)**

a) Cas des liaisons posées dans le sol → tableau (Fig. 5)

- Conditions d'utilisation du tableau (Fig. 5) :
- liaisons posées à une profondeur de 0,80 m,
  - température du sol : 20 °C,
  - résistivité thermique du sol : 100 °C cm/W,
  - $I_z$  connu.

b) Cas des liaisons posées sur tablettes à l'air libre → tableau (Fig. 6)

- Conditions d'utilisation du tableau (Fig. 6) :
- courants assignés ou de réglage des disjoncteurs à usage général.
  - température ambiante : 30 °C
  - à l'abri du rayonnement solaire
  - $I_z$  connu.

Si les conditions ci-dessus ne sont pas respectées, appliquer les facteurs de correction  $F$  ou  $f$ .

**INTENSITÉS ADMISSIBLES EN RÉGIME PERMANENT  
DANS LES CANALISATIONS ENTERRÉES BT (Méthode de référence D)\*\*  
(NFC 15-100)**

Température du sol : 20 °C – Résistivité thermique : 100 °C/W

Section des conducteurs (mm <sup>2</sup> )	Types d'isolation/Nombre de conducteurs chargés :				
	PVC/3	PVC/2	PR/3	PR/2	
Âme en Cuivre	1,5	26	32	31	37
	2,5	34	42	41	48
	4	44	54	53	63
	6	56	67	66	80
	10	74	90	87	104
	16	96	116	113	136
	25	123	148	144	173
	35	147	178	174	208
	50	174	211	206	247
	70	216	261	254	304
	95	256	308	301	360
	120	290	351	343	410
	150	328	397	387	463
	185	367	445	434	518
240	424	514	501	598	
300	480	581	565	677	
Âme en Aluminium	10	57	68	67	80
	16	74	88	87	104
	25	94	114	111	133
	35	114	137	134	160
	50	134	161	160	188
	70	167	200	197	233
	95	197	237	234	275
	120	224	270	266	314
	150	254	304	300	359
	185	285	343	337	398
	240	328	396	388	458
	300	371	447	440	520

- Exemple de câbles : PVC : FRN 05 ; VL2V-U/R.  
PR : U 1000 R2V/R12N ; U 1000 RGPV.
- Nombre de conducteurs chargés : PVC/PR3 : triphasé.  
PVC/PR2 : monophasé ou continu.
- Calcul de l'intensité admissible  $I_z$  :

$$I_z = \frac{K I_b}{F_t F_r F_n}$$

$I_b$  : intensité du courant d'emploi non corrigée (§ 6.1.2. ; 6.1.3.)

*Fig. 5 – Section des âmes conductrices S pour un échauffement maximum permanent du câble.*

**Notes :**

- Suivant les conditions d'utilisation, corriger l'intensité à partir du coefficient K tableau (Fig. 7)
- Si la température ambiante du sol est différente de 20 °C, déterminer l'intensité admissible à partir du coefficient  $F_t$  tableau (Fig. 8)
- Si la résistance thermique est différente de 1 K. m/W déterminer l'intensité admissible à partir du coefficient  $F_r$  tableau (Fig. 9)
- Si le nombre de liaisons enterrées est différent de 1, déterminer l'intensité admissible à partir du coefficient  $F_n$  tableau (Fig. 10)
- \* Si la pose se fait sous tubes enterrés, déterminer l'intensité admissible à partir du coefficient  $F_n$  tableau (Fig. 10)
- \*\* Voir modes de pose tableau (Fig. 12)

**INTENSITÉS ADMISSIBLES EN RÉGIME PERMANENT  
DANS LES CANALISATIONS BT POSÉES A L'AIR LIBRE (Méthodes de référence B, C, E et F)\*\*  
(NFC 15-100)**

Température ambiante : 30 °C

Méthodes de référence :		Types d'isolation/Nombre de conducteurs chargés :								
B C E F		PVC/3	PVC/2 PVC/3	PVC/3	PR/3 PVC/2	PR/3 PVC/2	PR/2	PR/3	PR/2	PR/2
					PVC/3	PVC/2	PVC/2	PR/3		
Section des conducteurs (mm <sup>2</sup> )		Intensités admissibles (A)								
Âme en Cuivre	1,5	16,5	17,5	18,5	19,5	22	23	24	26	
	2,5	21	24	25	27	30	31	33	36	
	4	28	32	34	36	40	42	45	49	
	6	36	41	43	48	51	54	58	63	
	10	50	57	60	63	70	75	80	86	
	16	68	76	80	85	94	100	107	115	
	25	89	96	101	112	119	127	138	149	161
	35	110	119	126	138	147	158	169	185	200
	50	134	144	153	168	179	192	207	225	242
	70	171	184	196	213	229	246	268	289	310
	95	207	223	238	258	278	298	328	352	377
	120	239	259	276	299	322	346	382	410	437
	150		299	319	344	371	395	441	473	504
	185		341	364	392	424	450	506	542	575
	240		403	430	461	500	538	599	641	679
	300		464	497	530	576	621	693	741	783
400					656	754	825		940	
500					749	868	946		1 083	
630					855	1 005	1 088		1 254	
Âme en Aluminium	10	39	44	46	49	54	59	62	67	
	16	53	59	61	66	73	79	84	91	
	25	70	73	78	83	90	98	101	108	121
	35	86	90	96	103	112	122	126	135	150
	50	104	110	117	125	136	149	154	164	184
	70	133	140	150	160	174	192	198	211	237
	95	161	170	183	195	211	235	241	257	289
	120	186	197	212	226	245	273	280	300	337
	150		227	245	261	283	316	324	346	389
	185		259	280	298	323	363	371	397	447
	240		305	330	352	382	430	439	470	530
	300		351	381	406	440	497	508	543	613
	400					526	600	663		740
500					610	694	770		856	
630					711	808	899		996	

• Exemple de câbles : PVC : H05 VV ; H07V – A05VV.  
PR : H07 RNF ; U 1000 R2V/R12N ; U 1000 RGPV.

• Nombre de conducteurs chargés : PVC/PR3 : triphasé.  
PVC/PR2 : monophasé ou continu.

• Calcul de l'intensité admissible  $I_z$  :

$$I_z = \frac{K I_b}{f_t f_p f_n f_c f_g f_r f_e} \quad I_b : \text{intensité du courant d'emploi non corrigée (§ 6.1.2. ; 6.1.3.)}$$

**Fig. 6 – Section des âmes conductrices S pour un échauffement maximum permanent du câble.**

**Notes :**

- Suivant les conditions d'utilisation corriger l'intensité à partir du coefficient K
- Si la température ambiante de l'air est différente de 30 °C, déterminer l'intensité admissible à partir du coefficient  $f_t$
- Suivant le mode de pose, déterminer l'intensité admissible à partir du coefficient  $f_p$
- Suivant le groupement de circuits ou de câbles déterminer  $f_n$
- Si la pose se fait sous tube, déterminer  $f_c$
- Suivant le groupement du câbles ou de circuits sur plusieurs couches, déterminer  $f_g$
- Suivant le type de réseau ou le risque d'explosion  $f_r$  ;  $f_e$
- Dans le cas de liaisons souples d'alimentation d'engins mobiles les coefficients  $f_p$ ,  $f_c$ ,  $f_g$  et  $f_n$  sont remplacés par un coefficient  $f_m$

tableau (Fig. 7)

tableau (Fig. 11)

tableau (Fig. 12)

tableau (Fig. 13)

tableau (Fig. 15)

tableau (Fig. 16)

tableau (Fig. 14)

tableau (Fig. 12)

– \*\* Voir modes de pose

<b>COEFFICIENTS CORRECTEURS K SUIVANT L'UTILISATION</b>	<b>COEFFICIENT (<math>K_p</math>) SUIVANT LE TYPE ET LE CALIBRE DU DISPOSITIF DE PROTECTION</b>	<b>CALIBRE <math>I_n</math></b>	<b>COEFFICIENT (<math>K_p</math>)</b>																		
			<b>Disjoncteur</b>	<b>Fusibles gG</b>																	
		$I_n < 16 \text{ A}$	1,00	1,31																	
		$I_n \geq 16 \text{ A}$	1,00	1,10																	
	<b>COEFFICIENT D'UTILISATION (<math>K_u</math>) DES APPAREILS RÉCEPTEURS</b>	<p>Dans une installation industrielle, le coefficient d'utilisation peut varier entre 0,3 et 0,9. En l'absence d'indications plus précises, un coefficient d'utilisation <math>K_u</math> de 0,75 peut être adopté pour les appareils à moteur. Pour les appareils d'éclairage et de chauffage, le coefficient d'utilisation <math>K_u</math> est toujours égal à 1.</p>																			
	<b>COEFFICIENT DE SIMULTANÉITÉ (<math>K_s</math>)</b>	<p>En l'absence d'indications plus précises, le coefficient de simultanéité <math>K_s</math> peut être de :</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Types de récepteurs</th> <th style="text-align: center;"><math>K_s</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">– Appareils de cuisson</td> <td style="text-align: center;">0,70</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">– Ascenseurs ou – monte-charge</td> <td style="text-align: center;">– Pour le plus gros moteur – Pour le moteur suivant – Pour les autres</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">– Chauffe-eau</td> <td style="text-align: center;">1,00</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">– Chauffage électrique</td> <td style="text-align: center;">1,00</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">– Conditionnement d'air</td> <td style="text-align: center;">1,00</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">– Éclairage</td> <td style="text-align: center;">1,00</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">– Prise de courant (<math>n</math> prises de courant)</td> <td style="text-align: center;"><math>0,1 + 0,8/n</math></td> </tr> </tbody> </table> <p><b>Exemple :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Détermination de l'intensité absorbée par un circuit de 8 prises de courant de 16 A sous 230 V.</li> <li>– <math>I</math> totale : <math>8 \times 16 = 128 \text{ A}</math></li> <li>– <math>K_s = 0,1 + 0,8/8 = 0,2</math></li> <li>– <math>I</math> absorbée : <math>128 \times 0,2 = 25,6 \text{ A}</math></li> <li>– Puissance absorbée : <math>25,6 \times 230 = 5890 \text{ VA}</math></li> </ul>				Types de récepteurs	$K_s$	– Appareils de cuisson	0,70	– Ascenseurs ou – monte-charge	– Pour le plus gros moteur – Pour le moteur suivant – Pour les autres	– Chauffe-eau	1,00	– Chauffage électrique	1,00	– Conditionnement d'air	1,00	– Éclairage	1,00	– Prise de courant ( $n$ prises de courant)	$0,1 + 0,8/n$
	Types de récepteurs	$K_s$																			
	– Appareils de cuisson	0,70																			
	– Ascenseurs ou – monte-charge	– Pour le plus gros moteur – Pour le moteur suivant – Pour les autres																			
	– Chauffe-eau	1,00																			
– Chauffage électrique	1,00																				
– Conditionnement d'air	1,00																				
– Éclairage	1,00																				
– Prise de courant ( $n$ prises de courant)	$0,1 + 0,8/n$																				
<b>COEFFICIENT D'EXTENSION (<math>K_e</math>)</b>	<p>Le facteur d'extension <math>K_e</math> doit être estimé suivant les conditions prévisibles d'évolution de l'installation ; il est au moins égal à 1 et, pour les installations industrielles, une valeur d'au moins 1,2 est recommandée.</p>																				
<b>COEFFICIENT D'UTILISATION (<math>K</math>)</b>	<p>Le coefficient d'utilisation <math>K</math> est égal au produit de tous les coefficients <math>K_x</math></p> <p style="text-align: center;"><b><math>K = K_p \cdot K_u \cdot K_s \cdot K_e</math></b></p>																				

**Fig 7 – Tableau des coefficients correcteurs K**

<b>COEFFICIENTS CORRECTEURS F POUR CÂBLES POSÉS DANS LE SOL</b>	<b>Température du sol <math>\theta_s</math> en °C</b>	<b>Isolation</b>	
		<b>PVC (<math>\theta_p = 70 \text{ °C}</math>)</b>	<b>PR, EPR (<math>\theta_p = 90 \text{ °C}</math>)</b>
	10	1,10	1,07
	15	1,05	1,04
	20	1	1
	25	0,95	0,96
	30	0,89	0,93
	35	0,84	0,89
	40	0,77	0,85
	45	0,71	0,80
50	0,63	0,76	
55	0,55	0,71	
60	0,45	0,65	
65	–	0,60	
70	–	0,53	
75	–	0,46	
80	–	0,38	

**Fig 8 – Correction ( $F$ ) suivant la température du sol. Valeur de  $\theta_p$  (Fig. 17)**

Résistivité thermique du terrain (K . m/W)	Facteur de correction ( $F_T$ )	Observations			
		Humidité		Nature du terrain	
0,40	1,25	Pose immergée		Marécages	
0,50	1,21	Terrains très humides		Sable	
0,70	1,13	Terrains humides		Argile et calcaire	
0,85	1,05	Terrain dit normal			
1,00	1,00	Terrain sec			
1,20	0,94	Terrain très sec			Cendres
1,50	0,86				
2,00	0,76				
2,50	0,70				
3,00	0,65				

Fig. 9 – Correction ( $F_T$ ) suivant la résistivité thermique du sol.

Facteurs de correction pour groupement de plusieurs câbles posés directement dans le sol. Câbles monoconducteurs ou multiconducteurs disposés horizontalement ou verticalement.

Distance entre câbles multiconducteurs ou groupements de trois câbles monoconducteurs

Nombre de câbles ou de circuits	Nulle (câbles jointifs)	Un diamètre de câble	Distance			Méthode de référence	Mode de pose
			0,25 m	0,5 m	1 m		
2	0,76	0,79	0,84	0,88	0,92	D	62-63
3	0,64	0,67	0,74	0,79	0,85		
4	0,57	0,61	0,69	0,75	0,82		
5	0,52	0,56	0,65	0,71	0,80		
6	0,49	0,53	0,60	0,69	0,78		

Facteurs de correction pour conduits enterrés disposés horizontalement ou verticalement à raison d'un câble ou d'un groupement de trois câbles monoconducteurs par conduit.

Distance entre câbles multiconducteurs ou groupements de trois câbles monoconducteurs

Nombre de conduits	Nulle (conduits jointifs)	Distance			Méthode de référence	Mode de pose
		0,25 m	0,5 m	1 m		
2	0,87	0,93	0,95	0,97	D	61
3	0,77	0,87	0,91	0,95		
4	0,72	0,84	0,89	0,94		
5	0,68	0,81	0,87	0,93		
6	0,65	0,79	0,86	0,93		

Facteurs de correction dans le cas de plusieurs circuits ou câbles dans un même conduit enterré

Nombre de circuits ou de câbles multiconducteurs	Méthode de référence D											
	Mode de pose 61											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
Facteurs de correction	1,00	0,71	0,58	0,50	0,45	0,41	0,38	0,35	0,33	0,29	0,25	0,22

Pour un même mode de pose le coefficient  $F_n$  peut résulter du produit des facteurs de correction ci-dessus.

Fig. 10 – Correction ( $F_n$ ) suivant le groupement de câbles et de conduits enterrés.

COEFFICIENTS CORRECTEURS $f$ SUIVANT L'INSTALLATION POUR CÂBLES POSÉS À L'AIR LIBRE	Températures ambiantes $\theta_a$ en °C	Élastomère (Caoutchouc) ( $\theta_p = 85$ °C)	PVC ( $\theta_p = 70$ °C)	PR, EPR ( $\theta_p = 90$ °C)
	– Les valeurs de $f_i$ ci-contre sont données pour des câbles à l'abri du rayonnement solaire.  – Si les câbles sont exposés au rayonnement solaire, multiplier $f_i$ par 0,85	10	1,29	1,22
15		1,22	1,17	1,12
20		1,15	1,12	1,08
25		1,07	1,07	1,04
30		1	1	1
35		0,93	0,93	0,96
40		0,82	0,87	0,91
45		0,71	0,79	0,87
50		0,58	0,71	0,82
55		–	0,61	0,76
60		–	0,50	0,71
65		–	–	0,65
70		–	–	0,58
75		–	–	0,50
80		–	–	0,41

Fig 11 – Correction ( $f_i$ ) suivant la température de l'air ambiant. Valeur de  $\theta_p$  (Fig. 17)

**COEFFICIENTS  
CORRECTEURS  
f  
SUIVANT  
L'INSTALLATION  
POUR CÂBLES  
POSÉS À L'AIR  
LIBRE**

Mode de pose	Description	Méthode de référence	f <sub>p</sub>	Mode de pose	Description	Méthode de référence	f <sub>p</sub>	
1 2	Conduits encastrés dans les parois thermiquement isolantes avec :	B	0,77 0,70	25	Câbles mono ou multiconducteurs dans : - des faux plafonds - des plafonds suspendus posés sous des plafonds non démontables	B	0,95	
	- conducteurs isolés - câbles multiconducteurs							
3 3A	Conduits en montage apparent avec :	B	1,00 0,90	31 31A	Goulotte fixée aux parois en parcours horizontal avec : - câbles mono ou conducteurs isolés - câbles multiconducteurs	B B	1,00 0,90	
	- conducteurs isolés - câbles mono ou multiconducteurs							
4 4A	Conduits profilés en montage apparent avec :	B	1,00 0,90	32 32A	Goulotte fixée aux parois en parcours vertical avec : - câbles mono ou conducteurs isolés - câbles multiconducteurs	B B	1,00 0,90	
	- conducteurs isolés - câbles mono ou multiconducteurs							
5 5A	Conduits encastrés dans les parois avec :	B	1,00 0,90	33 33A	Goulotte encastrée dans les planchers avec : - conducteurs isolés - câbles mono ou multiconducteurs	B B	1,00 0,90	
	- conducteurs isolés - câbles mono ou multiconducteurs							
11 11A	Câbles mono ou multiconducteurs avec ou sans armure :	C	1,00 0,95	34 34A	Goulotte suspendue avec : - conducteurs isolés - câbles mono ou multiconducteurs	B B	1,00 0,90	
	- fixés au mur - fixés au plafond							
12	- sur des chemins de câbles ou tablettes non perforées	C	1,00	41	Conducteurs isolés dans des conduits ou câbles multiconducteurs dans des caniveaux fermés en parcours horizontal ou vertical	B	0,95	
13	- sur des chemins de câbles ou tablettes perforées, en parcours horizontal ou vertical	câble multi E	1,00					
14	- sur des corbeaux ou treillis soudés	câble mono F	1,00					
16	- sur des échelles à câbles	E	1,00	42	Câbles mono ou multiconducteurs dans des caniveaux ventilés	B	1,00	
17	Câbles mono ou multiconducteurs suspendus à un câble porteur ou autoporteur	E	F	1,00	43	Câbles mono ou multiconducteurs dans des caniveaux ouverts ou ventilés	B	1,00
18	Conducteurs nus ou isolés sur isolateurs	C	1,21	61	Câbles mono ou multiconducteurs dans des conduits, des fourreaux ou des conduits profilés enterrés	D	0,80	
21	Câbles mono ou multiconducteurs dans des vides de construction	B	0,95	62	Câbles mono ou multiconducteurs enterrés sans protection mécanique complémentaire	D	1,00	
22 22A	Conduits dans des vides de construction avec :	B	0,95 0,865	63 71	Câbles mono ou multiconducteurs enterrés avec protection mécanique complémentaire Conducteurs isolés dans des plinthes ou des moulures en bois	D B	1,00 1,00	
	- conducteurs isolés - câbles mono ou multiconducteurs							
23 23A	Conduits profilés dans des vides de construction avec :	B	0,95 0,865	73	Conducteurs isolés dans des conduits ou câbles multiconducteurs dans des chambranles	B	0,90 pour câble multi	
	- conducteurs isolés - câbles mono ou multiconducteurs							
24 24A	Conduits profilés noyés dans la construction avec :	B	0,95 0,865	74 81	Conducteurs isolés dans des conduits ou câbles multiconducteurs dans des huisseries de fenêtres Câbles immergés dans l'eau	B À l'étude	0,90 pour câble multi	
	- conducteurs isolés - câbles mono ou multiconducteurs							

Le tableau ci-dessus donne, en fonction du mode de pose et du type de câble ou de conducteur, les éléments suivants :

- le numéro du mode de pose (1 à 74) pour déterminer le coefficient  $f_n$  (groupement de circuits sur une couche Fig. 13), le coefficient  $f_c$  (pose sous conduits Fig. 15),
- la méthode de référence (B à F) pour déterminer les intensités admissibles et les sections des conducteurs (Fig. 5 et Fig. 6),
- le coefficient  $f_p$  à appliquer.

Fig. 12 - Correction (f<sub>p</sub>) suivant le mode de pose (tableau 52C de la NFC 15-100)

Modes de pose	Nombre de circuits ou de câbles multiconducteurs											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
1 à 5 A 21 à 43, 71	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,55	0,55	0,50	0,50	0,45	0,40	0,40
11, 12	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	Pas de coefficient de réduction supplémentaire pour plus de 9 câbles		
11A	1,00	0,85	0,76	0,72	0,69	0,67	0,66	0,65	0,64			
13	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72			
14, 16 et 17	1,00	0,88	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,79	0,78			

Les circuits ou les câbles sont considérés jointifs si la distance entre deux câbles voisins est inférieure à deux fois le diamètre du plus gros câble.

Fig. 13 – Correction ( $f_n$ ) suivant le groupement de circuits ou de câbles multiconducteurs sur une couche

CHARIOT PORTE-CÂBLES	Nombre de câbles posés conjointement sur le chariot				
	2	3	4	5	
Coefficient de correction					
0,94    0,88    0,87    0,86					
TAMBOUR D'ENROULEUR	Tambour monospire		Tambour multispire		
	Nombre de couches	Coefficient de correction	Nombre de couches	Nombre de spires jointives	Coefficient de correction
	1	1,00	1	1	1,00
	2	0,88		2	0,94
	3	0,80		3	0,88
	4	0,76		4	0,87
	5	0,75		5	0,86
	6	0,74		6	0,85
	7	0,73	2	7 et plus	0,85
	8	0,73		1 couche complète + 1	0,84
	9	0,72		2	0,76
	10	0,71		3	0,71
	11	0,70		4	0,68
	12	0,69	3	5	0,66
	13	0,68		6 et plus	0,66
14	0,68	2 couches complètes + 1		0,61	
15	0,67	2		0,60	
			3	0,59	
			4	0,55	
			5	0,53	
			6 et plus	0,53	

Ce coefficient de correction  $f_m$  se substitue aux coefficients  $f_p$ ,  $f_n$ ,  $f_c$  et  $f_g$ .

Fig. 14 – Correction ( $f_m$ ) dans le cas des liaisons d'alimentation d'engins mobiles

**Exemple :**

- Alimentation d'un moteur triphasé de 10 kW par un câble tripolaire U 1000 R2V (âmes en cuivre) posé sur chemin de câbles perforé à l'abri du soleil (on suppose  $K = 1$ ).
- Nombre de câbles existant sur le chemin de câbles : 3.
- Tension triphasée : 400 V.
- Température ambiante :  $t_a = \theta_a = 25$  °C.
- Calcul de l'intensité à transporter (on suppose un régime nominal permanent de fonctionnement) Le tableau (Fig. 1) donne 23 A sous 400 V.
- Pose à l'air libre :  
Le tableau (Fig. 11) donne  $f_k = 1,04$   
Le tableau (Fig. 12) donne le mode de pose 13 ;  $f_p = 1,00$  ; méthode de référence E  
Le tableau (Fig. 13) donne  $f_n = 0,77$  (4 liaisons jointives)
- Calcul de l'intensité admissible  $I_z = 1 \times 23 / (1,04 \times 1,00 \times 0,77) = 28,7$  A  
Le tableau (Fig. 6) donne  $S = 2,5$  mm<sup>2</sup> (E – PR/3) supportant 31 A (prendre  $I_z$  immédiatement supérieur dans le tableau)

<b>COEFFICIENTS CORRECTEURS <math>f</math> SUIVANT L'INSTALLATION POUR CÂBLES POSÉS À L'AIR LIBRE</b>	<b>Mode de pose</b>	<b>Numéros : 1 – 2 – 3 – 3A – 4 – 4A – 21 – 22 – 22A – 23 – 23A – 41 – 42</b>					
	<b>Nombre de conduits disposés verticalement</b>	<b>Nombre de conduits disposés horizontalement</b>					
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
	<b>1</b>	1,00	0,94	0,91	0,88	0,87	0,86
	<b>2</b>	0,92	0,87	0,84	0,81	0,80	0,79
	<b>3</b>	0,85	0,81	0,78	0,76	0,75	0,74
	<b>4</b>	0,82	0,78	0,74	0,73	0,72	0,72
	<b>5</b>	0,80	0,76	0,72	0,71	0,70	0,70
	<b>6</b>	0,79	0,75	0,71	0,70	0,69	0,68
	Conduits posés à l'air libre ou dans les vides des constructions						
	<b>Mode de pose</b>	<b>Numéros : 5 – 5A – 24 – 24A</b>					
	<b>Nombre de conduits disposés verticalement</b>	<b>Nombre de conduits disposés horizontalement</b>					
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
	<b>1</b>	1,00	0,87	0,77	0,72	0,68	0,65
	<b>2</b>	0,87	0,71	0,62	0,57	0,53	0,50
	<b>3</b>	0,77	0,62	0,53	0,48	0,45	0,42
	<b>4</b>	0,72	0,57	0,48	0,44	0,40	0,38
	<b>5</b>	0,68	0,53	0,45	0,40	0,37	0,35
	<b>6</b>	0,65	0,50	0,42	0,38	0,35	0,32
	Conduit encastrés						
<i>Fig. 15 – Correction (<math>f_c</math>) pour pose sous conduits et conduits joints</i>							
<b>Nombre de couches</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4 ou 5</b>	<b>6 à 8</b>	<b>9 et +</b>		
<b>Facteur de correction</b>	0,80	0,73	0,70	0,68	0,66		
<i>Fig. 16 – Correction (<math>f_g</math>) suivant le groupement de circuits ou de câbles multiconducteurs sur plusieurs couches</i>							
Autres coefficients d'installation :							
<b>TYPE DE RÉSEAU</b>	Si réseau non équilibré			$f_r = 0,84$			
<b>RISQUE D'EXPLOSION</b>	Si risque d'explosion			$f_e = 0,85$			
<b>F POUR LES CANALISATIONS ENTERRÉES</b>			<b>f POUR LES CANALISATIONS A L'AIR AMBIANT</b>				
$F = F_1 \cdot F_r \cdot F_n$			$f = f_1 \cdot f_p \cdot f_n \cdot f_c \cdot f_g \cdot f_r \cdot f_e$				
<b>6.1.7. SECTION MINIMALE DES CONDUCTEURS</b>	<b>Nature des canalisations</b>		<b>Utilisation du circuit</b>		<b>Conducteurs</b>		
	Installations fixes	Câbles et conducteurs isolés	Puissance et éclairage	Cuivre	1,5		
			Signalisation et commande	Aluminium	2,5		
		Conducteurs nus	Puissance	Cuivre	0,5*		
			Signalisation et commande	Aluminium	10		
	Liaisons souples par câbles ou conducteurs isolés	Pour un appareil déterminé	Cuivre	16			
		Pour toute autre application	Cuivre	4			
		Circuits à très basse tension pour applications spéciales	Cuivre	Suivant norme de l'appareil			
					0,75**		
					0,75		
* Une section minimale de 0,1 mm <sup>2</sup> est admise dans les circuits de signalisation et de commande destinés aux applications électroniques.							
** Une section minimale de 0,1 mm <sup>2</sup> est admise pour les câbles souples comportant au moins sept conducteurs dans les circuits de commande et de signalisation destinés aux matériels électriques.							

A – La section  $S_{cc}$  dépend :

- de la température maximale admise en régime permanent et en fin de court-circuit, suivant la nature de l'isolant. Tableau Fig. 17.
- de l'intensité transportée par rapport à l'intensité admissible. Abaques Fig. 18 ci-dessous.
- de la densité de courant admissible et de la durée du court-circuit. Abaques Fig. 19.

Températures maximales (°C)	Nature de l'isolant des câbles et conducteurs		
	Polychlorure de vinyle (PVC)	Caoutchouc butyle	Polyéthène réticulé (PR) éthylène propylène (EPR)
En régime permanent : $\theta_p$	70	85	90
En fin de court-circuit : $\theta_{cc}$	160	220	250

Les valeurs  $\theta_p = 70$  °C et  $\theta_{cc} = 160$  °C s'appliquent également aux connexions soudées à l'étain.

Fig. 17 – Températures maximales admises.

$\theta$  en °C (Température sur l'âme pour  $I$  différent de  $I_p$ )

Les courbes en rouge sont valables pour une température ambiante de 20 °C (pose dans le sol).

Les courbes en noir sont valables pour une température ambiante de 30 °C (pose à l'air libre).

$\theta_p$  : température admissible sur l'âme en permanence.

$I$  : intensité à transporter en A.

$I_p$  : intensité admissible en permanence en A.

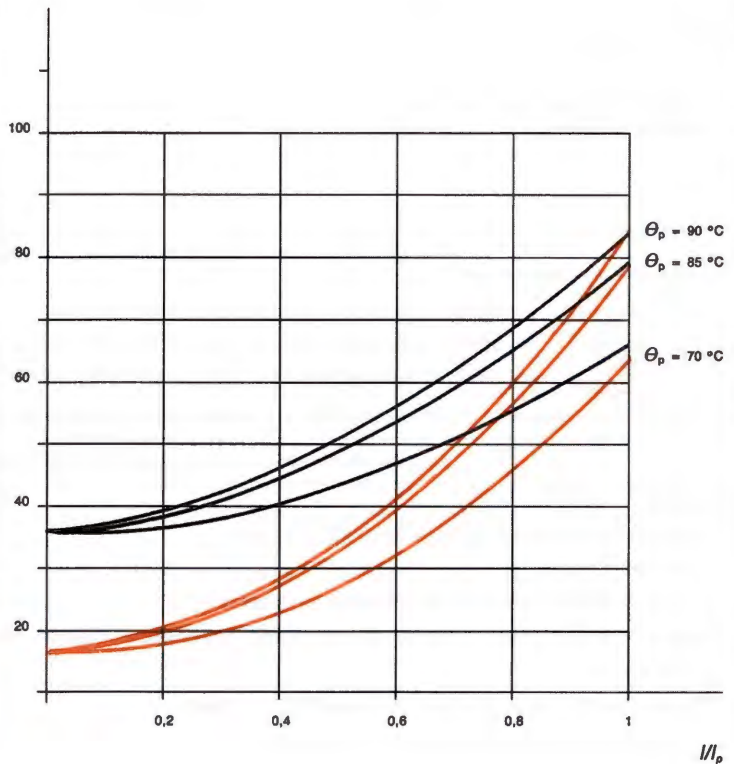


Fig. 18 – Détermination de  $\theta$  pour une intensité différente de l'intensité admissible en permanence.

**6.1.8. DÉTERMINATION DE LA SECTION DES CONDUCTEURS  $S_{cc}$  (à partir du courant de court-circuit)**

$\theta_{cc}$  (température à la fin du court-circuit) est à lire dans le tableau (Fig. 17)

$\theta$  (température au début du court-circuit) est à lire sur l'abaque (Fig. 18)

En noir : courbes pour une âme conductrice en cuivre.

En rouge : courbes pour une âme conductrice en aluminium.

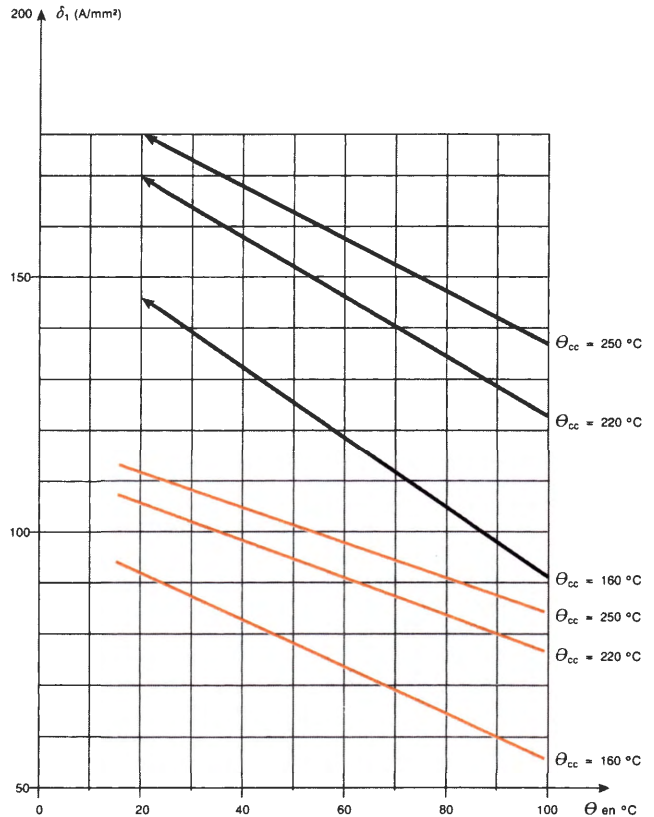


Fig. 19 – Détermination de la densité de courant de court-circuit.

$$S_{cc} = \frac{I_{cc} \sqrt{t_{cc}}}{\delta_1}$$

$I_{cc}$  : courant de court-circuit présumé en A (§ 6.1.9.)

$\delta_1$  : densité de courant admissible pendant le court-circuit en A/mm<sup>2</sup>. (Abaques Fig. 19)

$t_{cc}$  : durée du court-circuit en s (elle est fonction de l'appareil de protection contre les courts-circuits).

Cette relation est applicable seulement pour des temps de coupure inférieurs à 5 s.

Fig. 20 – Détermination de la section de court-circuit  $S_{cc}$  en mm<sup>2</sup>.

**Exemple :**

- Alimentation d'un moteur triphasé de 10 kW sous 400 V
- $I_{cc}$  présumé : 4 kA
- $t_{cc} = 0,05$  s (fixé par l'appareil de protection en début de ligne)
- Câble U 1000 R 2 V Cu  $I \neq I_p$  (régime permanent ou charge maximale du câble non atteinte)
- $t_a = \theta_a = 25$  °C
- Pose sur chemin de câbles (à l'air libre) 3 liaisons installées
- Définition de l'isolant : U 1000 R 2V → PR (§ 6.2.4.)

Détermination de  $S_{cc}$  :

- Le tableau (Fig. 17) indique  $\theta_p = 90$  °C et  $\theta_{cc} = 250$  °C (PR)
- $I \neq I_p \rightarrow I/I_p = 23/31 = 0,742$   
(l'exemple § 6.1.6. donnant  $I = 23$  A pour un courant admissible de 31 A dans une section de 2,5 mm<sup>2</sup>)
- L'abaque (Fig. 18) indique :  $\theta = 65$  °C ( $I/I_p = 0,742$ , pose à l'air libre,  $\theta_p = 90$  °C)
- L'abaque (Fig. 19) indique :  $\delta_1 = 156$  A/mm<sup>2</sup> ( $\theta = 65$  °C âme en cuivre,  $\theta_{cc} = 250$  °C)
- Le calcul (Fig. 20) donne :  $S_{cc} = 4000 \times \sqrt{0,05} / 156 = 5,73$  mm<sup>2</sup>  $S_{cc} = 6$  mm<sup>2</sup>

**DÉTERMINATION DE LA SECTION DES CONDUCTEURS  $S_{cc}$**

**B** – Une bonne approximation de la section  $S_{cc}$  si  $i_{cc}$  est connu ou de la durée de court-circuit  $t_{cc}$  si  $S_{cc}$  est connue est donnée par la relation suivante : (NFC 15-100, § 434.3)

$$S_{cc} = \frac{i_{cc} \sqrt{t_{cc}}}{k_1}$$

$S_{cc}$  : section de l'âme conductrice en  $mm^2$ .

$i_{cc}$  : courant de court-circuit effectif en A. (Valeur efficace.)

$t_{cc}$  : durée du court-circuit en s

$k_1$  : 115 (143) pour les conducteurs en cuivre isolés au PVC.

135 pour les conducteurs en cuivre isolés au butyle.

143 (176) pour les conducteurs en cuivre isolés au PR ou EPR.

76 (95) pour les conducteurs en aluminium isolés au PVC.

94 (116) pour les conducteurs en aluminium isolés au PR ou EPR.

Entre parenthèses : câbles PE isolés ou nus non incorporés aux câbles multiconducteurs.

Exemple précédent :

$$S_{cc} = \frac{4000 \sqrt{0,05}}{143} = 6,25 \text{ mm}^2$$

**AMPLITUDE MAXIMALE DE LA CRÊTE ASYMÉTRIQUE DU COURANT DE COURT-CIRCUIT**

$$i_{cc} = K \cdot i_{cc} \sqrt{2}$$

$$\cos \alpha_{cc} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X^2}}$$

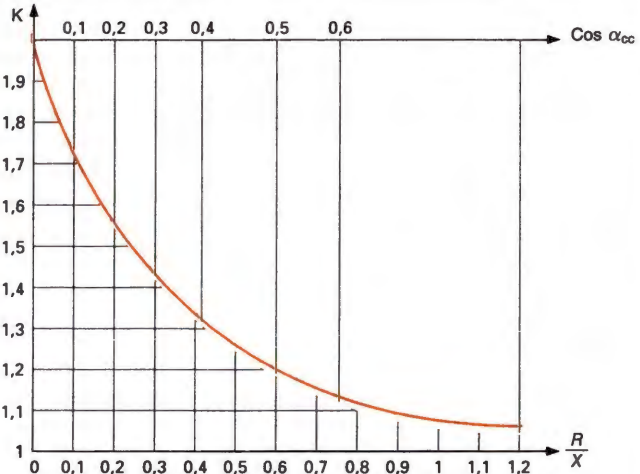


Fig. 21 – Valeurs de K permettant le calcul de la première onde asymétrique de crête du courant de court-circuit (UTE C 15-105)

**6.1.9. PROTECTION CONTRE LES COURANTS DE COURT-CIRCUIT**

**Exemple :**  $i_{cc} = 32,7 \text{ kA.eff}$

$X = 5 \cdot 10^{-3} \Omega$

$R = 5 \cdot 10^{-3} \Omega$

$R/X = 1 \rightarrow$

$K = 1,08 \rightarrow$

$\hat{i}_{cc} = 32,7 \times 1,08 \times \sqrt{2} = 50 \text{ kA.}$

Plus  $\cos \varphi_{cc}$  est faible plus la composante asymétrique est grande.

**CALCUL DES COURANTS DE COURT-CIRCUIT : (UTE C 15-105)**

Il est nécessaire de déterminer, pour chaque circuit, le courant de court-circuit maximal présumé  $i_{cc} \text{ maxi}$  à l'origine du circuit et le courant de court-circuit minimal présumé  $i_{cc} \text{ mini}$  à l'extrémité du circuit.

– Le courant de court-circuit maximal  $i_{cc} \text{ maxi}$  permet :

- la vérification du pouvoir de coupure du dispositif de protection (fusibles ou disjoncteur) ;
- la vérification des contraintes thermiques  $I^2t$  des conducteurs lorsque le dispositif de protection est un disjoncteur.

– Le courant de court-circuit minimal  $i_{cc} \text{ mini}$  permet :

- la vérification des conditions de coupure en cas de court-circuit ou de défaut lorsque le dispositif de protection est un disjoncteur ;
- la vérification des contraintes thermiques  $I^2t$  lorsque le dispositif de protection est réalisé par des fusibles.

– La vérification des contraintes thermiques des conducteurs est nécessaire lorsque :

- le circuit n'est pas protégé contre les surcharges ;
- le conducteur de neutre a une section  $S_n$  inférieure à celle des conducteurs de phases et qu'il n'est pas protégé contre les surcharges.

– La vérification des contraintes thermiques  $I^2t$  doit répondre à la condition :

$$I^2t = k_f^2 S^2 > I_{cc}^2 t$$

$I^2t = k_f^2 S^2$  : contraintes thermiques des conducteurs en  $A^2S$ .

$k_f$  : facteur lié à l'âme conductrice et de son isolant (§ 6.1.8. point B)

$S$  : section du conducteur en  $mm^2$

$I_{cc}$  : courant de court-circuit présumé minimum en A

$t$  : temps de fusion des fusibles ou de fonctionnement du disjoncteur (Voir chapitre 20)

### 6.1.9.1. CALCUL DU COURANT DE COURT-CIRCUIT PAR LA MÉTHODE DES IMPÉDANCES

- Les caractéristiques de la source d'alimentation sont connues.
- Les caractéristiques de la boucle de défaut sont connues.
  - Cette méthode permet le calcul des courants de court-circuit  $I_{cc}$  maximaux et  $I_{cc}$  minimaux.

DANS CETTE MÉTHODE LE COURANT DE COURT-CIRCUIT EST DONNÉ PAR :

$$I_{cc} = \frac{U_0}{Z} = \frac{U_0}{\sqrt{\Sigma R^2 + \Sigma X^2}}$$

- $I_{cc}$  : courant de court-circuit en kA
- $U_0$  : tension simple à vide en V
- $\Sigma R$  : résistance totale de la boucle en défaut en  $10^{-3} \Omega$  (m $\Omega$ )
- $\Sigma X$  : réactance totale de la boucle en défaut en  $10^{-3} \Omega$  (m $\Omega$ )

#### A – COURANTS DE COURT-CIRCUIT MAXIMAUX

A.1. – COURANT DE COURT-CIRCUIT TRIPHASÉ SYMÉTRIQUE  $I_{cc3}$  (kA) :

$$I_{cc3} = \frac{U_0}{\sqrt{\left(R_t + \rho_1 \frac{L}{S_{ph} \cdot N_{ph}}\right)^2 + \left(X_t + \lambda \cdot \frac{L}{N_{ph}}\right)^2}}$$

- $R_t$  et  $X_t$  : résistance et réactance d'un conducteur de phase source comprise jusqu'à l'origine du circuit considéré (m $\Omega$ )
- $\rho_1^* = 1,25 \rho_{20}$  : résistivité des conducteurs ( $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ) (Tableau Fig. 25)
- $L$  : longueur simple de la canalisation (m)
- $S_{ph}$  : section des conducteurs de phase du circuit considéré (mm $^2$ )
- $N_{ph}$  : nombre de conducteurs en parallèle par phase
- $\lambda^*$  : réactance linéique des conducteurs (m $\Omega/\text{m}$ )

\* Par le calcul, Fig. 21, 22, 24.  
Graphiquement, Fig. 25, 26.

**Exemple** : § 6.8.

A.2. – COURANT DE COURT-CIRCUIT BIPHASÉ  $I_{cc2}$  (kA) :

$$I_{cc2} = 0,86 I_{cc3}$$

A.3. – COURANT DE COURT-CIRCUIT MONOPHASÉ PHASE NEUTRE  $I_{cc1}$  (kA) :

$$I_{cc1} = \frac{U_0}{\sqrt{\left[R_t + R_n + \rho_1 \cdot L \left(\frac{1}{S_{ph} \cdot N_{ph}} + \frac{1}{S_n \cdot N_n}\right)\right]^2 + \left[\left(X_t + X_n + \lambda \cdot L \cdot \left(\frac{1}{N_{ph}} + \frac{1}{N_n}\right)\right)\right]^2}}$$

\* Par le calcul, Fig. 22, 23, 25

$R_n$  et  $X_n$  : résistance et réactance d'un conducteur de neutre jusqu'à l'origine du circuit considéré (m $\Omega$ )

Graphiquement, Fig. 26, 27

$S_n$  : section du conducteur de neutre du circuit considéré (mm $^2$ )

**Exemple** : § 6.8.

$N_n$  : nombre de conducteurs en parallèle pour le neutre.

A.4. – COURANT DE COURT-CIRCUIT PHASE-NEUTRE AUX BORNES DE SORTIE DU TRANSFORMATEUR  $I_{cc0}$  (kA) :

$$I_{cc0} = K_0 \cdot I_{cc3}$$

$K_0 = 1$  lorsque le transformateur est à couplage étoile-zigzag.

$K_0 = 0,8$  lorsque le transformateur est à couplage triangle-étoile.

(Voir également tableau Fig. 24)

#### B – COURANTS DE COURT-CIRCUIT MINIMAUX

B.1. – COURANT DE COURT-CIRCUIT DANS UNE DISTRIBUTION TRIPHASÉE SANS NEUTRE  $I_{cc}$  (kA) :

$$I_{cc} = 0,86 I_{cc3}$$

$I_{cc3}$  : même relation qu'en A.1. avec  $\rho_1^*$  remplacé par  $\rho_2^* = 1,5 \rho_{20}$  (Tableau Fig. 25)

B.2. – COURANT DE COURT-CIRCUIT DANS UNE DISTRIBUTION TRIPHASÉE AVEC NEUTRE OU MONOPHASÉE PHASE-NEUTRE  $I_{cc}$  (kA) :

$$I_{cc} = I_{cc1}$$

$I_{cc1}$  : même relation qu'en A.3. avec  $\rho_1^*$  remplacé par  $\rho_2^* = 1,5 \rho_{20}$  (Tableau Fig. 25)

$P_{cc}$ (MVA)	$R$ (m $\Omega$ )	$X$ (m $\Omega$ )
125	0,2	1,4
250	0,1	0,7
500	0	0,35

Fig. 22. – Composantes de l'impédance d'un réseau haute tension ramenées côté basse tension en 230/400 V (420 V à vide).

$Z_T = \sqrt{R_T^2 + X_T^2} = \frac{U^2 \theta}{P \cdot 100}$		$Z_T$ en $\Omega$
$R_T = W \frac{U^2}{P^2}$	$\cos \varphi_T = \frac{R}{Z}$	$R_T$ en $\Omega$

$R_T$  : résistance par phase en  $\Omega$ .  
 $U$  : tension nominale secondaire entre phases du transformateur à vide en V.  
 $P$  : puissance nominale du transformateur en kVA  
 $W$  : pertes du transformateur en W.  
 $\theta$  : tension de court-circuit du transformateur en %.  
**Note** : En l'absence d'indications une valeur de 6 % pour  $\theta$  et une valeur de 0,3 pour  $\cos \varphi_T$  sont admises.

Fig. 23 - Composantes de l'impédance du transformateur.

P (kVA)	$I_n$ (A)	$I_{cc0}$ (kA)	Les transformateurs de puissance nominale au plus égale à 3,15 MVA (NF C 52-113) immergés dans un diélectrique liquide peuvent admettre le courant de court-circuit $I_{cc0}$ ci-contre en 230/400 V (420 V à vide)
16	22	0,560	
25	34	0,875	
40	55	1,4	
50	68	1,72	
100	138	3,43	
160	220	5,49	
200	275	6,85	
250	343	8,58	
315	433	10,80	
400	550	13,72	
500	687	17,15	
630	866	21,60	
800	1100	24,40	
1000	1374	27,44	
1250	1708	31,18	
1600	2199	36,61	
2000	2749	42,30	
2500	3436	49,10	
3150	4329	59,20	

Fig. 24 - Courant de court-circuit  $I_{cc0}$  du transformateur.

RÈGLE D'UTILISATION	RÉSISTIVITÉ ( $\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ )		CONDUCTEURS CONCERNÉS	
		Cuivre		Aluminium
$I_{cc3}$ (maxi)	$\rho_1 = 1,25 \rho_{20}$	0,0225	0,036	Ph - N
$I_{cc}$ (mini)	$\rho_2 = 1,5 \rho_{20}$	0,027	0,043	Ph - N
Courant de défaut dans les schémas TN et IT	$\rho_d = 1,25 \rho_{20}$	0,0225	0,036	Ph - N PE - PEN
Chute de tension	$\rho_u = 1,25 \rho_{20}$	0,0225	0,036	Ph - N
Vérification des contraintes thermiques des conducteurs $I^2$	$\rho_{th} = 1,5 \rho_{20}$	0,027	0,043	Ph - N PEN - PE si même câble
	$\rho_{th} = 1,25 \rho_{20}$	0,0225	0,036	PE si séparé

$\rho_{20}$  = résistivité des conducteurs à 20 °C :  
0,018  $\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$  pour le cuivre et 0,029  $\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$  pour l'aluminium.  
 $\lambda$  = réactance linéique des conducteurs :  
0,08 m $\Omega/\text{m}$  quels que soient le mode de pose, la disposition et la nature des conducteurs.

Fig. 25 - Impédance des conducteurs.

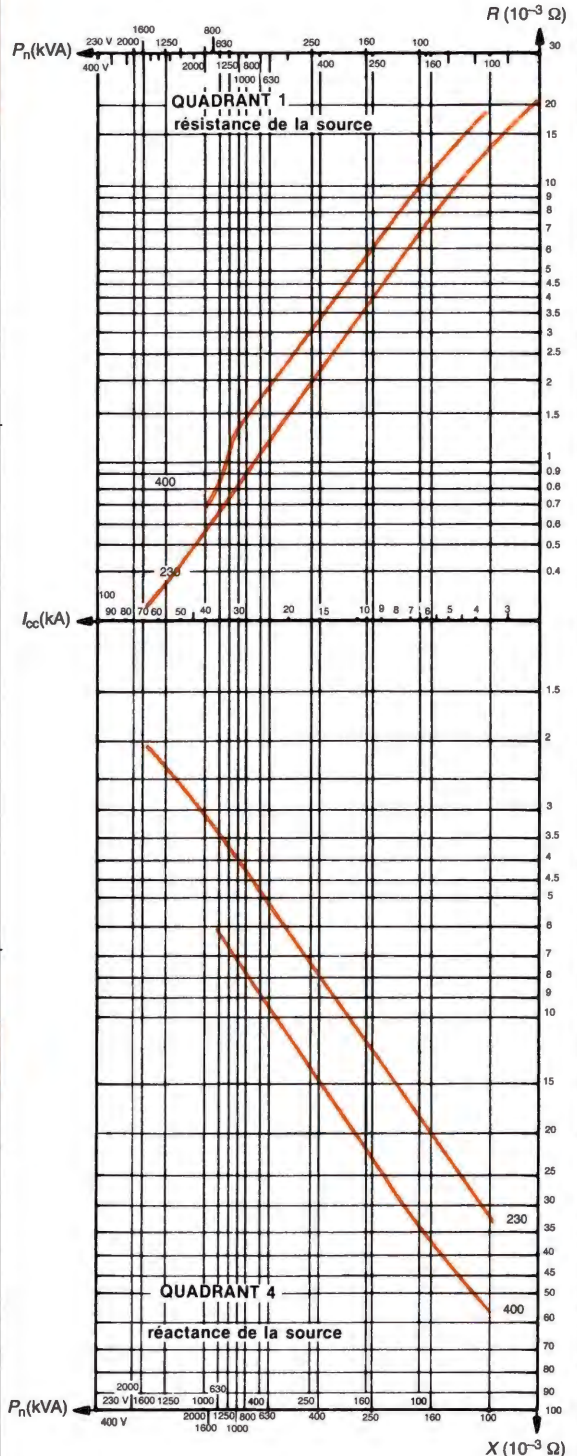
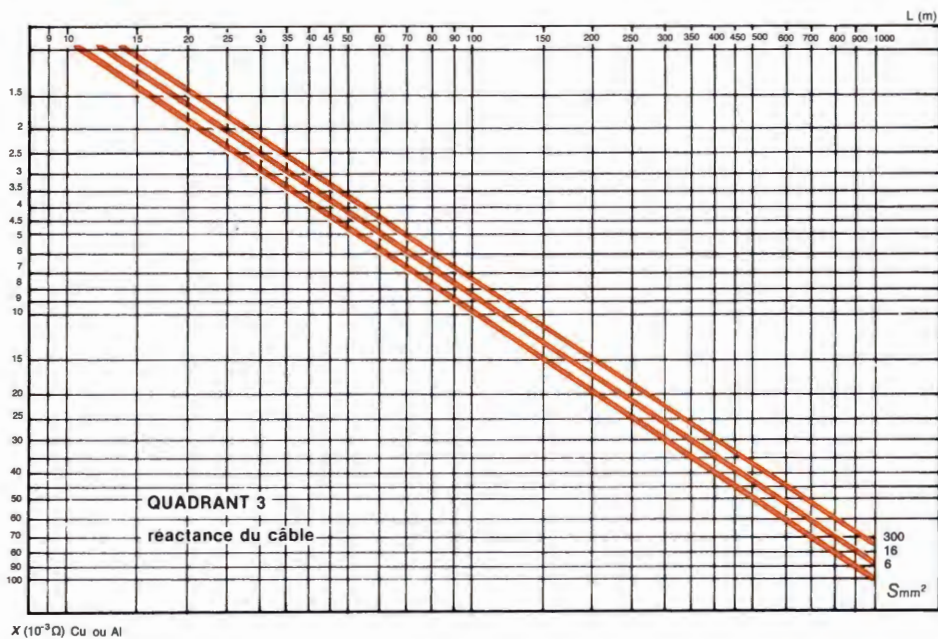
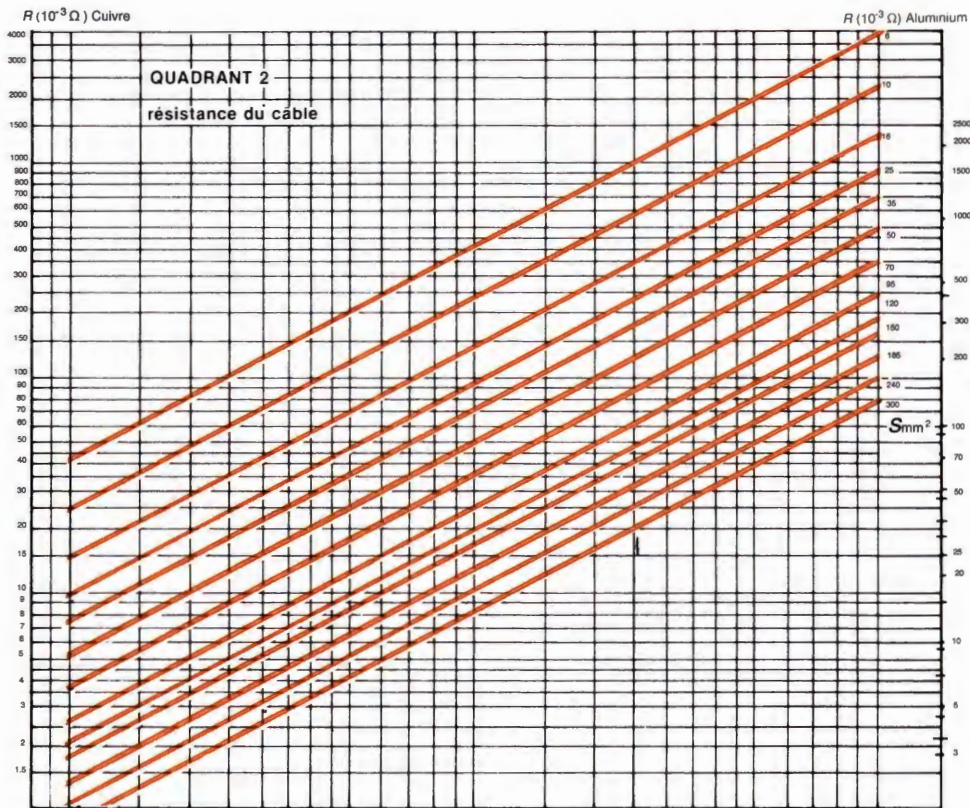


Fig. 26 - Composantes de l'impédance de la source.



Pour les jeux de barres : – la résistance  $R$  est négligeable ;  
 – la réactance  $X$  se lit sur la courbe 6 mm<sup>2</sup> (prendre un rapport 10 pour plus de précision).

**Fig. 27 – Composantes de l'impédance des câbles et des jeux de barres.**

### 6.1.9.2. CALCUL DU COURANT DE COURT-CIRCUIT PAR LA MÉTHODE DE COMPOSITION

- Le courant de court-circuit à l'origine est connu.
- Les caractéristiques en amont ne sont pas connues.
  - Cette méthode permet de déterminer les courants de court-circuit  $I_{cc}$  maximaux à l'extrémité d'une canalisation. Elle s'applique à des installations dont la puissance est inférieure à 800 kVA.

ÉVALUATION DU COURANT DE COURT-CIRCUIT TRIPHASÉ  $I_{cc3}$  (kA) (Fig. 29)

**Données :**

Transformateur triphasé  
20 kV/400 V 50 Hz  
S = 160 kVA



Ligne triphasée  
L = 120 m S = 70 mm<sup>2</sup> (Cu)

Détermination du courant de court-circuit  $I_{ccx}$  ?

**Solution :**

La Fig. 24 donne  $I_{cc0} = 5,49$  kA ( $I_{cc}$  amont) (Courant de court-circuit aux bornes du transformateur 20 kV/400 V de puissance 160 kVA).

Le tableau Fig. 29 donne pour :

$S_{Cu} = 70$  mm<sup>2</sup> L = 75 m  $I_{cc}$  amont = 7 kA  
un  $I_{ccx}$  de 4 kA

**Remarques :**

- Choisir la valeur la plus proche par défaut de la longueur de câble considérée dans le tableau Fig. 29
- Choisir la valeur la plus proche par excès du courant de court-circuit amont dans le tableau Fig. 29

### 6.1.9.3. CALCUL DU COURANT DE COURT-CIRCUIT PAR LA MÉTHODE CONVENTIONNELLE

- Le courant de court-circuit à l'origine n'est pas connu.
- Les caractéristiques de l'alimentation en amont ne sont pas connues.
  - Cette méthode permet de déterminer les courants de court-circuit  $I_{cc}$  minimaux. Elle s'applique pour les circuits terminaux situés suffisamment loin de la source d'alimentation.

CALCUL DU COURANT DE COURT-CIRCUIT MINIMAL À L'EXTRÉMITÉ D'UNE CANALISATION  $I_{cc}$  (A) :

$$I_{cc} = \frac{0,8 U}{2 \rho_2 \frac{L}{S}}$$

U : tension, en service normal, à l'endroit où est installé le dispositif de protection, en V.

L : longueur des conducteurs de la canalisation en m.

S : section des conducteurs en mm<sup>2</sup>.

$\rho_2 = 1,5 \rho_{20}$  : résistivité des conducteurs en  $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$  (Tableau Fig. 25)

**TABLEAUX DONNANT DIRECTEMENT LA LONGUEUR MAXIMALE DE CANALISATION DE SECTIONS DONNÉES PROTÉGÉES CONTRE LES COURTS-CIRCUITS.**

- Conditions d'utilisation :
  - Caractéristiques de fonctionnement conformes aux normes en vigueur.
  - Temps de fonctionnement du dispositif de protection inférieur à 5 s.
  - Conducteurs en cuivre dans une installation triphasée 230/400 V.
- Types de protection :
  - Fusible gG → Fig. 31
  - Fusible aM → Fig. 31
  - Disjoncteurs type C → Fig. 33
  - Disjoncteurs type D → Fig. 34
  - Disjoncteurs à usage général → Fig. 35

Lorsque deux valeurs sont indiquées pour une même section et un même courant assigné, la première concerne les conducteurs isolés au PVC, la seconde les conducteurs isolés au PR ou EPR.

Alimentation 230/400 V avec neutre distribué ou 230 V monophasée		Alimentation biphasée issue d'une alimentation triphasée 230/400 V	Conducteur en aluminium	
			Protection par fusible	Protection par disjoncteur
$S_n = S_{ph}$	$S_n = S_{ph}/2$			
0,58	0,77	0,86	0,41	0,62

**Fig. 28 - Facteurs de correction à appliquer aux longueurs d'utilisation ne sont pas respectées.**

CUIVRE	Section des conducteurs de phase (mm <sup>2</sup> )	Longueur de la canalisation (en mètre)																													
		1,5																			0,8	1	1,3	1,6	3	6,5	8	9,5	13	16	32
2,5																				1	1,3	1,6	2,1	2,6	5	10	13	160	21	26	50
4																			0,8	1,7	2,1	2,5	3,5	4	8,6	17	21	250	34	42	85
6																			1,3	2,5	3	4	5	6,5	13	25	32	38	50	65	130
10																	0,8	1,1	2,1	4	5,5	6,5	8,5	11	21	42	55	65	85	110	210
16										0,9	1	1,4	1,7	3,5	7	8,5	10	14	17	34	70	85	100	140	170	340					
25							1	1,3	1,6	2,1	2,6	5	10	13	16	21	26	50	100	130	160	210	260								
35							1,5	1,9	2,2	3	3,5	7,5	15	19	22	30	37	75	150	190	220	300	370								
50							1,1	2,1	2,7	3	4	5,5	11	21	27	32	40	55	110	210	270	320									
70							1,5	3	3,5	4,5	6	7,5	15	30	37	44	60	75	150	300	370										
95						0,9	1	2	4	5	6	8	10	20	40	50	60	80	100	200	400										
120			0,9	1	1,1	1,3	2,5	5	6,5	7,5	10	13	25	50	65	75	100	130	250												
150	0,8	1	1,1	1,2	1,4	2,7	5,5	7	8	11	14	27	55	70	80	110	140	270													
185	1	1,1	1,3	1,5	1,6	3	6,5	8	9,5	13	16	32	65	80	95	130	160	320													
240	1,2	1,4	1,6	1,8	2	4	8	10	12	16	20	40	80	100	120	160	200	400													
300	1,5	1,7	1,9	2,2	2,4	5	9,5	12	15	19	24	49	95	120	150	190	240														
2 x 120	1,5	1,8	2	2,3	2,5	5,1	10	13	15	20	25	50	100	130	150	200	250														
2 x 150	1,7	1,9	2,2	2,5	2,8	5,5	11	14	17	22	28	55	110	140	180	220	280														
2 x 185	2	2,3	2,6	2,9	3,5	6,5	13	16	20	26	33	65	130	160	200	260	330														
3 x 120	2,3	2,7	3	3,5	4	7,5	15	19	23	30	38	75	150	190	230	300	380														
3 x 150	2,5	2,9	3,5	3,5	4	8	16	21	25	33	41	80	160	210	250	330	410														
3 x 185	2,9	3,5	4	4,5	5	9,5	20	24	29	39	49	95	190	240	290	390															

I <sub>cc</sub>	I <sub>cc</sub> amont	Courant de court-circuit au niveau considéré																																							
		100	94	94	93	92	91	83	71	67	63	56	60	33	20	17	14	11	9	5	2,4	2	1,6	1,2	1	0,5															
90	85	85	84	83	83	76	66	62	58	52	47	32	20	16	14	11	9	4,5	2,4	2	1,6	1,2	1	0,5																	
80	76	76	75	75	74	69	61	57	54	49	44	31	19	16	14	11	9	4,5	2,4	2	1,6	1,2	1	0,5																	
70	67	67	66	66	65	61	55	52	49	45	41	29	18	16	14	11	9	4,5	2,4	1,9	1,6	1,2	1	0,5																	
60	58	58	57	57	57	54	48	46	44	41	38	27	18	15	13	10	8,5	4,5	2,4	1,9	1,6	1,2	1	0,5																	
50	49	48	48	48	48	46	42	40	39	36	33	25	17	14	13	10	8,5	4,5	2,4	1,9	1,6	1,2	1	0,5																	
40	39	39	39	39	39	37	35	33	32	30	29	22	15	13	12	9,5	8	4,5	2,4	1,9	1,6	1,2	1	0,5																	
35	34	34	34	34	34	33	31	30	29	27	26	21	15	13	11	9	8	4,5	2,3	1,9	1,6	1,2	1	0,5																	
30	30	29	29	29	29	28	27	26	25	24	23	19	14	12	11	9	7,5	4,5	2,3	1,9	1,6	1,2	1	0,5																	
25	25	25	25	24	24	24	23	22	22	21	20	17	13	11	10	8,5	7	4	2,3	1,9	1,6	1,2	1	0,5																	
20	20	20	20	20	20	19	19	18	18	17	17	14	11	10	9	7,5	6,5	4	2,2	1,8	1,5	1,2	1	0,5																	
15	15	15	15	15	15	15	14	14	14	13	13	12	9,5	8,5	8	7	6	4	2,1	1,8	1,5	1,2	0,9	0,5																	
10	10	10	10	10	10	10	9,5	9,5	9,5	9,5	9	8,5	7	6,5	6,5	5,5	5	3,5	2	1,7	1,4	1,1	0,9	0,5																	
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6,5	6,5	6,5	6	5,5	5	5	4,5	4	2,9	1,8	1,6	1,3	1,1	0,9	0,5																
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4,5	4	4	4	3,5	3,5	2,5	1,7	1,4	1,3	1,1	0,8	0,5																
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3,5	3,5	3,5	3	3	2,9	2,2	1,5	1,3	1,2	1,1	0,8	0,4																
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2,9	2,9	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,3	1,9	1,4	1,2	1,1	0,9	0,8	0,4																
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1,9	1,9	1,8	1,8	1,7	1,7	1,4	1,1	1	0,9	0,8	0,7	0,4																
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9	0,9	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,3																

Fig. 29 - Courant de court-circuit en kA (Méthode de composition), âme des conducteurs en cuivre.

ALUMINIUM	Section des conducteurs de phase (mm <sup>2</sup> )	Longueur de la canalisation (en mètre)																																			
230 400 V	2,5																					0,8	1	1,3	1,6	3	6,5	8	9,5	13	16	32					
	4																						1	1,3	1,6	2,1	2,6	5	10	13	16	21	26	50			
	6																						0,8	1,6	2	2,4	3	4	8	16	20	24	32	40	60		
	10																						1,3	2,6	3,5	4	5,5	6,5	13	26	33	40	55	65	130		
	16														0,8	1,1	2,1	4	5,5	6,5	8,5	11	21	42	55	65	85	105	210								
	25											0,8	1	1,3	1,7	3,5	6,5	8,5	10	13	17	33	65	85	100	130	165	330									
	35											0,9	1,2	1,4	1,8	2,3	4,5	9	12	14	18	23	46	90	120	140	180	230									
	50											1,3	1,7	2	2,6	3,5	6,5	13	17	20	26	33	65	130	170	200	260	330									
	70											0,9	1,8	2,3	2,8	3,5	4,5	9	18	23	28	37	46	90	180	230	280	370									
	95											1,3	2,5	3	4	5	6,5	13	25	32	38	50	65	130	250	310	380										
	120											0,8	1,7	3	4	4,5	6,5	8	17	32	40	47	65	80	160	320	400										
	150											0,9	1,7	3,5	4,5	5	7	8,5	17	34	43	50	70	85	170	340											
	185											0,9	1	2	4	5	6	8	10	20	40	50	60	80	100	200	400										
	240											0,9	1	1,1	1,3	2,5	5	6,5	7,5	10	13	25	50	65	75	100	130	250									
	300											0,9	1	1,2	1,4	1,5	3	6	7,5	9	12	15	30	60	75	90	120	150	300								
	2 × 120											0,9	1,1	1,3	1,4	1,6	3	6,5	8	9,5	13	16	32	65	80	95	130	160	320								
	2 × 150											1	1,2	1,4	1,5	1,7	3,5	7	9	10	14	17	35	70	85	100	140	170									
	2 × 185											1,2	1,4	1,6	1,8	2	4,1	8	10	12	16	20	41	80	100	120	160	200									
	2 × 240											1,5	1,8	2	2,3	2,5	5	10	13	15	20	25	50	100	130	150	200	250									
	3 × 120											1,4	1,7	1,9	2,1	2,4	4,5	9,5	12	14	19	24	48	95	120	140	190	240									
3 × 150											1,5	1,8	2,1	2,3	2,6	5	10	13	15	21	26	50	100	130	150	210	260										
3 × 185											1,8	2,1	2,4	2,7	3	6	12	15	18	24	30	60	120	150	180	240	300										
3 × 240											2,3	2,7	3	3,5	4	7,5	15	19	23	30	38	75	150	190	230	300	380										
$I_{cc}$	$I_{cc}$ amont	Courant de court-circuit au niveau considéré																																			
	100	94	94	93	92	91	83	71	67	63	56	60	33	20	17	14	11	9	5	2,4	2	1,6	1,2	1	0,5												
	90	85	85	84	83	83	76	66	62	58	52	47	32	20	16	14	11	9	4,5	2,4	2	1,6	1,2	1	0,5												
	80	76	76	75	75	74	69	61	57	54	49	44	31	19	16	14	11	9	4,5	2,4	2	1,6	1,2	1	0,5												
	70	67	67	66	66	65	61	55	52	49	45	41	29	18	16	14	11	9	4,5	2,4	1,9	1,6	1,2	1	0,5												
	60	58	58	57	57	57	54	48	46	44	41	38	27	18	15	13	10	8,5	4,5	2,4	1,9	1,6	1,2	1	0,5												
	50	49	48	48	48	48	46	42	40	39	36	33	25	17	14	13	10	8,5	4,5	2,4	1,9	1,6	1,2	1	0,5												
	40	39	39	39	39	39	37	35	33	32	30	29	22	15	13	12	9,5	8	4,5	2,4	1,9	1,6	1,2	1	0,5												
	35	34	34	34	34	34	33	31	30	29	27	26	21	15	13	11	9	8	4,5	2,3	1,9	1,6	1,2	1	0,5												
	30	30	29	29	29	29	28	27	26	25	24	23	19	14	12	11	9	7,5	4,5	2,3	1,9	1,6	1,2	1	0,5												
	25	25	25	25	24	24	24	23	22	22	21	20	17	13	11	10	8,5	7	4	2,3	1,9	1,6	1,2	1	0,5												
	20	20	20	20	20	20	19	19	18	18	17	17	14	11	10	9	7,5	6,5	4	2,2	1,8	1,5	1,2	1	0,5												
	15	15	15	15	15	15	15	14	14	14	13	13	12	9,5	8,5	8	7	6	4	2,1	1,8	1,5	1,2	0,9	0,5												
	10	10	10	10	10	10	10	9,5	9,5	9,5	9,5	9	8,5	7	6,5	6,5	5,5	5	3,5	2	1,7	1,4	1,1	0,9	0,5												
	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6,5	6,5	6,5	6	5,5	5	5	4,5	4	2,9	1,8	1,6	1,3	1,1	0,9	0,5											
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4,5	4	4	4	3,5	3,5	2,5	1,7	1,4	1,3	1,1	0,8	0,5												
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3,5	3,5	3,5	3	3	2,9	2,2	1,5	1,3	1,2	1,1	0,8	0,4												
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2,9	2,9	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,3	1,9	1,4	1,2	1,1	0,9	0,8	0,4												
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1,9	1,9	1,8	1,8	1,7	1,7	1,4	1,1	1	0,9	0,8	0,7	0,4												
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,9	0,9	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,3										

Fig. 30 – Courant de court-circuit en kA (Méthode de composition), âme des conducteurs en aluminium.

Section nominale des conducteurs en cuivre (mm <sup>2</sup> )	Courant assigné des coupe-circuit à fusibles gG (A)																			
	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	
1,5	99/113	86/87	40/59	21/29	13/16	7/9														
2,5		134	110/123	67/84	41/51	25/33	13/20	8/11												
4			183	139	108/119	67/84	46/58	24/32	14/17	7,3/10										
6				214	165	139	94/113	55/70	33/41	20/27	10/14									
10					275	226	172	130	90/108	57/70	30/41	17,5/23								
16							283	217	168	128	86/95	53/65	30/67							
25								336	257	197	155	118	73/87	42/52						
35									367	283	220	172	134	59/71	48/61					
50										379	299	229	179	136	93/112	58/74				
70											441	336	269	202	134	124	55/71			
95												472	367	278	215	172	109/125	63/87		
120													482	346	268	215	145	109/128	52/70	
150													483	373	283	231	151	124	79/95	
185														441	336	273	185	147	107	
240															504	315	215	172	126	

Section nominale des conducteurs en cuivre (mm <sup>2</sup> )	Courant assigné des coupe-circuit à fusibles aM (A)																			
	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
1,5	55/64	37/45	25/30	15/20																
2,5	116	84/94	58/68	40/49	28/32	17/20														
4	181	147	118	84/95	58/68	42/48	26/33	18/23												
6	273	223	178	139	105/117	79/89	55/64	37/42	26/31	14/20										
10				227	181	147	113/125	80/94	57/69	40/47	27/32	15/19								
16					236	189	151	120	83/97	59/67	40/49	27/33	17/23							
25							231	185	147	113	80/92	59/68	40/47	27/32						
35								262	210	160	130	98/109	68/77	47/54	31/38	17/23				
50									217	174	140	116	72/84	51/61	35/42	21/23	13/18			
70										257	206	170	130	97/109	73/85	46/54	32/28	20/25		
95											357	290	236	181	146	111/125	72/91	52/60	40/46	
120												294	226	176	143	107/118	78/89	57/64		
150													241	191	153	120	90/101	68/75		
185														231	181	143	113	88/98		
240															215	168	134	105		

Fig. 31 – Longueurs maximales en m de canalisations triphasées 400 V protégées contre les courts-circuits par des coupe-circuit à fusibles. (Méthode conventionnelle)

Note : Pour les conditions d'utilisation différentes de celles énoncées § 6.1.9.3 appliquer les facteurs de correction tableau Fig. 28.

Section nominale des conducteurs en cuivre (mm <sup>2</sup> )	Courant assigné des disjoncteurs type B (A)														Section nominale des conducteurs en cuivre (mm <sup>2</sup> )	Courant assigné des disjoncteurs type C (A)													
	6	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	6		10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125		
1,5	296	178	137	111	89	71	56	44	36	28	22	18	14	1,5	148	89	68	56	44	36	28	22	18	14	11	9	7		
2,5	494	296	228	185	148	119	93	74	59	47	37	30	24	2,5	247	148	114	93	74	59	46	37	30	24	19	15	12		
4	790	474	385	296	237	190	148	119	95	75	59	47	38	4	395	237	182	148	119	95	74	59	47	38	30	24	19		
6	-	711	547	444	356	284	222	178	142	113	89	71	57	6	593	356	274	222	178	142	111	89	71	56	44	36	28		
10	-	-	912	741	593	474	370	296	237	188	148	119	95	10	988	593	456	370	296	237	185	148	119	94	74	59	47		
16	-	-	-	-	948	759	593	474	379	301	237	190	152	16	-	948	729	593	474	379	296	237	190	150	119	95	76		
25	-	-	-	-	-	-	926	741	593	470	370	296	237	25	-	-	-	926	741	593	463	370	296	235	185	148	119		
35	-	-	-	-	-	-	-	-	830	658	519	415	331	35	-	-	-	-	830	648	519	415	329	259	207	166			
50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	894	704	563	450	50	-	-	-	-	-	880	704	563	446	351	281	225			

Fig. 32 – Longueurs maximales en m de canalisations triphasées 400 V protégées contre les courts-circuits par des disjoncteurs du type. (Méthode conventionnelle)

Fig. 33 – Longueurs maximales en m de canalisations triphasées 400 V protégées contre les courts-circuits par des disjoncteurs du type C. (Méthode conventionnelle)

Section nominale des conducteurs en cuivre (mm <sup>2</sup> )	Courant assigné des disjoncteurs type D (A)													
	6	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	
1,5	74	44	34	28	22	18	14	11	9	7	6	4	3	
2,5	123	74	57	46	37	30	23	19	15	12	9	7	6	
4	198	119	91	74	59	47	37	30	24	19	15	12	9	
6	296	178	137	111	89	71	56	44	36	28	22	18	14	
10	494	296	228	185	149	119	93	74	59	47	37	30	24	
16	790	474	365	296	237	190	148	119	95	75	59	47	38	
25	-	741	570	463	370	296	231	185	148	118	93	74	59	
35	-	-	798	648	519	415	324	259	207	165	130	104	83	
50	-	-	-	880	704	563	440	351	281	223	176	141	113	

Fig. 34 – Longueurs maximales en m de canalisations triphasées 400 V protégées contre les courts-circuits par des disjoncteurs du type D. (Méthode conventionnelle)

**Remarques :**

- Les disjoncteurs du type B dont les valeurs de déclenchement sont comprises entre 3 et 5  $I_n$
- Les disjoncteurs du type C dont les valeurs de déclenchement sont comprises entre 7 et 10  $I_n$  (chapitre 20.)

**Note :**

- Pour les conditions d'utilisation différentes de celles énoncées § 6.1.9.3. appliquer les facteurs de correction tableau Fig. 28.

Section nominale des conducteurs en cuivre (mm <sup>2</sup> )	Courant de fonctionnement instantané $I_m$ (A)															
	50	63	80	100	125	160	200	250	320	400	500	560	630	700	800	
1,5	148	117	92	74	59	46	37	30	23	18	15	13	12	11	9	
2,5	246	195	154	123	99	77	62	49	38	31	25	22	19	18	15	
4	294	313	246	197	158	123	99	79	62	49	39	35	31	28	25	
6		470	370	296	237	185	148	118	92	74	59	53	47	42	37	
10				493	395	308	247	197	154	123	99	88	78	70	61	
16						494	395	316	247	197	158	141	125	113	98	
25								494	386	308	247	220	196	176	154	
35										432	345	308	274	247	215	
50											470	419	372	335	293	
70														494	432	
95																
120																
150																
185																
240																

Section nominale des conducteurs en cuivre (mm <sup>2</sup> )	Courant de fonctionnement instantané $I_m$ (A)														
	875	1000	1120	1250	1600	2000	2500	3200	4000	5000	6300	8000	10000	12500	
1,5	8	7	6	6											
2,5	14	12	11	10	7	6									
4	22	20	17	16	12	10	8	6							
6	34	30	26	24	18	15	12	9	7	6					
10	56	49	44	39	31	24	20	15	12	10	8	6			
16	90	79	70	63	49	39	31	25	20	16	12	10	8	6	
25	141	123	110	99	77	62	49	38	31	25	20	15	12	10	
35	197	173	154	138	108	86	69	54	43	34	27	21	17	14	
50	268	235	209	187	146	117	94	73	59	47	37	29	24	19	
70	395	345	308	276	216	173	138	108	86	69	55	43	35	28	
95		469	419	375	293	234	188	146	117	94	74	59	47	37	
120				474	370	296	237	185	148	118	94	74	59	47	
150					403	322	257	201	161	129	102	80	64	51	
185						381	304	237	190	152	121	95	76	61	
240							380	296	237	190	150	118	94	76	

Fig. 35 – Longueurs maximales en m de canalisations triphasées 400 V protégées contre les courts-circuits par des disjoncteurs à usage général. (Méthode conventionnelle)

**Note :** Pour les conditions d'utilisation différentes de celles énoncées § 6.1.9.3, appliquer les facteurs de correction tableau Fig. 28

La norme NFC 15-100 (§ 413.1.1.1.) impose que le courant de défaut  $I_d$  entre phase et masse ou entre conducteur de phase et conducteur de protection soit éliminé dans un temps compatible avec la sécurité des personnes.

SCHÉMA TN	Tension nominale de l'installation $U_o$ (V)	Temps de coupure $t_n$ (S)	
		$U_L = 50$ V	$U_L = 25$ V
	120, 127	0,8	0,35
	220, 230	0,4	0,20
	380, 400	0,2	0,06
	> 400	0,1	0,02

Fig. 36 – Temps de coupure du courant de défaut  $I_d$  en schéma TN.

PROTECTION PAR FUSIBLES :

$$t_1 \leq t_0 \quad t_1 : \text{temps de fusion du fusible pour le courant de défaut } I_d.$$

$$t_0 : \text{temps de coupure prescrit tableau Fig. 36.}$$

PROTECTION PAR DISJONCTEUR :

$$I_m \leq I_d \quad I_m : \text{plus petit courant assurant le fonctionnement instantané du disjoncteur.}$$

$$I_d : \text{courant de défaut phase-masse.}$$

SCHÉMA TT	La protection est assurée par des dispositifs à courant différentiel-résiduel $I_{\Delta n}$									
	$I_{\Delta n}$ (A)	20	10	5	3	1	0,5	0,3	0,1	$\leq 0,03$
	Résistance de la prise de terre des masses ( $\Omega$ )	2,5	5	10	17	50	100	167	500	> 500

Fig. 37 – Valeurs maximales de la prise de terre des masses en fonction de  $I_{\Delta n}$ .

Si une sélectivité est jugée nécessaire, un temps de fonctionnement au plus égal à 1 s est admis dans les circuits de distribution sans tenir compte de  $U_L$ .

SCHÉMA IT	Tension nominale de l'installation $U/U_o$ (V)	Temps de coupure $t_0$ (s)			
		Neutre non distribué		Neutre distribué	
		$U_L = 50$ V	$U_L = 25$ V	$U_L = 50$ V	$U_L = 25$ V
	127/120	0,8	0,4	5	1
	220/380 – 230/400	0,4	0,2	0,8	0,5
	400/690	0,2	0,06	0,4	0,2
	580/1000	0,1	0,02	0,2	0,08

Fig. 38 – Temps de coupure du courant de défaut  $I_d$  en schéma IT.

– L'impédance de neutre (valeur égale à 5 à 6 fois la tension simple de l'installation) limite le courant  $I_d$  au premier défaut évitant la coupure des circuits.

– Le temps de coupure  $t_0$  s'entend à l'apparition d'un deuxième défaut.

PROTECTION CONTRE LES CONTACTS INDIRECTS PAR LA MÉTHODE CONVENTIONNELLE

– Les longueurs maximales de canalisations des tableaux Fig. 39 à 44 sont données pour un schéma TN,

$$m = 1, U_L = 50 \text{ V, conducteurs en cuivre avec } m = \frac{S_{ph}}{S_{PE}}$$

– Types de protection :

– Fusible gG → Fig. 39

– Disjoncteurs type C → Fig. 41

– Fusible aM → Fig. 39

– Disjoncteurs type D → Fig. 42

– Disjoncteurs type B → Fig. 40

– Disjoncteurs à usage général → Fig. 44

– Pour les conditions autres que celles indiquées ci-dessus appliquer les facteurs de correction tableau Fig. 43.

Section nominale des conducteurs en cuivre (mm <sup>2</sup> )	Courant assigné des coupe-circuit à fusibles gG (A)																			
	16	20	25	32	40	50	63	90	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	
1,5	35	31	23	18	15	11	9	7	5,5	4	3									
2,5	59	51	39	30	25	19	15	12	9	7	5,5	4	3							
4	95	82	62	49	40	30	25	19	15	11	9	7	5	4	3					
6	142	123	94	73	60	45	37	29	22	17	13	10	8	6	4,5	3				
10	237	206	156	122	100	75	62	49	37	29	22	17	13	9,5	8	5,5	4			
16	379	329	250	195	160	120	99	78	59	46	36	27	21	15	12	9	6	5	4	
25	592	515	391	305	250	188	155	122	93	72	56	42	32	24	19	13	10	8	6	
35	830	720	547	428	350	263	217	171	130	101	78	59	46	34	27	19	13	11	8,5	
50	1185	1029	782	611	501	376	310	244	186	145	112	85	65	48	39	27	19	15	12	
70	1660	1440	1095	855	702	526	434	342	260	203	156	119	91	67	55	38	27	22	17	
95	2250	1955	1486	1161	953	714	590	464	354	275	212	161	124	92	74	52	37	30	23	
120	2845	2470	1877	1466	1203	902	745	586	447	348	268	204	156	116	94	65	29	37	29	
150			2127	1662	1364	1023	844	665	506	394	304	231	177	131	106	74	63	42	33	
185				1809	1484	1113	919	723	551	429	331	251	193	143	116	80	57	46	36	
240					1805	1354	1117	880	670	521	402	306	235	174	140	98	70	56	44	
300						1579	1303	1027	782	608	469	357	274	203	164	114	82	66	51	
400																				
Section nominale des conducteurs en cuivre (mm <sup>2</sup> )	Courant assigné des coupe-circuit à fusibles aM (A)																			
	16	20	25	32	40	50	63	90	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	
1,5	28	23	18	14	11	9	7	6	4,5											
2,5	47	38	30	24	19	15	12	9	7,5	6	5									
4	75	60	48	38	24	19	15	12	12	10	7,5	6	5							
6	113	90	72	56	45	36	29	22	18	14	11	9	7	6	4,5					
10	188	150	120	94	75	60	48	37	30	24	19	15	12	9,5	7,5	6	5			
16	300	240	192	150	120	96	76	59	48	38	30	24	19	15	12	10	7,5	6		
25	470	376	300	235	188	150	119	93	75	60	47	38	30	24	19	15	12	9,5	7,5	
35	658	526	421	329	263	210	167	130	105	84	66	53	42	33	26	21	17	13	10	
50	940	752	602	470	376	300	238	186	150	120	94	75	60	48	38	30	24	19	15	
70	1316	1053	842	658	526	421	334	260	210	168	132	105	84	67	53	42	33	26	21	
95	1780	1429	1143	893	714	572	453	354	286	229	179	143	114	91	71	57	45	36	29	
120		1805	1444	1128	902	722	572	447	361	289	226	180	144	115	90	72	57	45	36	
150			1636	1279	1023	818	649	506	409	327	256	205	164	130	102	82	65	51	41	
185				1391	1113	890	706	551	445	356	278	223	178	141	111	89	70	56	45	
240					1354	1083	858	670	541	433	338	271	217	172	135	108	86	68	54	
300						1579	1264	1002	782	632	505	395	316	253	200	158	126	100	79	63
400																				

Fig. 39 – Longueurs maximales en m de canalisations triphasées 230/400 V en schéma TN (m = 1) protégées contre les contacts indirects par des coupe-circuit à fusibles.

Note : Pour des conditions d'utilisation différentes appliquer les facteurs de correction tableau Fig. 43.

Section nominale des conducteurs en cuivre (mm <sup>2</sup> )	Courant assigné des disjoncteurs type B (A)														Section nominale des conducteurs en cuivre (mm <sup>2</sup> )	Courant assigné des disjoncteurs type C (A)													
	6	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	6		10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125		
1,5	204	123	94	77	61	49	38	31	25	19	15	12	10	1,5	102	61	47	38	31	25	19	15	12	10	8	6	5		
2,5	341	204	157	128	102	82	64	51	41	32	26	20	16	2,5	170	102	79	64	51	41	32	26	20	16	13	10	8		
4	545	327	252	204	164	131	102	82	65	52	41	33	26	4	273	164	126	102	82	65	51	41	33	26	20	16	13		
6	818	491	377	307	245	196	153	123	98	78	61	49	39	6	409	246	189	153	123	98	77	61	49	39	31	25	20		
10	-	818	629	511	409	327	256	204	164	130	102	82	65	10	681	409	315	256	204	164	128	102	82	65	51	41	33		
16	-	-	-	818	654	523	409	327	262	208	164	131	105	16	-	654	503	409	327	262	204	164	131	104	82	65	52		
25	-	-	-	-	818	639	511	409	325	256	204	164	25	-	-	786	639	511	409	319	256	204	162	128	102	82			
35	-	-	-	-	-	894	716	572	454	358	286	229	35	-	-	-	894	716	572	447	358	286	227	179	143	114			
50	-	-	-	-	-	-	-	777	617	485	389	311	50	-	-	-	-	777	607	485	389	309	243	194	156				

Fig. 40 – Longueurs maximales en m de canalisations triphasées 230/400 V en schéma TN (m = 1) protégées contre les contacts indirects par des disjoncteurs du type B.

Fig. 41 – Longueurs maximales en m de canalisations triphasées 230/400 V en schéma TN (m = 1) protégées contre les contacts indirects par des disjoncteurs du type C

Section nominale des conducteurs en cuivre (mm <sup>2</sup> )	Courant assigné des disjoncteurs type D (A)														Tension nominale de l'installation (V)	Fusibles		Disjoncteurs
	6	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	U <sub>L</sub> = 50 V		U <sub>L</sub> = 25 V		
1,5	51	31	24	19	15	12	10	8	6	5	4	3	2	Schéma TN : U <sub>0</sub> = 120 230 400 580	0,62	0,50	0,52	
2,5	85	51	39	32	26	20	16	13	10	8	6	5	4		1,00	0,84	1,00	
4	136	82	63	51	41	33	26	20	16	13	10	8	7	Schéma IT : U = 230 sans neutre 400 690 1000	1,45	1,03	1,73	
6	204	123	94	77	61	49	38	31	25	19	15	12	10		1,78	1,19	2,52	
10	341	204	157	128	102	82	64	51	41	32	26	20	16	Schéma IT : U <sub>0</sub> /U = 127/220 avec neutre : 230/400 400/690 580/1000	0,53	0,49	0,50	
16	545	327	252	204	164	131	102	82	65	52	41	33	26		0,86	0,72	0,86	
25	852	511	393	319	256	204	160	128	102	81	64	51	41	1,25	0,95	1,50		
35	-	716	550	447	358	286	224	179	143	114	89	72	57	1,53	1,06	2,17		
50	-	-	747	607	485	389	303	243	194	154	122	97	78	m = 1 → 1 m = 2 → 0,67 m = 3 → 0,50	Si t <sub>0</sub> > 5 s → 1,88 pour fusibles gG 1,53 pour fusibles aM			
															Aluminium → 0,62			

Fig. 42 – Longueurs maximales en m de canalisations triphasées 230/400 V en schéma TN (m = 1) protégées contre les contacts indirects par des disjoncteurs du type D.

Fig. 43 – Facteurs de correction pour schéma = TN m ≠ 1 U<sub>L</sub> = 50 V âme en aluminium.

Section nominale des conducteurs en cuivre (mm <sup>2</sup> )	Courant de fonctionnement instantané de disjoncteur $I_m$ (A)														
	50	63	80	100	125	160	200	250	320	400	500	560	630	700	800
1,5	103	81	64	51	41	32	25	20	16	13	10	9	8	7	6
2,5	171	136	107	85	68	53	42	34	26	21	17	15	13	12	10
4	274	217	171	137	109	85	68	54	43	34	27	24	21	19	17
6	410	326	256	205	164	128	102	82	64	51	41	36	32	29	25
10			427	342	273	214	171	137	107	85	68	61	54	49	42
16					438	342	274	219	161	137	109	97	87	78	68
25							428	342	267	213	171	152	135	122	107
35								479	374	299	239	214	190	171	150
50										406	325	290	258	232	203
70											479	427	380	342	299
95														464	406
120															
150															
185															
240															

Section nominale des conducteurs en cuivre (mm <sup>2</sup> )	Courant de fonctionnement instantané de disjoncteur $I_m$ (A)													
	875	1000	1120	1250	1600	2000	2500	3200	4000	5000	6300	8000	10000	12500
1,5	6	5												
2,5	10	8	8	7	5									
4	16	14	12	11	8	7	5							
6	23	20	18	16	13	10	8	6	5					
10	39	34	30	27	21	17	14	10	8	7	5			
16	62	55	49	44	34	27	21	17	13	11	8	7	5	
25	98	85	76	68	53	43	34	27	21	17	13	10	8	7
35	136	120	107	96	75	80	48	37	30	24	19	15	12	9
50	185	162	145	130	101	81	65	50	40	32	26	20	16	12
70	274	239	214	191	150	120	96	75	60	48	38	30	24	19
95	371	325	290	260	203	162	130	101	81	65	41	40	32	26
120	469	410	366	328	256	205	164	128	102	82	65	51	41	33
150		446	398	357	279	223	178	139	111	89	71	56	44	36
185			471	422	329	264	211	165	132	105	84	66	43	42
240					410	328	263	205	164	131	104	82	66	52

Fig. 44 – Longueurs maximales en m de canalisations triphasées 230/400 V en schéma TN ( $m = 1$ ) protégées contre les contacts indirects par des disjoncteurs à usage général.

Note : Pour des conditions d'utilisation différentes appliquer les facteurs de correction tableau Fig. 43.

**6.1.11.  
CHUTE  
DE TENSION  
DANS LES  
CANALISATIONS  
ÉLECTRIQUES**

**• CHUTE DE TENSION EN LIGNE ADMISE PAR LA NFC 15-100 (§ 525).**

Les chutes de tension sont déterminées d'après les puissances absorbées par les appareils d'utilisation, en appliquant le cas échéant les facteurs de simultanéité  $K_s$ , Fig. 7 ou, à défaut, d'après les valeurs des courants d'emploi  $I_b$  (§ 6.1.3.).

TYPE DE RACCORDEMENT		ÉCLAIRAGE	AUTRES USAGES
A. Installations alimentées directement par le réseau de distribution public BT.	Utilisations normales	3 %	5 %
	L > 100 m (majoration ≤ 0,5 %)	0,005 %/m	0,005 %/m
	Démarrage des moteurs ( $I_d \leq 6 I_n$ )	–	≤ 10 %
B. Installations alimentées par un poste de livraison ou un poste de transformation à partir d'un réseau HT.	Utilisations normales	6 %	8 %
	Démarrage des moteurs ( $I_d \leq 8 I_n$ )	–	≤ 15 %
	L > 100 m (majoration ≤ 0,5 %)	0,005 %/m	0,005 %/m

Fig. 45 – Chute de tension admise en ligne en % de la tension nominale d'alimentation.

**• DÉTERMINATION DE LA CHUTE DE TENSION**

**– Conditions d'utilisation :**

– La chute de tension  $u$  maximale est donnée par la relation :

$$u_{\max} = U \frac{\Delta u}{100}$$

$u$  : chute de tension en V  
 $\Delta u$  : chute de tension en % (Fig. 45)  
 $U$  : tension entre phases en triphasé, entre phase et neutre en monophasé

– La chute de tension obtenue Fig. 46, 47 et 48 est donnée en triphasé. Pour obtenir la chute de tension en monophasé, multiplier les valeurs de  $u$  par 1,15.  
 – Les courbes rouges correspondent à des âmes en cuivre. Les courbes noires correspondent à des âmes en aluminium.

**– Type de fonctionnement :**

- Circuit triphasé 50 Hz  $\cos \varphi = 0,9 \rightarrow$  Fig. 46
- Circuit triphasé 50 Hz  $\cos \varphi = 0,8 \rightarrow$  Fig. 47 (Cas usuels, en l'absence d'indications plus précises)
- Circuit triphasé 50 Hz  $\cos \varphi = 0,35 \rightarrow$  Fig. 48 (Démarrage des moteurs, mise sous tension des transformateurs à vide)

S en mm<sup>2</sup>. En noir : âme en cuivre. En rouge : âme en aluminium.

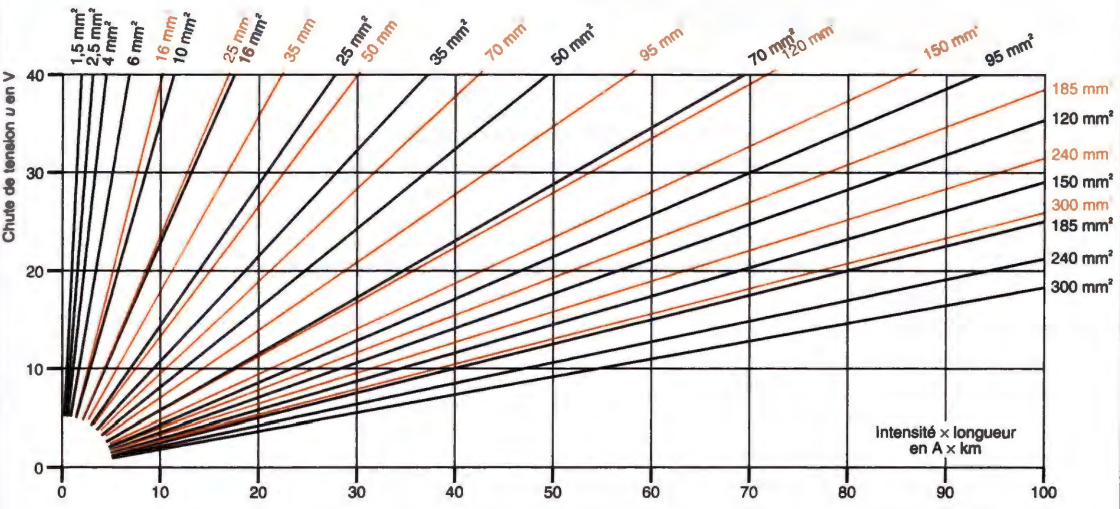


Fig. 46 – Chute de tension en triphasé  $f = 50$  Hz  $\cos \varphi = 0,9$ .

S en mm<sup>2</sup>. En noir : âme en cuivre. En rouge : âme en aluminium.

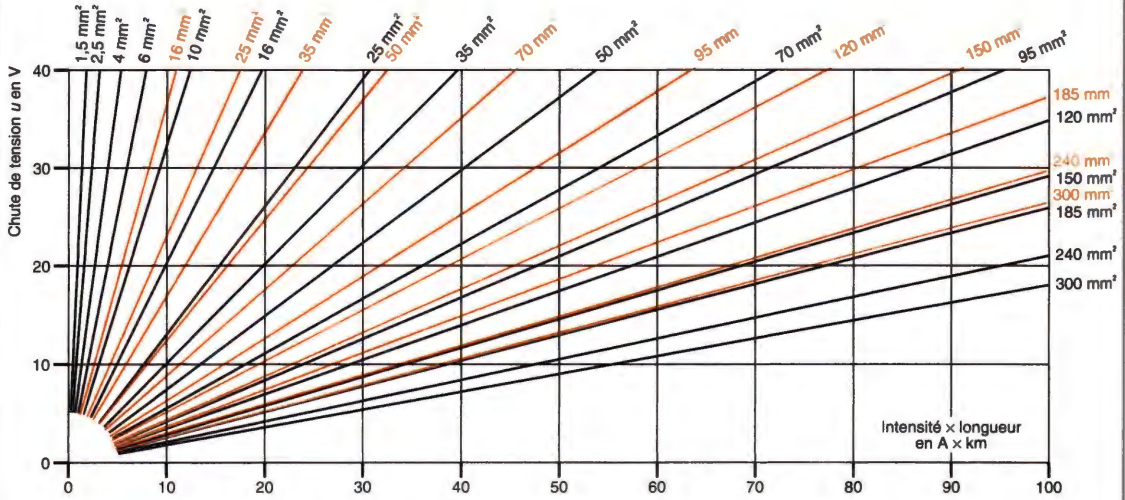


Fig. 47 – Chute de tension en triphasé  $f = 50 \text{ Hz}$   $\cos \varphi = 0,8$ .

S en mm<sup>2</sup>. En noir : âme en cuivre. En rouge : âme en aluminium.

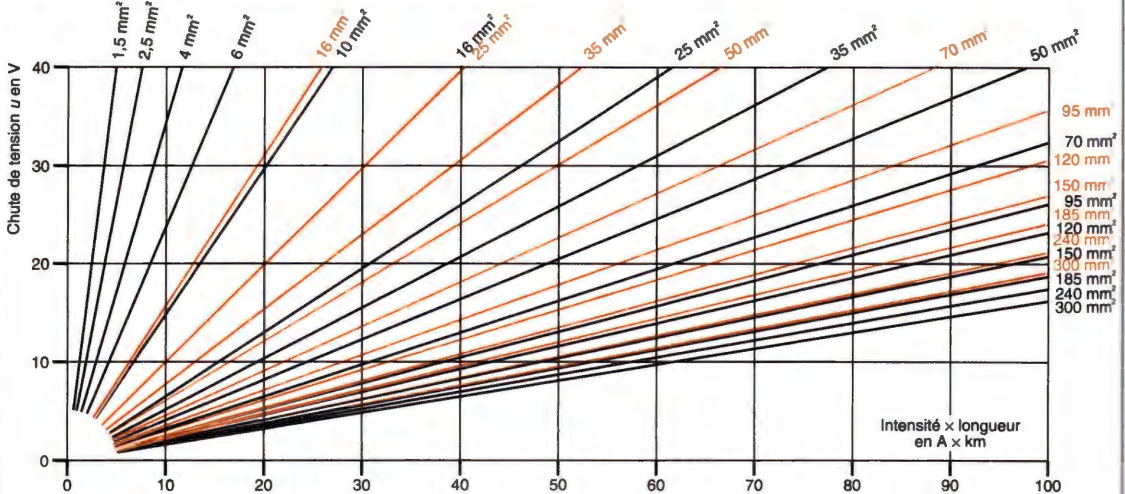


Fig. 48 – Chute de tension en triphasé  $f = 50 \text{ Hz}$   $\cos \varphi = 0,35$ .


**Exemple :**

- Alimentation d'un moteur triphasé 10 kW. 400 V. 50 Hz  
 $L = 100 \text{ m}$ .  $\cos \varphi = 0,8$ . Alimentation directe par réseau BT. Câble  $3 \times 4 \text{ mm}^2$  cuivre.  
 $I_d = 60 \text{ A}$ .  $\cos \varphi_d = 0,3$ .
- La Fig. 1 § 6.1.3. donne  $I_h = 23 \text{ A}$ .
- $\Delta u$  maxi au régime nominal  $\rightarrow 400 \times 5/100 = 20 \text{ V}$   
 $\Delta u$  maxi au démarrage  $\rightarrow 400 \times 10/100 = 40 \text{ V}$
- $I \cdot L$  nominal  $\rightarrow 23 \times 0,1 = 2,3 \text{ A} \cdot \text{km}$
- $I \cdot L$  au démarrage  $\rightarrow 60 \cdot 0,1 = 6 \text{ A} \cdot \text{km}$   
 La courbe Fig. 47 donne  $u = 18 \text{ V}$  pour  $I \cdot L = 2,3 \text{ A} \cdot \text{km}$  et  $S = 4 \text{ mm}^2$  Cu  
 La courbe Fig. 48 donne  $u = 21 \text{ V}$  pour  $I \cdot L = 6 \text{ A} \cdot \text{km}$  et  $S = 4 \text{ mm}^2$  Cu

Le câble  $3 \times 4 \text{ mm}^2$  donne une chute de tension inférieure aux limites prescrites par la norme (Fig. 45). Il est possible de déterminer la section des conducteurs S mini à partir de  $I \cdot L$  et  $u$  maxi.

**6.1.12. DÉTERMINATION DE LA SECTION DES CONDUCTEURS  $S_e$**

(à partir des conditions économiques)

<p>• <b>a/</b> PRIX DE LA LIAISON ÉLECTRIQUE <math>E</math></p>	$E = p' + pL + qLS$	<p><math>E</math> : prix total de la liaison en €  <math>p'</math> : prix total (génie civil, pose et achat des accessoires)  <math>p</math> : constante dépendant du câble retenu (pose du câble, prix du conduit)  <math>q</math> : constante dépendant du câble retenu (prix du câble)  <math>S</math> : section du câble en <math>mm^2</math>  <math>L</math> : longueur de la liaison en km.</p>	
	<p>C'est le coût d'établissement de la liaison électrique.</p>		
<p>• <b>b/</b> FACTEUR D'AMORTISSEMENT <math>A</math></p>	$A = \frac{(1 + \eta)^N - 1}{t(1 + \eta)^N}$	<p><math>A</math> : facteur d'amortissement  <math>N</math> : nombre d'années d'amortissement  <math>t</math> : taux d'intérêt  <math>N</math> et <math>t</math> sont donnés par des tables financières.</p>	
<p>• <b>c/</b> PERTES EN LIGNE ET COÛT D'EXPLOITATION <math>F</math></p>	$F = \frac{n q L l_q^2 h c}{S 10^3} A$	<p><math>F</math> : prix total d'exploitation en €  <math>n</math> : nombre de conducteurs actifs de la liaison  <math>q</math> : résistivité du métal conducteur en <math>\Omega \cdot mm^2/km</math>  <math>L</math> : longueur de la liaison en km  <math>l_q</math> : intensité à transporter en A (point d)  <math>h</math> : nombre d'heures de service par an (point d)  <math>c</math> : prix de l'énergie électrique en €/kWh (point g)  <math>S</math> : section de l'âme conductrice en <math>mm^2</math>  <math>A</math> : facteur d'amortissement</p>	
	<p>C'est le coût d'exploitation de la liaison électrique.</p>		
<p>• <b>d/</b> RÉGIME DE MARCHE ET RÉGIME D'UTILISATION</p>	<p>– Le régime de marche est le nombre d'heures par an à pleine charge d'utilisation de la liaison électrique (1 an = 8 760 h).          – Le régime d'utilisation intervient sur l'intensité à transporter.          – Si l'intensité à transporter ne reste pas constante, il faut tenir compte de l'intensité quadratique <math>l_q</math>.</p>		
	$l_q = \sqrt{\frac{\sum l_i^2 t_i}{\sum t_i}}$	<p>Méthode approchée  <math>l_q</math> : intensité quadratique en A  <math>t_i</math> : durées des différentes phases de fonctionnement  <math>l_i</math> : intensité pendant ces phases de fonctionnement</p>	
	<p>Exemple : régime cyclique journalier typique suivant NFC 33-100  <math>h_n = 100</math> A</p>  $l_q = \sqrt{\frac{100^2 \times 12 + 50^2 \times 12}{24}} = 80$ A		
<p>• <b>e/</b> COÛT TOTAL DE L'INSTALLATION</p>	$P = p' + pL + qLS + \frac{n q L l_q^2 h c A}{S 10^3} = E + F \text{ (Points a et c)}$		
<p>• <b>f/</b> SECTION <math>S_e</math> (calcul réel)</p>	<p>Ce coût passe par un minimum pour :</p>	<p>Méthode approchée :</p>	
	$S_e = l_q \sqrt{\frac{n q h c A}{q 10^3}}$	$S_e = 2,5 \beta l_q \sqrt{h c A}$	
<p><math>S_e</math> : section économique en <math>mm^2</math>  <math>l_q</math> : intensité à transporter en A (point d)  <math>e</math> : résistivité du métal conducteur à la température de fonctionnement          Cuivre : 17,241 <math>\Omega \cdot mm^2/km</math> à 20 °C (coefficient de température : <math>a = 3,93 \cdot 10^{-3}</math>)          Aluminium : 28,264 <math>\Omega \cdot mm^2/km</math> à 20 °C (coefficient de température : <math>a = 4,03 \cdot 10^{-3}</math>)  <math>h</math> : nombre d'h/an de service de la liaison  <math>c</math> : prix du kWh en € (Point g)  <math>A</math> : facteur d'amortissement  <math display="block">A = \frac{(1 + \eta)^N - 1}{t(1 + \eta)^N}</math>  <math>t</math> : taux d'intérêt  <math>N</math> : nombre d'années d'amortissement  <math>q</math> : constante prix-section du câble en €  <math>n</math> : nombre de conducteurs actifs dans la liaison électrique</p>		<p><math>S_e</math> : section économique en <math>mm^2</math>  <math>l_q</math> : intensité à transporter en A (Point d)  <math>h</math> : nombre d'heures de service par an  <math>c</math> : prix de l'énergie en € (Point g)  <math>A</math> : facteur d'amortissement  <math display="block">A = \frac{(1 + \eta)^N - 1}{t(1 + \eta)^N}</math>  <math>t</math> : taux d'intérêt  <math>N</math> : nombre d'années d'amortissement  <math>\beta</math> : <math>10^{-2}</math> pour le cuivre  <math>\beta</math> : <math>1,8 \cdot 10^{-2}</math> pour l'aluminium</p>	
<p>• <b>g/</b> COÛT DE L'ÉNERGIE</p>	<p>– Prix moyen annuel de l'énergie tarif vert : 0,04 €/kWh.          – Prix moyen annuel de l'énergie tarif jaune : 0,06 €/kWh.  <b>Exemple</b> : (point h)          * Pour un calcul plus précis se reporter au chapitre 21.</p>		

<b>DÉTERMINATION DE LA SECTION DES CONDUCTEURS <math>S_e</math></b>	<b>• h/ EXEMPLE</b>	<p>– <b>Données</b> :– Liaison tripolaire U 1000 R 2V Cu. 23 A . L = 100 m . BT          – Température de fonctionnement : <math>\theta = 65^\circ\text{C}</math>          – 4500 h de fonctionnement par an (<math>I_q = I_n</math>). Abonnement tarif vert.          – Taux d'intérêt 18 %.</p> <p>– <b>Solutions</b> :</p>	
		<p><b>CALCUL COMPLET :</b>          Amortissement sur une année :  <math display="block">A = \frac{(1 + 0,18)^1 - 1}{0,18 (1 + 0,18)^1} = 0,85</math> <math display="block">Q_{65^\circ} = Q_{20^\circ} (1 + a \Delta t)</math> <math display="block">Q_{65^\circ} = 17,241 (1 + 3,93 \cdot 10^{-3} \times 45)</math> <math display="block">= 20,29 \Omega \text{ mm}^2/\text{km}</math> <math display="block">q = \frac{P_2 - P_1}{S_2 - S_1} \text{ (P prix au km)}</math> <math display="block">S_2 = 3 \times 25 \text{ mm}^2 - P_2 = 3\,460 \text{ €}</math> <math display="block">S_1 = 3 \times 1,5 \text{ mm}^2 - P_1 = 450 \text{ €}</math>         (Prix § 6.2.4.)  <math display="block">q = (3\,460 \text{ €} - 450 \text{ €}) / (25 - 1,5) = 128</math> <math display="block">S_e = 23 \sqrt{\frac{3 \times 20,29 \times 4\,500 \times 0,04 \times 0,85}{128 \times 10^3}}</math> <math display="block">= 6,2 \text{ mm}^2 \text{ soit :}</math> <math display="block">S_e = 6 \text{ mm}^2</math>         (Section normalisée la plus proche par défaut)</p>	<p><b>CALCUL APPROCHÉ :</b>          Amortissement sur une année :  <math display="block">A = \frac{(1 + 0,18)^1 - 1}{0,18 (1 + 0,18)^1} = 0,85</math> <math display="block">\beta = 10^{-2} \text{ (Cuivre)}</math> <math display="block">S_e = 2,5 \cdot 10^{-2} \times 23 \sqrt{4\,500 \times 0,04 \times 0,85}</math> <math display="block">= 7,11 \text{ mm}^2</math> <math display="block">S_e = 6 \text{ mm}^2</math>         (Section normalisée la plus proche par défaut)</p> <p>La section calculée par la méthode approchée est moins économique.</p>

<b>6.1.13. CONDUCTEURS DE NEUTRE <math>S_n</math> ET CONDUCTEURS DE PROTECTION <math>S_{PE}</math></b>	<p><b>A – DIMENSIONNEMENT DU CONDUCTEUR NEUTRE <math>S_n</math> :</b></p> <p>– <b>Schémas TT, TN-S et IT :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Circuits monophasés ou triphasés de section <math>S_{Ph} \leq 16 \text{ mm}^2</math> en cuivre ou <math>S_{Ph} \leq 25 \text{ mm}^2</math> en aluminium              → <math>S_n = S_{Ph}</math></li> <li>– Circuits triphasés de section <math>S_{Ph} &gt; 16 \text{ mm}^2</math> en cuivre ou <math>S_{Ph} &gt; 25 \text{ mm}^2</math> en aluminium.              → <math>S_n = S_{Ph}</math> ou              → <math>S_n &lt; S_{Ph}</math> à condition : – que l'intensité susceptible de parcourir le neutre soit inférieure au courant admissible dans le conducteur (§ 6.1.6.)              – que le conducteur neutre soit protégé contre les courts-circuits              – que la puissance monophasée soit inférieure à 10 % de la puissance totale transportée par la canalisation.</li> </ul> <p>– <b>Schéma TN-C :</b>              – <math>S_n = S_{PEN}</math> (point B)</p> <p>– <b>Schéma IT :</b>              – Il est généralement déconseillé de distribuer le neutre.              – Lorsque cela est nécessaire, appliquer les conditions des schémas TT et TN-S.</p> <p><b>B – DIMENSIONNEMENT DU CONDUCTEUR DE PROTECTION <math>S_{PE}</math> et <math>S_{PEN}</math> :</b></p>				
	<b>SECTION <math>S_{Ph}</math> (mm<sup>2</sup>)</b>		<b>SECTION <math>S_{PE}</math></b>	<b>SECTION <math>S_{PEN}</math></b>	<b>SECTION DES CONDUCTEURS entre la prise de terre et la borne principale de terre</b>
	<b>Méthode</b>	<b>Cuivre</b>			
<b>SIMPLE</b>	$\leq 16$	$\leq 16$	$S_{PE}^* = S_{Ph}$	$S_{PEN} = S_{Ph}$ avec mini $S_{PEN} = S_{Ph}/2 \text{ à } S_{Ph}$ avec mini 10 mm <sup>2</sup> Cu-16 mm <sup>2</sup> Alu	$S = \frac{I \sqrt{t}^{(1)}}{k_1}$ en présence de protection mécanique. • 25 mm <sup>2</sup> Cu ou 50 mm <sup>2</sup> Alu sans protection mécanique.
		25	$S_{PE} = 16 \text{ mm}^2$		
	25 et 35	35			
	$> 35$	$> 35$	$S_{PE} = S_{Ph}/2$		
<b>ADIABATIQUE</b>	quelconque		$S_{PE}^* = \frac{I \sqrt{t}^{(1)}}{k_1}$		
<p>* 2,5 mm<sup>2</sup> mini avec protection mécanique et 4 mm<sup>2</sup> sans protection mécanique si le conducteur de protection ne fait pas partie de la canalisation d'alimentation.          (1) § 6.1.8. (B)</p>					

**Fig. 49 – Section des conducteurs de protection électrique**

## 6.2. CÂBLES ET CONDUCTEURS

Deux codes sont actuellement en vigueur

UTE	Code de normalisation (1)	Tension de service (2)	Ame conductrice (6)	Isolant (3)	Bourrage (4)	Gaine interne (3)	Armature métallique (5)	Gaine externe (3)
CENELEC			Mélange isolant (3)	Mélange gaine (3)	Construction spéciale (7)	Nature de l'âme (6)	Symbole de l'âme (7)	Composition du câble (8)

Le code CENELEC (Comité Européen de Normalisation Électrique) remplace progressivement le code UTE.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
H : harmonisé A : dérivé d'un type harmonisé FNR : national mais avec une désignation internationale U : national	03 : 300 V 05 : 500 V 07 : 750 V 1 : 1 000 V 250 : 250 V 500 : 500 V 1 000 : 1 000 V	B : caoutchouc d'éthylène propylène (EPR) R : caoutchouc naturel (Rubber) V : polychlorure de vinyle (PVC) X : polyéthylène réticulé (PR) N : polychloroprène Néoprène (PCP) X : caoutchouc vulcanisé X : néoprène (PCP) R : polyéthylène réticulé (PR) V : (PVC) P : plomb 2 : gaine interne épaisse	G : matière plastique ou élastique formant bourrage O : aucun bourrage I : gaine d'assemblage formant bourrage	F : feuillards	Pas de code Cuivre A : aluminium Pas de code rigide Cuivre S : souple A : aluminium	U : rigide massive R : rigide câblée F : souple classe 5 K : souple classique (installation fixe) H : extra souple classe 6 Construction spéciale : H : méplat divisible H2 : méplat non divisible	: nb de conducteurs X : absence de conducteur V/J G : présence de conducteur V/J : section des conducteurs (mm <sup>2</sup> )

En noir : norme UTE.

En rouge : norme CENELEC.

Fig. 50 – Désignation des codes en définition UTE et CENELEC.

Exemple :

H 07 V R 10	H : harmonisé 07 : 750 V V : PVC	R : âme rigide câblée : mono-conducteur 10 : section de 10 mm <sup>2</sup>
-------------	--	--

### 6.2.2. IDENTIFICATION DES CONDUCTEURS

(Code des couleurs d'après EN 60.204)

- Identification du conducteur de protection (PE) :  
La double coloration d'identification vert-jaune est strictement réservée au conducteur de protection.
- Identification du conducteur de neutre (N) :  
Tout conducteur neutre d'un circuit doit être facilement reconnaissable, la couleur bleu clair doit être choisie.
- Identification des autres conducteurs :
  - Circuits de puissance en courant alternatif ou continu : NOIR
  - Circuits de commande en courant alternatif : ROUGE
  - Circuits de commande en courant continu : BLEU
  - Circuits de commande d'interverrouillage courant alternatif ou continu (Note 3) : ORANGE

L'utilisation de ce code de couleurs est particulièrement recommandée pour les machines-outils.

**Note 1** : Les conducteurs des circuits de commande, qui sont reliés au circuit de protection ou au neutre, ne doivent normalement pas être identifiés en vert et jaune, ou en bleu pour le courant alternatif. Cependant, la connexion du circuit de commande au circuit de protection doit être identifiée en vert et jaune.

**Note 2** : La couleur bleue est recommandée pour les circuits de commande à courant continu ainsi que pour les conducteurs neutres (bleu clair). Pour les deux usages, le même bleu est permis. Une distinction de teinte n'est pas nécessaire car une confusion entre les circuits de puissance et de commande à courant continu est à éviter par d'autres moyens (repérage des bornes).

**Note 3** : Les circuits d'interverrouillage sont des circuits alimentés par une source extérieure et qui peuvent rester sous tension quand le dispositif de sectionnement est ouvert.

## 6.2.3. REPÉRAGE DES CONDUCTEURS

### AFFECTATION DES CONDUCTEURS SUIVANT LA CONSTITUTION DES CIRCUITS

Nombre de conducteurs du circuit	Circuit	Canalisations fixes										Canalisations mobiles					Légende
		Conducteurs isolés					Câbles multipolaires rigides et souples					Câbles souples					
		Ph	Ph	Ph	Ne	PE	Ph	Ph	Ph	Ne	PE	Ph	Ph	Ph	Ne	PE	
1	De protection ou de terre					V/J											Ph : phase Ne : neutre PE : protection X : toutes couleurs sauf : - V/J : vert-jaune - N : noir - BC : bleu clair - B : brun (1) Ces exécutions peuvent ne pas correspondre à des câbles couramment fabriqués, il y a lieu alors : - soit de recourir à des câbles à 4 ou 5 conducteurs avec V/J et de ne pas employer ce dernier ; - soit de commander spécialement un câble approprié si un lancement particulier en fabrication est justifié. (2) Câble souple à 2 conducteurs : B-BC ; câble souple à 3 conducteurs B-BC-V/J ; (3) Si le câble approprié n'est pas disponible, le conducteur de protection est réalisé par un conducteur vert-jaune séparé ; un repérage par bague de couleur peut également être envisagé. (4) Si le mode de connexion permet de déterminer la position du conducteur neutre. (5) Câbles rigides de section au moins égale à 10 mm <sup>2</sup> seulement.
2	Monophasé entre phases	X	X				N	BC	(2)			N	BC	(2)			
	Monophasé entre phase et neutre	X			BC		N			BC	(2)	N			BC	(2) (4)	
3	Monophasé entre phase et neutre (PEN)	X				V/J	N			V/J	(3)(5)						
	Triphasé sans neutre	X	X	X			N	B	BC	(1)		N	B	BC	(1)		
	2 phases + neutre	X	X		BC		N	B		BC	(1)	N	B		BC	(1)	
	2 phases + conducteur de protection	X	X			V/J	N	BC	(2)	(3)	V/J	B	BC			V/J	
4	Monophasé phase-neutre + conducteur de protection	X			BC	V/J	N	(2)	(3)	BC	V/J	B			BC	V/J	
	Triphasé avec neutre	X	X	X	BC		N	B	N	BC	(1)	N	B	N	BC	(1)	
	Triphasé sans neutre + conducteur de protection	X	X	X		V/J	N	B	BC	(3)	V/J	N	B	BC		V/J	
	2 phases + neutre + conducteur de protection	X	X		BC	V/J	N	B	(3)	BC	V/J	N	B		BC	V/J	
5	Triphasé avec conducteur PEN	X	X	X		V/J	N	B	BC	V/J	(3) (5)						
	Triphasé + neutre + conducteur de protection	X	X	X	BC	V/J	N	B	N	BC	(3) V/J	N	B	N	BC	V/J	
> 5		Conducteur de protection : V/J - Autres conducteurs : N avec numérotation en chiffres, le chiffre 1 étant réservé au conducteur neutre s'il existe.															

## 6.2.4. GUIDE DE CHOIX DES CÂBLES ET DES CONDUCTEURS

CARACTÉRISTIQUES CÂBLES ET CONDUCTEURS	Norme		Âme		C <sub>1</sub> : non propageur de l'incendie	C <sub>2</sub> : retardant la propagation de la flamme	Isolant					P : Câble porteur	Nombre de conducteurs	Sections minimale (mm <sup>2</sup> ) et maximale (mm <sup>2</sup> )	Prix au km (indicatif)				
	UTE	CENELEC	R : rigide	S : souple			PR : Polyéthylène réticulé	PVC : Polychlorure de vinyle	SH : Sans halogène	Élastomères	Minéral				Prix : 1 (indicatif en I€) tétraconducteurs × 1,25	Section : 1 (triphase en mm <sup>2</sup> )	Prix : 2 (indicatif en I€) tétraconducteurs × 1,25	Section : 2 (triphase en mm <sup>2</sup> )	
																			C3
U 1 000 R12 N	•		•			•							1 à 5	1,5 à 630					
U 1 000 R2 V	•		•			•							1 à 37	1,5 à 630	0,45	1,5	3,46	25	
U 1 000 RVFV	•		•			•							1 à 5	1,5 à 300					
U 1 000 RGPV	•		•			•							1 à 5	1,5 à 240	2,55	4	7,05	25	
0,6/1 Torsade FRN 1X1X2		•	•			•		•			•		3,4	16 à 150					
FRN 1X161		•	•			•		•					1 à 5	1,5 à 630					
H 07 RN-F		•	•	•		•		•					2 à 5	1,5 à 500	0,80	1,5	6,50	25	
FRN 07 RN-F		•	•	•		•		•					7 à 37	1,5 à 4					
FRN 05 VV-U		•	•			•		•					2 à 5	1,5 à 35					
FRN 05 VV-R		•	•			•		•					2 à 5	1,5 à 35					
H 05 VV-F		•	•	•		•		•					2 à 5	0,75 à 2,5					
H 05 VVH2-F		•	•	•		•		•					2	0,75					
H 05 V-U		•	•			•		•					1	0,5 à 1					
H 05 V-K		•	•	•		•		•					1	0,5 à 1					
FRN 07 V-AU		•	•			•		•					1	2,6 à 16					
FRN 07 V-AR		•	•			•		•					1	10 à 400	0,15	10	0,39	25	
H 07 V-U		•	•			•		•					1	1,5 à 400	0,09	1,5	0,75	25	
H 07 V-R		•	•			•		•					1	1,5 à 400	0,09	1,5	0,75	25	
H 07 V-K		•	•	•		•		•					1	1,5 à 240	0,06	1,5	0,90	25	
U 500 X. XV		•	•			CR1					•		1	1,5 à 4					
U 1 000 X. XV		•	•			CR1					•		1	1,5 à 150					

## 6.3. LES CONDUITS




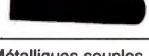

Deux chiffres	Diamètre extérieur du conduit en mm (Référence) <b>16, 20, 25, 32, 40, 50 ou 63</b>		<b>Exemple de désignation</b> <b>20 ICTL 3421</b> <b>20</b> : Ø extérieur du conduit <b>I</b> : Isolant <b>CT</b> : Cintrable transversalement <b>L</b> : Lisse <b>3421</b> : Caractéristiques physiques et mécaniques (voir ci-contre) <b>Protections :</b> - D'autres lettres, dans la désignation des conduits, indiquent des caractéristiques spécifiques : <b>A</b> : Résistance aux agents chimiques <b>P</b> : Non propagateur de la flamme <b>E</b> : Étanche
Première lettre	<b>I</b>	Isolant : matière isolante ( <b>IRL 3321</b> )	
	<b>M</b>	Métallique : appelé aussi acier ( <b>MRL 5557</b> )	
	<b>C</b>	Composite : ( <b>CSA 4421</b> )	
Lettres médianes	<b>R</b>	Rigide : nécessite un outillage adapté ( <b>IRL 3321</b> )	
	<b>C</b>	Cintrable : généralement flexible ( <b>ICA 3321</b> )	
	<b>CT</b>	Cintrable transversalement : élastique ( <b>ITCA 3422</b> )	
	<b>S</b>	Souple : se pose sans problème ( <b>CSA 4421</b> )	
Dernière lettre	<b>L</b>	Lisse : ( <b>ICTL 3421</b> )	
	<b>A</b>	Annelé : ( <b>CICA 3321</b> )	

Quatre chiffres	1 <sup>er</sup> chiffre		2 <sup>e</sup> chiffre		3 <sup>e</sup> chiffre		4 <sup>e</sup> chiffre	
	Résistance à l'écrasement		Résistance aux chocs		Température minimale d'utilisation et d'installation		Température maximale d'utilisation et d'installation	
	1 Très léger	125 N	1 Très léger	0,5 J	1	+ 5 °C	1	60 °C
	2 Léger	320 N	2 Léger	1 J	2	- 5 °C	2	90 °C
	3 Moyen	750 N	3 Moyen	2 J	3	- 15 °C	3	105 °C
	4 Élevé	1 250 N	4 Élevé	6 J	4	- 25 °C	4	120 °C
	5 Très élevé	4 000 N	5 Très élevé	20 J	5	- 45 °C	5	150 °C
	-	-	-	-	-	-	6	250 °C
	-	-	-	-	-	-	7	400 °C

Caractéristiques des conduits :

- Les conduits propagateurs de la flamme sont repérés par la couleur orange.
- Les conduits non propagateurs de la flamme peuvent être de n'importe quelle couleur excepté jaune, orange, rouge et vert.

### 6.3.1. DÉSIGNATION DES CONDUITS

Nature des conduits	Anciennes désignations NF C...	Nouvelles désignations NF EN...	Montage apparent	Montage encastré	
				Pose avant construction de la maçonnerie (1)	Pose après construction de la maçonnerie (1)
Isolants, cintrables, déformables et transversalement élastiques 	<b>ICDG (P) E</b> <b>ICTG (P) E</b>  NF C 68-105	<b>ICTL-3421 (1)</b> <b>ICTA-3422 (2)</b> <b>IP 44*</b>  EN 50086-2-2	Gris : admis en AG1-AG2  Orange : interdit	Admis et doivent être fixés aussitôt mis en place. Sur les planchers en dalle pleine avant coulage de la chape, ne sont admis que s'ils sont soustraits aux risques mécaniques.	Admis dans des dimensions suffisantes.
Isolants cintrables ordinaires, annelé 	<b>ICO 5 PE</b>  NF C 68-106	<b>ICA-3321</b> <b>IP 44*</b>  EN 50086-2-2	Admis en AG1-AG2	Admis si les conduits sont protégés pendant la construction contre les chocs dommageables et en parcours verticaux.	Admis dans des saignées.
Isolants rigides ordinaires 	<b>IRO 5 PE</b>  NF C 68-107	<b>IRL-3321</b> <b>IP 44/55/67*</b>  EN 50086-2-1	Admis en AG1-AG2	Admis si les conduits sont protégés pendant la construction contre les chocs dommageables et en parcours verticaux.	Admis dans des saignées.
Métalliques rigides blindés 	<b>MRB 9 PE</b>  NF C 68-108	<b>MRL-5557</b> <b>IP68*</b>  EN 50086-2-3	Admis en AG1-AG2-AG3-AG4	Admis et doivent être fixés aussitôt mis en place.	Admis dans des tranchées de dimensions suffisantes.
Métalliques souples 	<b>MSB 7 APE</b>  NF C 68-109	<b>CSA-4421</b>  EN 50086-2-3	Admis en AG1-AG2-AG3	Comme les conduits ICTL et ICTA gris.	Comme les conduits ICTL et ICTA gris.
Enterrés dans le sol	<b>TPC</b> NF C 68-171	<b>IP 55/67*</b> EN 50086-2-4		(1) Restriction de pose dans les cloisons non porteuses d'épaisseur inférieure à 100 mm.	

\* Système **ARNOULD** (55 : montage avec joint, 67 : montage avec colle).

**6.3.2.  
CHOIX DU  
TYPE DE  
CÂBLE  
ET DU  
TYPE DE  
CANALISATION**

<b>CONDITIONS D'UTILISATION DES CONDUCTEURS ISOLÉS ET DES CÂBLES</b>														
Désignation	AA	AD →	AE →	AF	AG →	AH →	AK →	AL →	BB →	BC →	BD →	BE →	CA →	CB →
<b>Câbles isolés aux élastomères</b>														
U-1000 R12N	4-6 (a)	7 (f)	4	1-3	3	1	1	1	3	4	4	1, 2, 3 (b)	2	1
U-1000 R2V	4-6 (a)	7 (f)	4	1-3	3	1	1	1	3	4	4	1, 2, 3 (b)	2	1
U-1000 RVFV	4-6 (a)	7 (f)	4	1-3	4	1	2	2	2 (e)	2, 3 (e)	4	1, 2, 3 (b)	2	1
U-1000 RGPV	4-6 (a)	8	4	1-3	4	1	2	2	2 (e)	2, 3 (e)	4	1, 2, 3 (b)	2	1
07 RNF	3-6	7 (f)	4	1-3	4	3	1	1	3	4	4	1, 2, 3 (b)	2	1, 3, 4
Torsades	1-6	6	4	1-3	1	1	1	1	3	3	4	1	1	1
<b>Câbles isolés au PVC</b>														
05 VV-U, R	4-6 (a)	5, 6	4	1-3	2	1	1	1	3 (g)	4 (g)	4	1, 2	2	1
<b>Conducteurs à isolant minéral</b>														
500 X, XV	4-6	8	4	1-3 (d)	4	1	2	2	2, 3 (e)	2, 3 (e)	4	1, 2, 3	2	1, 2
1 000 X, XV	3-6	8	4	1-3 (d)	4	1	2	2	2, 3 (e)	2, 3 (e)	4	1, 2, 3	2	1, 2
<b>CONDITIONS D'UTILISATION DES MOULURES, CONDUITS ET GOULOTTES</b>														
<b>Mouleurs</b>														
- Bois	4, 5, 6	1	3	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1
- Plastique	4, 5, 6	3	3	1, 2, 3	1	1	1	1	1	3	4	1, 2	2	1
<b>Conduits</b>														
MRL	1-6	2	4	1	4	1	2	2	1	2	4	1, 2, 3	2	1
CSA	1-6	2	4	1, 2, 3	3	3	2	2	1	2	4	1, 2, 3	2	1, 3 (c), 4 (c)
ICTL	4, 5, 6	6	4	1, 2, 3	2	1	1	1	3	4	4	1, 2	2	1
ICA	4, 5, 6	6	4	1, 2, 3	2	1	1	1	3	4	4	1, 2	2	1
IRL	4, 5, 6	6	4	1, 2, 3	2	1	1	1	3	4	4	1, 2	2	1
ICTA	4, 5, 6	6	4	1, 2, 3	2	1	1	1	3	4	4	1, 2	2	1
Goulottes	4, 5, 6	3	3	1, 2, 3	2	1	1	1	2	3	4	1, 2	2	1
<p>- La canalisation peut être utilisée dans toutes les classes de numéro au plus égal à celui indiqué.</p> <p>(a) Ces câbles peuvent être utilisés dans les autres conditions s'ils ne sont soumis à aucun effort mécanique.</p> <p>(b) Les câbles peuvent être utilisés sous réserve des conditions indiquées dans le tableau 52D.</p> <p>(c) Les conducteurs doivent être de la série H07V-K.</p> <p>(d) Si les conducteurs sont revêtus d'une gaine en polychlorure de vinyle.</p> <p>(e) Si mise à la terre des revêtements métalliques.</p> <p>(f) Durée d'immersion cumulée limitée à deux mois par an.</p> <p>(g) Tension nominale d'alimentation par rapport à la terre au plus égale à 250 volts.</p>														

Câbles		Rayon de courbure minimum						
Type RGPV Type FRN 05 VV-U ou R Type R 2 V – R 12N Type H 07 V U ou R		8 fois le diamètre extérieur du câble. 6 fois le diamètre extérieur du câble. 6 fois le diamètre extérieur du câble. 5 fois le diamètre extérieur du conducteur.						
<b>Fig. 50 – Rayon de courbure des câbles.</b>								
Conduits	Références	16	20	25	32	40	50	63
ICTL – ICA	– Rayon de courbure (mm)	96	120	150	192	300	480	600
	– Ø intérieur (mm)	10,7	14,1	18,3	24,3	31,2	39,6	52,6
	– Section intérieure utile (mm <sup>2</sup> )	30	52	88	155	255	411	724
ICTA – ICA	– Rayon de courbure (mm)	48	60	75	96	160	200	252
	– Ø intérieur (mm)	10,7	14,1	18,3	24,3	31,2	39,6	52,6
	– Section intérieure utile (mm <sup>2</sup> )	30	52	88	155	255	411	724
IRL	– Rayon de courbure (mm)	96	120	150	–	–	–	–
	– Ø intérieur (mm)	13	16,9	21,4	27,8	35,4	44,3	57,3
	– Section intérieure utile (mm <sup>2</sup> )	44	75	120	202	328	514	860
MHL non filetable	– Rayon de courbure (mm)	113	141	178	–	–	–	–
	– Ø intérieur (mm)	14	18	22,6	29,6	37,6	47,6	60,6
	– Section intérieure utile (mm <sup>2</sup> )	51	85	134	230	370	593	961
MRL filetable	– Rayon de courbure (mm)	113	141	178	–	–	–	–
	– Ø intérieur (mm)	13,2	16,8	21,8	28,8	36,8	46,8	59,4
	– Section intérieure utile (mm <sup>2</sup> )	45	74	124	217	354	573	923
CSA	– Rayon de courbure (mm)	27	33	43	60	70	90	110
	– Ø intérieur (mm)	10,7	14,1	18,3	24,3	31,2	39,6	52,6
	– Section intérieure utile (mm <sup>2</sup> )	30	52	88	155	255	411	724
Conducteurs	Sections (mm <sup>2</sup> )	1,5	2,5	4	6	10	16	25
H07V-U ou R	– Section totale (isolant compris) mm <sup>2</sup>	8,55	11,9	15,2	22,9	36,3	50,3	75,4
H07V-K	– Section totale (isolant compris) mm <sup>2</sup>	9,6	13,85	18,1	31,2	45,4	60,8	95
<b>Fig. 51 – Rayon de courbures, diamètres intérieurs et sections intérieures utiles des conduits. Section totale (y compris isolant) des conducteurs H07 V – U/R/K.</b>								
<p>Les conducteurs H07 V – U/R/K, les câbles unipolaires et multipolaires peuvent être passés dans les conduits à condition de pouvoir être tirés ou retirés facilement et que la somme totale des sections des conducteurs, y compris l'isolant, soit au plus égale au tiers de la section intérieure du conduit (c'est la section utile du conduit).</p> <p><b>Exemple :</b> Passage dans un conduit de 3 circuits de conducteurs H07 V-U :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– 1 circuit 2 × 1,5 mm<sup>2</sup> → 17,1 mm<sup>2</sup> (2 × 8,55)</li> <li>– 1 circuit 3 × 2,5 mm<sup>2</sup> → 35,7 mm<sup>2</sup> (3 × 11,90)</li> <li>– 1 circuit 3 × 4 mm<sup>2</sup> → 45,6 mm<sup>2</sup> (3 × 15,20)</li> </ul> <p style="text-align: center;">Section totale : 98,4 mm<sup>2</sup></p> <p><b>Référence des conduits utilisables :</b> (ICA, ICTL, ICTA) de 32 mm (IRL) de 25 mm.</p>								
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Conduits du type rigide (R) : fixation tous les 80 cm.</li> <li>– Conduits du type cintrable (C) : fixation tous les 60 cm.</li> <li>– Conduits du type souple (S) : fixation tous les 30 cm.</li> <li>– Conduits du type cintrale transversalement élastique (CT) : fixation tous les 30 cm.</li> </ul>								
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Tous les conducteurs situés dans un même conduit doivent être isolés pour la même tension nominale.</li> <li>– Tous les circuits situés dans un même conduit doivent provenir du même appareil de commande et de protection sans interposition d'appareils transformant le courant électrique.</li> <li>– Les sections des conducteurs de phase doivent être identiques ou ne doivent pas différer de plus d'un double intervalle séparant trois valeurs normales successives.</li> <li>– Le conducteur de protection doit être isolé de la même façon que les conducteurs actifs correspondants.</li> <li>– Chaque circuit doit être protégé contre les surintensités.</li> </ul>								
<p>Dans le cas de câbles posés directement aux parois ou sur corbeaux il faut :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– pour les câbles armés, une fixation ou un support tous les 75 cm.</li> <li>– pour les câbles non armés, une fixation ou un support tous les 40 cm.</li> </ul> <p>Sur les parcours verticaux, ces distances peuvent être portées à 1 m.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Chaque extrémité de conduits métalliques doit être protégée par des embouts du type : (CAPRI) Terminus plastique pour MRL, Caprigaine pour CSA nu. Judodix pour CSA étanche.</li> <li>– Chaque extrémité de câble doit être montée dans un presse-étoupe.</li> <li>– Mise en œuvre et mode de pose § 6.3.4.</li> </ul>								

**6.3.3.  
CONDITIONS  
DE POSE  
DES CÂBLES  
ET DES  
CONDUITS**

## 6.3.4. MODE DE POSE

Les tableaux 52 B, 52 C de la norme NF C 15-100 indiquent les modes de pose autorisés en fonction :

- du type de conducteur ou du câble,
- du type de fixation ou de canalisation.

Le tableau ci-dessous reprend ces indications.

MODE DE POSE	sans fixation	fixation directe	conduits	profilés	mouleurs plinthes goulottes	chemins de câbles tablettes corbeaux	sur isola- teur	câble porteur	
<b>CONDUCTEURS</b>	• conducteurs nus ○ conducteurs isolés ○ câbles monoconducteur ○ câbles multiconducteur	non non (2) oui	non oui oui oui	non oui (1) oui oui	non oui (1) oui oui	non non oui oui	non oui (2) (2)	non non oui oui	
<b>MISE EN ŒUVRE DES CANALISATIONS</b>	vides de construction 	oui 21-25 73	(2) oui 22-73 74	oui oui 23	non non non	oui oui 12-13- 14-16	non non non	non non non	
	caniveaux 	oui 43	oui 43	oui 41-42	oui 4-24	oui 32-33	oui 12-13- 14-16	non non	
	enterrés 	oui 62-63	(2) oui 61	oui 61	oui 61	non non	(2) oui 12-13- 14-16	non non	
	encastrés dans les structures 	non (3) non (3)	non (3) non (3)	oui 1-2-5	oui 24	non (3) non (3)	(2) oui 12-13- 14-16	non oui 18	non non
	apparent 	non non	oui 11	oui 3	oui 4	oui 31-32- 71-72	oui 12-13- 14-16	oui 18	non non
	immergé dans l'eau 	à l'étude 81	à l'étude 81	(2) (2)	(2) (2)	non non	(2) oui 12-13- 14-16	non non	non non
	aérien 	non non	non non	(2) (2)	non non	34 12-13- 14-16	12-13- 14-16	18	17

(1) Les conducteurs isolés ne sont admis que si le couvercle nécessite l'emploi d'un outil et que la goulotte possède un degré de protection IP4x ou IPxxD\*. Sinon le câble est obligatoire.

(2) Non applicable ou non utilisé en pratique.

(3) Seuls les conducteurs blindés et à isolation minérale sont admis.

L'indication d'un numéro dans une case (1... 81) indique la référence du mode de pose (Fig. 12 § 6.1.6.)

Fig. 52 – Mode de pose des canalisations en fonction du type de conducteurs ou câbles.

## 6.4. LES GOULOTTES

Critère : DIMENSIONNEMENT

Calcul de la section d'une goulotte

Abaque donné pour câbles H05-V-K et H07 V-K avec coefficient de remplissage 0,75

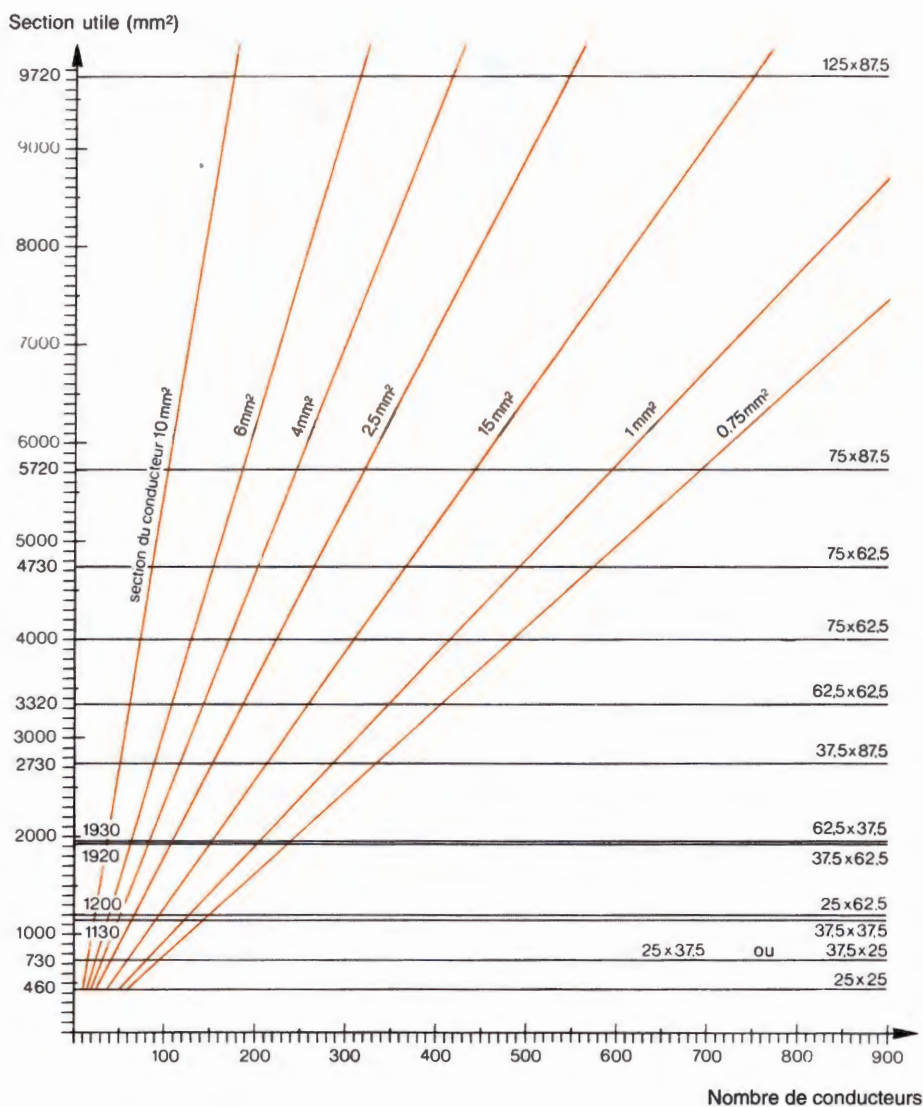


Fig. 53 – Capacité  $l \times h$  pour goulottes types Lina 25.

### Règles générales :

- Mêmes règles pour les conduits en ce qui concerne les circuits, les tensions et les sections.
- L'encombrement des conducteurs et des câbles doit au plus être égal aux 3/4 de la section intérieure de la goulotte.
- Mise en œuvre et mode de pose § 6.3.4.

### Exemple :

- **Données :** 10 conducteurs H07 V-K 6 mm<sup>2</sup>, 100 conducteurs H07 V-K 2,5 mm<sup>2</sup>.
- **Solution :** la figure 53 donne :
  - 460 mm<sup>2</sup> pour 10 conducteurs de 6 mm<sup>2</sup>, 1 900 mm<sup>2</sup> pour 100 conducteurs de 2,5 mm<sup>2</sup>; soit un total de 2 360 mm<sup>2</sup>;
  - la goulotte à retenir aura une capacité de 62,5 mm × 37,5 mm.

## 6.5. LES CHEMINS DE CÂBLES

(D'après TOLARTOIS)

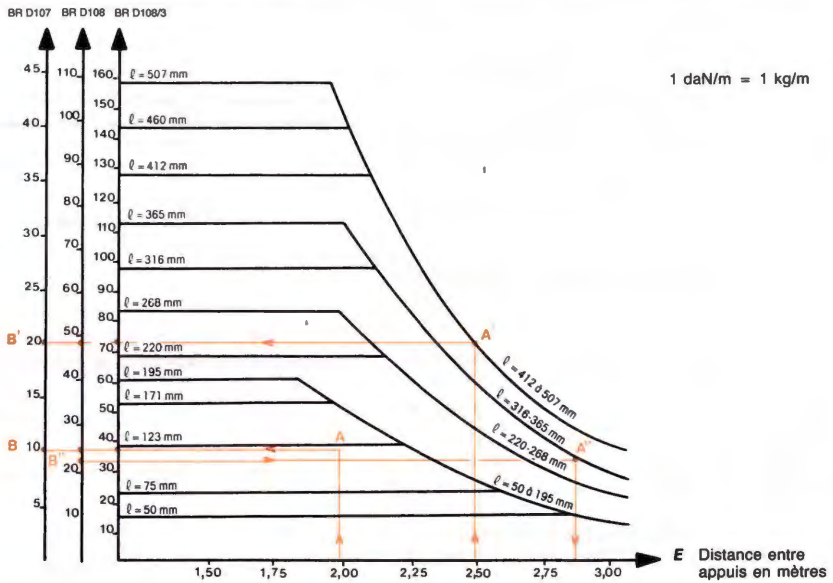
		• Critère : AMBIANCE						
Guide de choix		Légende : TB : très bonne tenue B : bonne tenue P : possible					M : déconseillé O : possible mais inutile	
AMBIANCE	EXÉCUTIONS	① * tôle acier galvanisé Sendzimir Z 275	2 tôle d'acier galv à chaud, après fabric	④ * alliage alu-minium IK 08	5 Revêtement sur tôle galv. Sendzimir Epoxy intérieur Epoxy-Ester extérieur		③ * Aciers inoxydables Z8C17 Aisi 430   Z2CN 18-10 Aisi 304L   Z8CNDT 18-12 Aisi 316	
	Atmosphère intérieure Atelier-Magasin		TB	O	O	O	O	O
Atmosphère extérieure Urbain – Rural Industriel peu chargé		P	TB	TB	O	O	B	O
Humide – Sulfureuse		M	B	TB	TB	TB	P	TB
Acides minéraux		M	P	TB	TB	TB	P	TB
Alcaline	Ammoniac	M	P	B	TB	TB	P	TB
	Soude – Potasse	M	P	M	TB	TB	P	TB
Halogène (Fluor-Chlore)	Faible	M	M	B	TB	TB	P	B
	Chargée	M	M	M	TB	TB	P	B
Composés organiques Alcools – Phénols		M	P	TB	M	M	M	B
Hydrocarbures		M	P	TB	P	P	M	B
Acides organiques		M	P	B	B	B	M	B
Offshore		M	P	B	P	B	M	B
Compatibilité alimentaire		P	P	TB	TB	TB	P	TB
Résistance à l'érosion mécanique		B	B	P	B	B	TB	TB
Mise en œuvre et mode de pose § 6.3.4.					* Voir page suivante			

		Critère : DIMENSIONNEMENT	
		Il faut connaître le nombre de câbles ainsi que leur encombrement.	
Encombrement d'un câble	$S = d^2$	S : section d'encombrement du câble en cm <sup>2</sup> d : diamètre extérieur du câble en cm <sup>2</sup> <b>Exemple</b> : câble U 1 000 R 2 V Cu 4 x 4 mm <sup>2</sup> d : 1,3 cm ; S : 1,69 cm <sup>2</sup>	
Section du chemin de câble nécessaire	$D = K \frac{100 + a}{100} n$	D : section nécessaire en cm <sup>2</sup> K : coefficient de remplissage : – 1,4 pour les câbles de puissance – 1,2 pour les câbles courant faible a : réserve souhaitée en % n : $\Sigma S$ : somme des sections des câbles en cm <sup>2</sup>	
		<b>Note</b> : Dans le cas de passage de câbles de puissance et de câbles courant faible dans le même chemin de câbles prendre K = 1,4.  <b>Exemple</b> : – Choix d'un chemin de câble comprenant : 6 câbles U 1 000 R2V Cu 4 x 4 mm <sup>2</sup> (lumière) Réserve 20 % $n = \Sigma S = 6 \times (1,3)^2 = 10,14 \text{ cm}^2$ $D = 1,2 \times \frac{100 + 20}{100} \times 10,14 = 14,6 \text{ cm}^2$	

**6.5.3.  
CONDITIONS  
DE POSE  
DES CHEMINS  
DE CÂBLES**

**Critère : DISTANCE ENTRE APPUIS**



Les courbes ci-dessus ne sont valables que pour les chemins de câbles du type BR pour les exécutions ①, ③ et ④ décrites § 6.5.1.

- Flèche maximum :  $E/300$  sans déformation résiduelle (Éclisses en dehors des appuis).
- Partie horizontale : limite de charge pour 100 % de remplissage.
- Partie courbe : limite de charge admise pour un remplissage partiel.
- Optimum de remplissage : intersections entre parties droites et parties courbes de l'abaque.
- $l$  : largeur du chemin de câbles (de 50 à 507 mm).
- $h$  : hauteur du chemin de câbles :  $h = 28$  mm pour BRD 107.  
 $h = 52$  mm pour BRD 108.  
 $h = 76$  mm pour BRD 108/3.

**Exemple 1 (Point B)**

- Distance entre appuis typique  $E = 2$  m, 100 % de remplissage.
- Un chemin de câble BRD de largeur 123 mm supporte :
  - 10 daN/m pour un BRD 107.
  - 24 daN/m pour un BRD 108.
  - 38 daN/m pour un BRD 108/3.

**Exemple 2 (Point B')**

- Distance entre appuis typique  $E = 2,50$  m, remplissage partiel.
- Poids de câbles admissible suivant les largeurs ( $l$ ) 412, 460 et 507 mm :
  - 20 daN/m pour un BRD 107.
  - 48 daN/m pour un BRD 108.
  - 72 daN/m pour un BRD 108/3.

**Exemple 3 (Point B'')**

- Choix d'un chemin de câbles supportant 6 câbles  $4 \times 35$  mm<sup>2</sup>, 10 câbles  $3 \times 25$  mm<sup>2</sup>, 2 câbles  $4 \times 4$  mm<sup>2</sup> du type U 1000 R2V Cu  $a = 25$  % (coefficient de réserve choisi)
- Encombrement et poids des câbles :
  - $4 \times 35$  mm<sup>2</sup> → Ø ext. : 2,55 cm ; 1,75 kg/m.
  - $3 \times 25$  mm<sup>2</sup> → Ø ext. : 2,05 cm ; 1,05 kg/m.
  - $4 \times 4$  mm<sup>2</sup> → Ø ext. : 1,3 cm ; 0,31 kg/m.
- Calculs :
  - 6 câbles  $4 \times 35$  mm<sup>2</sup> →  $6 \times 2,55^2 = 39,02$  cm<sup>2</sup> →  $6 \times 1,75 = 10,5$  kg/m
  - 10 câbles  $3 \times 25$  mm<sup>2</sup> →  $10 \times 2,05^2 = 42,03$  cm<sup>2</sup> →  $10 \times 1,05 = 10,5$  kg/m
  - 2 câbles  $4 \times 4$  mm<sup>2</sup> →  $\frac{2 \times 1,3^2}{2} = 3,38$  cm<sup>2</sup> →  $\frac{2 \times 0,31}{2} = 0,6$  kg/m
  - $n = \Sigma S = 84,43$  cm<sup>2</sup> Charge  $F = 21,6$  kg/m
- La relation (§ 6.5.2) donne :  $D = 1,4 \left( \frac{100 + 25}{100} \right) 84,43 = 148$  cm<sup>2</sup>
- Si  $h = 5$  cm  $l = 148/5 = 30$  cm (valeur minimum)
- L'abaque ci-dessus indique  $l = 316$  mm. Charge 22,5 kg/m.  $E = 2,90$  m. BRD 108.

**6.5.4.  
EXEMPLES**

## 6.6. LES CANALISATIONS ENTERRÉES

### POSE DIRECTE DANS LE SOL :

- Les câbles doivent comporter une armure en acier placée dans une gaine étanche (PVC).
- Le fond de fouille doit être dressé pour éliminer toute aspérité pouvant détériorer la gaine extérieure du câble.
- Conditions particulières de pose. (Fig. 54)

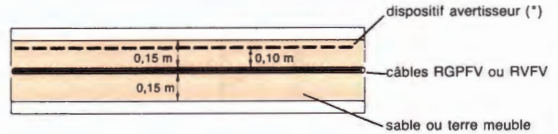


Fig. 54 – Pose directe dans le sol.

### POSE SOUS TUBES ENTERRÉS :

- Utilisée pour les traversées de rue par exemple.
- Le rapport entre la section extérieure totale des câbles et la section intérieure du tube ne doit pas excéder 1/3.
- Conditions particulières de pose. (Fig. 55)

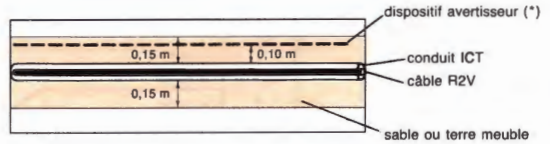


Fig. 55 – Pose sous conduit enterré dans le sol.

### CONDITIONS GÉNÉRALES QUELLE QUE SOIT LA POSE :

- Pour parer aux effets de tassement des terres, les câbles ou canalisations doivent être enterrés à 0,60 m au moins sous les aires non accessibles aux voitures et 1 m sous les aires accessibles aux voitures (Fig. 56)

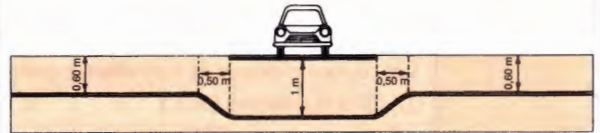


Fig. 56 – Conditions générales de pose en souterrain.

\* Grillage en matière plastique de couleur rouge.

- Rayons de courbure : 9 fois le diamètre pour un câble à 1 conducteur ;  
8 fois le diamètre pour un câble de 2 à 5 conducteurs ;  
5 fois le diamètre pour un câble de plus de 5 conducteurs.
- Croisement et côtoiement avec d'autres canalisations (§ 6.6.2.).

### Mise en œuvre et mode de pose § 6.3.4.

### POSE EN CANIVEAUX ENTERRÉS :

Les caniveaux doivent présenter une surface intérieure parfaitement lisse et s'emboîter sans aspérité ou dénivellation.

Le dispositif avertisseur, obligatoire, peut être constitué par un grillage métallique protégé contre la corrosion ou par un grillage plastique de couleur rouge.

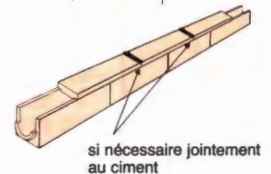
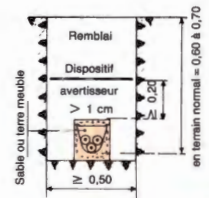
### CROISEMENT OU CÔTOIEMENT AVEC D'AUTRES CANALISATIONS :

La distance entre les liaisons d'énergie et les liaisons de communication doit être :

- aux croisements : 0,50 m entre les liaisons,
- en parcours parallèle : 0,50 m entre les liaisons.

La proximité de canalisations électriques et non électriques (conduites d'eau, de gaz, d'hydrocarbures, de vapeur,...) nécessite une distance minimale de 0,20 m aux croisements ou en parcours parallèle.

### Mise en œuvre et mode de pose § 6.3.4.



si nécessaire jointement au ciment

### CÂBLE BT TYPE U1000 RGPFV

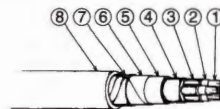
Tension nominale : 1 kV.

Souplesse de l'âme :

$S \leq 4 \text{ mm}^2$  âme classe 1.

$S > 4 \text{ mm}^2$  âme classe 2.

Utilisation dans les installations industrielles.



- 1 – Ame rigide en cuivre ou on aluminium
- 2 – Ruban
- 3 – Enveloppe isolante en PR
- 4 – Gaine de bourrage ou rubans
- 5 – Gaine de plomb
- 6 – Matelas
- 7 – Armure feuillards en acier
- 8 – Gaine en PVC

### 6.6.1. CÂBLES POSÉS DIRECTEMENT DANS LE SOL

### 6.6.2. CÂBLES POSÉS EN CANIVEAUX

### 6.6.3. EXEMPLE DE CÂBLE À ENTERRER

# 6.7. CANALISATIONS PRÉFABRIQUÉES

(D'après SCHNEIDER-ÉLECTRIC)

## • COURANT D'EMPLOI ( $I_b$ ) :

$$I_t \text{ (Somme totale des intensités absorbées par les récepteurs sur une ligne)} \times K = I_b \text{ (courant d'emploi)}$$

K : coefficient de demande moyen. (Ateliers de mécanique générale.)

Nombre de récepteurs	2 ou 3	4 ou 5	6 à 9	10 à 40	40 et plus	Éclairage Chauffage
Coefficient K	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	1

## • TYPE DE CANALISATION SUIVANT LE COURANT D'EMPLOI :

Courant d'emploi $I_b$ (A)	de 0 à 25	25 40	40 63	63 100	100 160	160 250	250 400	400 500	500 630	630 800
Type :	KBA/B	KBA/B	KN	KS	KS	KS	KS	KS	KS	KS
Courant nominal : $I_{nc}$ (A)	25	40	63	100	160	250	400	500	630	800
Indice de protection IP :	31	31	41	40/54	40/52	52/54	40	40	40	40

## • CORRECTION SUIVANT LA TEMPÉRATURE AMBIANTE $t_a$ :

$I_z = I_{nc} \cdot f_1$	$t_a$ (°C)	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
$f_1$	KBA		1,17	1,13	1,09	1,05	1,00	0,95	0,90	0,85	
	KBA		1,28	1,17	1,13	1,09	1,04	1,00	0,95	0,90	
	KN		1,22	1,18	1,14	1,10	1,05	1,00	0,95	0,89	
	KS	1,10	1,08	1,06	1,04	1,02	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88

## • PROTECTION CONTRE LA SURCHARGE DE LA CANALISATION :

$$I_n < \frac{I_z}{f_2}$$

$I_n$  : calibre normalisé égal ou immédiatement intérieur, du dispositif de protection contre les surcharges.

$I_z$  : courant admissible par la canalisation.

$f_2$  : coefficient fonction du type de protection.

$f_2 = 1$  pour les disjoncteurs.

$f_2 = 1,1$  pour les fusibles.

$$I_n \geq I_b$$

$I_n$  : calibre de la protection.

$I_b$  : courant d'emploi.

Si la condition n'est pas remplie, choisir la canalisation de courant  $I_{nc}$  immédiatement supérieure.

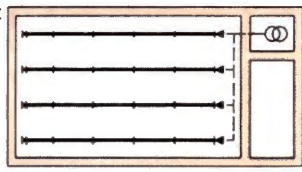
6.7.1.  
ÉLÉMENTS  
PERMETTANT  
DE CHOISIR LES  
CANALISATIONS  
PRÉFABRIQUÉES  
EN BT

**6.7.2.  
EXEMPLES  
D'UTILISATION  
ET DE  
RÉALISATION**

**DISTRIBUTION ÉLECTRIQUE POUR L'ÉCLAIRAGE OU POUR LES PRISES DE COURANT**  
dans l'industrie, le bâtiment, les locaux tertiaires et agricoles.

Le tracé des axes de distribution se fait généralement dans le sens de la plus grande longueur.  
Le choix de la canalisation se fait en fonction :

- de la puissance absorbée sur une ligne,
- du nombre d'allumages ou de circuits,
- du poids des luminaires,
- de la structure du local,
- de la nature du local (IP)



Matériel : KBA	25 A et 40 A	2 à 4 conducteurs + PE	IP 315	L = 3 m
Matériel : KBB	16 à 40 A	2 à 4 conducteurs + PE	IP 307	L = 5 ou 3 m

Le tableau ci-dessous donne le poids maximum admissible entre deux fixations :

Entraxe de fixation	2	2,3	2,5	2,7	3	3,5	4	5	(m)
Matériel KB : à plat	15	10,5	Ne pas utiliser						(kg)
sur chant	-	-	17	15	10	Ne pas utiliser			(kg)

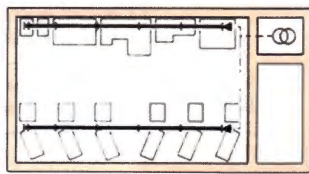
Choix de la dérivation (KBA ou KBB)

Type	Calibre de la dérivation (A)	Connecteurs précâblés pour câbles	Connecteurs à bornes pour fusibles	Connecteurs avec PC 2P + T
KBA	10	3 x 1,5 mm <sup>2</sup>	8,5 x 31,5	non
	16	3 x 2,5 mm <sup>2</sup>	8,5 x 31,5	oui
KBB	10	3 x 1,5 mm <sup>2</sup>	8,5 x 31,5	non
	16	3 x 2,5 mm <sup>2</sup>	8,5 x 31,5	oui

**DISTRIBUTION ÉLECTRIQUE POUR LA FORCE**  
dans l'industrie et le bâtiment

Une seule ligne de distribution dessert une zone de 4 à 6 mètres.  
La hauteur de la ligne de distribution doit être à 3 mètres du sol environ.  
Le choix se fait en fonction :

- du courant d'emploi  $I_b$ ,
- du calibre de la dérivation,
- du schéma de distribution
  - tripolaire + terre (TRI + PE),
  - tripolaire + neutre + terre (TRI + N + PE)
  - tripolaire + neutre non sectionné + terre (TRI + PEN)



Matériel KB	25 et 40 A	TRI + PE ou TRI + N + PE	L = 3 - 2 m	Fixation : 3 m maxi
Matériel KN	40 à 100 A	TRI + N + PE ou TRI + PEN	L = 3 - 2 - 1 ; 0,5 m	Fixation : 3 m maxi
Matériel KS	100 à 800 A	TRI + PEN	L = 5 - 3 - 2 ; 1,5 m	Fixation : 3 m maxi

Calibre de la dérivation (A)	Type de canalisation				Équipement possible			
	KBA	KBB	KN	KS	Direct	Fusible	Appareillage modulaire	Appareillage
16	x	x	x	x	x	8,5 x 31,5	x (KN/KS)	
20				x			x	
25			x			10 x 38	x	
32			x			14 x 51	x	
40				x		14 x 51	x	
50				x		14 x 51	x	
63				x		taille 00	x	
100				x		taille 0	x	
125				x		taille 1		x
160				x		taille 2		x
250				x				x
400				x				x

**EXEMPLE Données :**  
- 5 fraiseuses sont alimentées en ligne dans un atelier de mécanique.  
-  $U = 3 \times 400 \text{ V}$ . 50 Hz.  $P = 11 \text{ kW}$  et absorbée = 25 A par machine.  
- Protection amont par fusible.  $t_a = 40 \text{ °C}$ .

**Solution :**  
 $I_1 = 25 \times 5 = 125 \text{ A}$   
 $I_b = 125 \times 0,8^* = 100 \text{ A} \rightarrow$  Canalisation type KS 100 A  
 $I_2 = 100 \times 0,97^* = 97 \text{ A}$   
 $I_n = 97/1,1^* = 88,2 \text{ A}$   
 $I_n < I_b \rightarrow$  Il faut choisir une canalisation typo KSA 160 A  
 $I_2 = 160 \times 0,97 = 155,2 \text{ A}$   
 $I_n = 155,2/1,1 = 141 \text{ A}$   
 $I_n > I_b$

\* Coefficients § 6.7.1.

## 6.8. EXEMPLE DE CHOIX D'UNE CANALISATION ÉLECTRIQUE

### CAHIER DES CHARGES :

Schéma	Caractéristiques :	Données :
	Source HT. $P_{oc}$ : 125 MVA.  Transformateur HT/BT, 630 KVA Dy. (Schéma TT.) 20/0,4 kV.  Câble de liaison : 3 × 125 mm <sup>2</sup> Cu. (Transformateur tableau BT.) Longueur : 3 m	– Le schéma de distribution BT est donné Fig. 57  – L'étude portera sur la canalisation électrique dont l'origine est prise dans le tableau de distribution secondaire (C) et dont l'extrémité alimente un moteur asynchrone triphasé.  – Caractéristiques du moteur : – Asynchrone triphasé 11 kW 3 × 400 V. – Démarrage direct. – Fonctionnement 3 500 h/an. – Régime cyclique journalier typique suivant NFC 33-100.
	Jeu de barres BT. 3 × (100 × 5) mm <sup>2</sup> Cu. (Tableau BT.) Longueur : 4 m.	– Caractéristiques connues de la canalisation : – Longueur de la canalisation : 50 m. – Schéma des liaisons à la terre : TT. – Type de local : chaudronnerie. – Chemin de câbles existant et contenant trois liaisons électriques en pose jointive. – Température maximum $t_a = 35$ °C. – Temps de déclenchement de la protection pour assurer la sélectivité $t_d \approx 0,3$ s.
	Câble de liaison : 3 × 185 mm <sup>2</sup> Cu (Tableau BT – tableau secondaire.) Longueur : 100 mm.	– Considérations économiques : – Amortissement sur une année : 18 %. – Tarif souscrit : Vert A5.
	Câble d'alimentation terminale du moteur 11 kW – 400 V triphasé. Longueur : 50 m.	<b>Note</b> : La chute de tension entre le transformateur et le point C sera négligée.

Fig. 57 – Schéma de l'installation BT.

### SOLUTION :

DÉMARCHE :	RENOIS :	RÉSULTATS
Intensité nominale absorbée par le moteur : $I_n$ Intensité au démarrage : $I_d = 6,7 I_n$ Cos $\varphi$ : – régime nominal : – au démarrage :	Tableau : Fig. 1  Tableau : Fig. 2 Tableau : Fig. 2 Tableau : Fig. 2	$I_c = 26$ A.  $I_d = 26 \times 6,7 = 175$ A. (arrondi par excès) Cos $\varphi_a = 0,8$ . Cos $\varphi_c = 0,3$ .
Détermination des facteurs : – $K_U$ : – $K_S$ : – $K_B$ : Calcul du courant d'emploi : – $I_b$ :	Tableau Fig. 7 Tableau Fig. 7 Tableau Fig. 7 Tableau Fig. 7	$K_U = 0,75$ $K_S = 1$ $K_B = 1,2$ $I_b = 26 \times 0,75 \times 1 \times 1,2 \approx 24$ A (arrondi par excès).
Influences externes : Indice de protection mini : IP IK (corrige suivant K)	Chapitre 5	AA4 – AD1 – AE2 – AF1 – AG3 – AH1 – BA1 – BB1 – BC3 – BD1 – BE1 IP30 IK08
Choix du type de câble : – Influence externe : – Mode de pose : – Tension : – Nombre de conducteurs : – Câble retenu :	§ 6.3.2. Fig. 12, 52 § 6.2.1. § 6.2.4. § 6.2.4.	Tous câbles et conducteurs sauf Torsades et 05 VV-U, R. Mode de Pose : 14. Câble autorisé. BT > 400 V → Normalisé 500 V minimum. 3 + PE (Schéma TT) U 1 000 R 2V (Isolant : PR)
Détermination des coefficients correcteurs : – Pose : – Température : – Groupement :	Tableau : Fig. 12 Tableau : Fig. 11 Tableau : Fig. 13	Méthode de référence E → $f_p = 1$ $\theta_a = 35$ °C (PR) → $f_t = 0,96$ 4 liaisons (câbles jointifs) → $f_n = 0,77$ .
Détermination de la section $S_j$ : – Calcul $I_z$ : – Choix de $S_j$ : – Intensité maxi : – Protection :	Tableau : Fig. 6 Tableau : Fig. 6 Tableau : Fig. 6 § 6.1.6.	$I_z = 24 / (1 \times 0,96 \times 0,77) = 33$ A (arrondi par excès) $I_z = 33$ A. (E-PR/3) → $S_j = 4$ mm <sup>2</sup> cuivre. C'est l'intensité admissible en régime permanent → 42 A Elle sera assurée par un disjoncteur à usage général ( $t \approx 0,3$ s) associé à un dispositif à courant différentiel résiduel (DDR)

DÉMARCHE	RENOIS	RÉSULTATS (ramenés côté BT avec $U_0 = 230 \text{ V}$ )					
		$R (\Omega)$	$X (\Omega)$	$I_{cc} (\text{kA})$	$R/X$	$K$	$I_{cc} (\text{kA})$
Calcul des $I_{cc}$ maxi. - Source : - Transformateur : - Câble de liaison Cu :  - $I_{cc}$ en A : - Jeu de barres Cu :  - $I_{cc}$ en B : - Câble de liaison Cu :  - $I_{cc}$ en C :	Tableau : Fig. 22 Abaques : Fig. 26 Abaques : Fig. 27  Schéma : Fig. 57 Abaques : Fig. 27  Schéma : Fig. 57 Abaques : Fig. 27  Schéma : Fig. 57	$0,2 \times 10^{-3}$	$1,4 \times 10^{-3}$	$\frac{U_0}{\sqrt{\Sigma R^2 + \Sigma X^2}}$		Fig. 21	$K \cdot I_{cc} \cdot \sqrt{2}$
		$2,7 \times 10^{-3}$	$9,7 \times 10^{-3}$				
		$0,5 \times 10^{-3}$	$0,25 \times 10^{-3}$	19,41	0,30	1,42	39
		$3,4 \times 10^{-3}$	$11,35 \times 10^{-3}$	18,80	0,29	1,44	38,3
		13,0 $\times 10^{-3}$	$7,5 \times 10^{-3}$				
		$16,4 \times 10^{-3}$	$19,25 \times 10^{-3}$	9,10 <sup>(1)</sup>	0,85	1,09	14
Contrôle des contraintes thermiques  - $I^2 t$  - $t$ maxi	Tableau : Fig. 29  § 6.1.9.  § 6.1.9.	$I_{cc}$ amont = 9,1 kA. $S_{cu} = 4 \text{ mm}^2$ . $L = 50 \text{ m}$ → $I_{cc}$ mini = 0,9 kA.  $I^2 t = K^2 \cdot S^2 = 143^2 \times 4^2 = 327\ 184 \text{ A}^2 \text{ s}$ .  $t \leq \frac{327\ 184}{900^2} \rightarrow t \text{ maxi} = 0,4 \text{ s} > t_d$ de la protection.					
Détermination de la section $S_{cc}$ à partir de $t_d$ (Calcul éventuel)  - $I/I_p$ : - $\theta$ : - $\delta_1 \omega$ : - $S_{cc}$ :	Abaq. : Fig. 17, 18 Abaques : Fig. 19 Relation : Fig. 21	$I_z = 33 \text{ A}$ $I_p = 42 \text{ A}$ $I/I_p = 33/42 \approx 0,79$ PR → $\theta_p = 90^\circ \text{ C}$ . $\theta_{cc} = 250^\circ \text{ C} \rightarrow \theta = 65^\circ \text{ C}$ $\theta = 65^\circ \text{ C}$ . $\theta_{cc} = 250^\circ \text{ C} \rightarrow \delta_1 \omega = 155 \text{ A/mm}^2$ $S_{cc} = 900 \sqrt{0,3/155} = 3,2 \text{ mm}^2 \rightarrow S_{cc} = 4 \text{ mm}^2$					
Contrôle de la longueur protégée  - court-circuit : - contact indirect	Tableau : Fig. 35 § 6.1.10.	$S = 4 \text{ mm}^2$ . $L = 50 \text{ m} \rightarrow I_m = 320 \text{ A maximum}$ . Sans objet car obligation de mettre un DDR (Schéma TT)					
Contrôle de la chute de tension pour $S = 4 \text{ mm}^2$  - à $I_p$ : - à $I_d$ : - $u_{\text{max}}$ à $I_n$ - $u_{\text{max}}$ à $I_d$	Abaque : Fig. 47 Abaque : Fig. 48 § 6.1.11. § 6.1.11.	$I_b \cdot L = 24 \times 0,05 = 1,2 \text{ A} \cdot \text{km} \rightarrow u = 11 \text{ V}$ . $I_d \cdot L = 175 \times 0,05 = 8,8 \text{ A} \cdot \text{km} \rightarrow u = 28 \text{ V}$ . $u_{\text{max}}$ à $I_n = 400 \times 8/100 \rightarrow 32 \text{ V} > 11 \text{ V} \rightarrow$ convient. $u_{\text{max}}$ à $I_d = 400 \times 15/100 \rightarrow 60 \text{ V} > 28 \text{ V} \rightarrow$ convient.					
Détermination de la section économique $S_e$ (Calcul éventuel)  - $I_q$ - $A$  - $q$ à $65^\circ \text{ C}$ - $q$  - $c$  - $S_e$	§ 6.1.12. (d) § 6.1.12. (b) § 6.1.12. (h) § 6.1.12. (h) § 6.2.4. § 6.1.12. (g) § 6.1.12. (f)	Suivant NFC 33-100 → $I_d = \sqrt{\frac{26^2 \times 12 + 13^2 \times 12}{24}} = 20,6 \text{ A}$ $A = \frac{(1 + 0,18)^1 - 1}{0,18 (1 + 0,18)^1} = 0,85$ . $q_{65^\circ \text{ C}} = 17,241 (1 + 3,93 \times 10^{-3} \times 45) = 20,29 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ $4 \times 1,5 \text{ mm}^2 \rightarrow 0,45 \times 1,25 = 0,56 \text{ k}\epsilon/\text{km}$ . $4 \times 25 \text{ mm}^2 \rightarrow 3,46 \times 1,25 = 4,32 \text{ k}\epsilon/\text{km}$ . $q = \frac{4,32 - 0,56}{25 - 1,5} \cdot 1\ 000 = 160 \text{ }\epsilon/\text{km}$ . Tarif VERT A5 → $c = 0,04 \text{ }\epsilon/\text{kW} \cdot \text{h}^{(2)}$ $S_e = 20,6 \sqrt{\frac{3 \times 20,29 \times 3\ 500 \times 0,04 \times 0,85}{160 \times 10^{-3}}} = 4,38 \text{ mm}^2$ $S_e = 4 \text{ mm}^2$					
Conducteur PE - $S_{PE}$	§ 6.1.13 (B)	$S < 16 \text{ mm}^2$ $S_{PE} = 4 \text{ mm}^2$ .					
SOLUTION :		Le câble U 1 000 R 2V 4 x 4 $\text{mm}^2$ répond à toutes les conditions. Ce câble doit être posé sur un chemin de câbles.  (1) Le disjoncteur se trouvant à l'origine doit avoir un pouvoir de coupure de 9 100 A minimum avec un temps maximum de déclenchement de 0,4 s pour un courant de déclenchement de 320 A maximum. (2) Pour un calcul plus précis se reporter au chapitre 21.					

# 7. L'ÉCLAIRAGE

## 7.1. DÉMARCHE DE DÉTERMINATION D'UN AVANT-PROJET D'ÉCLAIRAGE

### DONNÉES



### BESOINS



### ÉLÉMENTS DE CHOIX (à prendre en compte)

#### - Le cahier des charges définissant l'installation d'éclairage

- Nature des tâches visuelles.
- Mode de commande.
- Nombre de points de commande.
- Type d'éclairage (direct, indirect...).
- Nombre de points lumineux.
- Fréquence journalière des allumages.
- Conditions d'entretien.
- Durée d'utilisation annuelle.

#### - Installation d'éclairage

- Éclairage satisfaisant.
- Facilité d'entretien.
- Facilité de remplacement des luminaires.
- Facilité de commande.
- Consommation d'énergie.
- Esthétique.
- Respect des normes.
- Coût et amortissement.

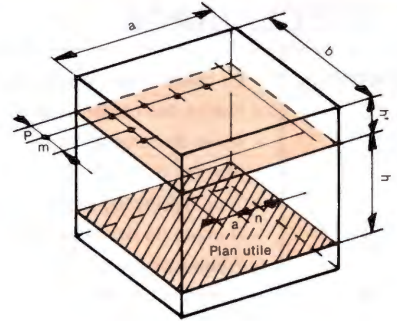
#### - Pour établir l'avant-projet

- Définition du local
  - caractéristiques architecturales, dimensions
  - facteurs de réflexion
  - mobilier
  - nature du plafond
  - prises de jour
- Activités dans le local
- Conditions de service et influences externes
  - classification des locaux
- Conditions d'alimentation électrique
  - tension
  - régime de neutre
- Conditions d'utilisation
- Exigences en ce qui concerne les nuisances
  - parasites radiophoniques
  - effets stroboscopiques
  - ronflement des ballasts
  - chaleur dégagée
- Niveau d'éclairage et choix du matériel
- Dépréciation des installations et facteurs de dépréciation
  - dû au vieillissement des lampes
  - dû à l'empoussièrement des luminaires
  - dû à l'empoussièrement des parois du local
- Considérations économiques
  - prix du kWh
  - puissance totale installée
  - valeur de l'investissement (lampes, luminaires, câbles, installation...)
  - coût de la main-d'œuvre
  - coût de recharge d'une lampe
  - coût de l'entretien de l'installation (fréquence des interventions)

## 7.2. RENSEIGNEMENTS NÉCESSAIRES À L'ÉTABLISSEMENT D'UN AVANT-PROJET D'ÉCLAIRAGE

### 7.2.1. DIMENSIONS DU LOCAL (NFC 71-721)

- $h$  : hauteur des luminaires au-dessus du plan utile
- $m$  et  $n$  : côtés de la maille
- $h'$  : hauteur de suspension des luminaires (frise)
- $a$  et  $b$  : côtés du local

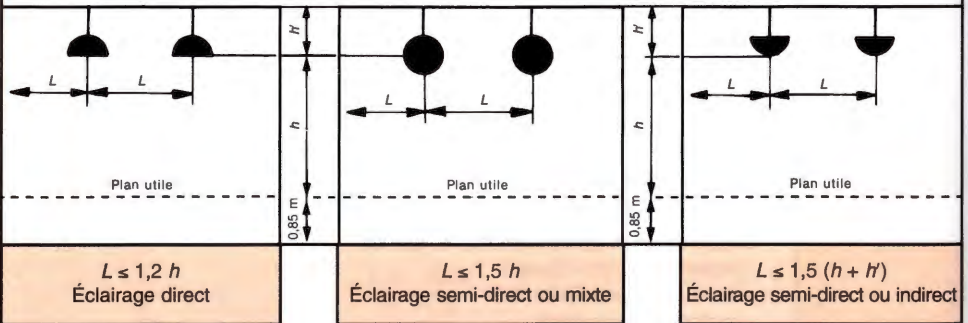


- L'indice du local dépend du système d'éclairage et de ses dimensions.

### 7.2.2. FACTEURS DE RÉFLEXION DES MURS ET DES PLAFONDS (D'APRÈS EDF)

PEINTURES	%	MATÉRIEAUX	%
Blanc	75	Plâtre	85
Crème	70	Pierre de taille	50
Jaune	50	Ciment	40
Vert clair	45	Brique rouge	20
Gris à 25 % de noir	35	Bois : - érable	40
Rouge	25	- chêne	20
Vert foncé	20	- acajou	10

### 7.2.3. INDICE DU LOCAL K (D'APRÈS EDF)



$$K = \frac{ab}{h(a+b)}$$

$$K = \frac{3ab}{2(h+h')(a+b)}$$

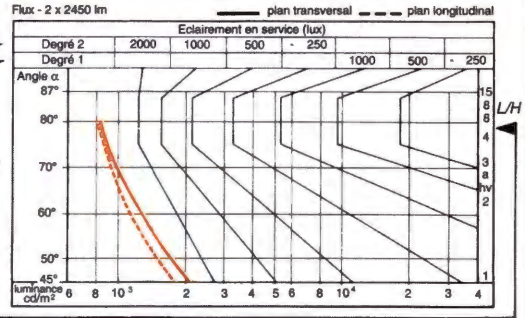
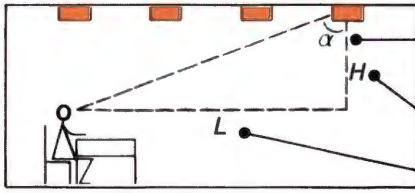
SYSTÈMES		DIRECT	SEMI-DIRECT	DIFFUS	SEMI-INDIRECT	INDIRECT
Pourcentages du flux lumineux	vers le haut	0 - 10	10 - 40	40 - 60	60 - 90	90 - 100
	vers le bas	90 - 100	60 - 90	40 - 60	10 - 40	0 - 10

**7.2.4.  
ÉCLAIREMENTS  
MOYENS EN  
SERVICE  
RECOMMANDÉS  
(D'après  
L'ASSOCIATION  
FRANÇAISE  
DE L'ÉCLAIRAGE)**

CATÉGORIES	EXEMPLES	LUX	CATÉGORIES	EXEMPLES	LUX
<b>BÂTIMENTS AGRICOLÉS</b>	- Poulailleurs	50	<b>MÉCANIQUE GÉNÉRALE</b>	- Machines-outils et établis, soudure	300
	- Étables, salles de traite	150		- Travail de pièces moyennes	500
	- Couloirs d'alimentation	30		- Travail de petites pièces	750
	- Préparation des aliments du bétail	150		- Travail très délicat ou de très petites pièces	1 000 à 2 000
<b>INDUSTRIES ALIMENTAIRES</b>	- Laiterie	0	<b>INDUSTRIES TEXTILES</b>	- Cardage, étirage	300
	- Brassage	300		- Bobinage	300
	- Préparation chocolat brut	150		- Filage	500
	- Conditionnement bouchées confiserie	500		- Tissage gros ou clair	500
	- Conserveries, mise en boîte	500		- Tissage fin ou foncé	750
	- Laiteries	300		- Comparaison de couleurs	1 000
<b>INDUSTRIES DU BOIS</b>	- Cuisson	300	<b>INDUSTRIE DU VERRE</b>	- Chaufferie	150
	- Scieries	150		- Composition	150
	- Travail à l'établi	300		- Soufflage ou moulage	300
	- Travail aux machines	500		- Décoration	500
	- Finition, polissage	500		- Gravure	500
<b>INDUSTRIES CÉRAMIQUES</b>	- Contrôle final	750	<b>INDUSTRIE DU LIVRE</b>	- Typographie	500
	- Fours	150		- Pupitre de composition	750
	- Moulage, presses	300		- Lithographie	1 000
	- Vernissage	500		- Reliure de livres	500
<b>INDUSTRIES CHIMIQUES</b>	- Décoration	500	<b>BUREAUX ET LOCAUX ADMINISTRATIFS</b>	- Bureaux de travaux géné- raux	500
	- Éclairage de circulation	200		- Dactylographie	500
	- Broyeurs, malaxeurs	300		- Salle des ordinateurs	500
	- Calandrage, injection	500		- Salle de dessin, tables	1 000
	- Fabrication des pneus	250		- Bureaux paysagés	750 à 1 000
	- Salles de contrôle	500			
<b>INDUSTRIE DU CUIR</b>	- Laboratoires	500	<b>INDUSTRIE DU VÊTEMENT</b>	- Piqûre	1 000
	- Comparaison de couleurs	1 000		- Contrôle final	1 000
	- Vernissage	500			
<b>CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES ET ÉLECTRONIQUES</b>	- Couture	1 000	<b>ÉTABLISSEMENTS D'ENSEIGNEMENT</b>	- Salles de classe	300
	- Comparaison de couleurs	1 000		- Tableaux	500
	- Montage (appareils de radio)	750		- Amphithéâtres	300
	- Travail de pièces moyennes	500		- Laboratoires	500
	- Travail de petites pièces	750		- Salles de dessin d'art	500
<b>FONDERIE</b>	- Travail très délicat ou de très petites pièces	1 500 à 2 000	<b>SALLES DE SPECTACLE</b>	- Bibliothèques, tables	500
	- Nettoyage	200		- Foyers	150
	- Modelage grossier	200		- Amphithéâtres	100
	- Modelage fin	500		- Salles de cinéma	50
	- Sablerie	300		- Salles des fêtes	300
	- Fabrication des noyaux	500			
<b>CIRCULATION</b>	- Couloirs, escaliers selon les locaux desservis	100 à 300	<b>ESPACES DÉCOUVERTS</b>	- Entrées, cours, allées	30
				- Docks, quais	75
<b>SALLES D'EXPOSITION</b>	- Salles publiques	500	<b>EXPOSITIONS SENSIBLES À LA LUMIÈRE</b>	- Stations-service	300
				- Éclairage général	150
<b>EXPOSITIONS INSENSIBLES À LA LUMIÈRE</b>	- Éclairage général	300	<b>EXPOSITIONS PARTICULIÈREMENT SENSIBLES À LA LUMIÈRE</b>	- Éclairage général	50
<b>HABITATIONS (ÉCLAIRAGE NÉCESSAIRE POUR LES DIFFÉRENTES ACTIVITÉS)</b>	- Lecture	300	<b>HÔTELS</b>	- Réception, halls	300
	- Travail d'écolier	300		- Salles à manger	200
	- Couture	500		- Cuisines	300
	- Chambre à coucher éclairage localisé	à 750	<b>STOCKAGE</b>	- Chambres et annexes	
	- Préparations culinaires	200		- Entrepôts	150
	- Coin bricolage (suivant activité)	300			

## 7.2.5. ABAQUES DE SÖLLNER – CHOIX DES APPAREILS D'ÉCLAIRAGE

- **Degré 2** – Travaux fins : travaux de bureaux, salles de classe et de dessin.
- **Degré 1** – Travaux ordinaires : magasinage, réception, accueil, circulation.

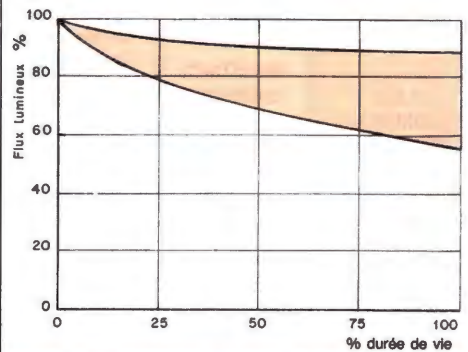
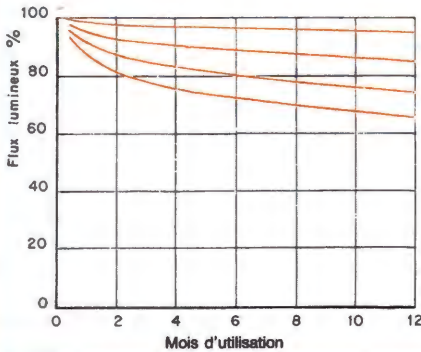


L'appareil dont l'abaque de Söllner est représenté ci-dessus convient :

- pour des travaux de degré 1 jusqu'à 1 000 lux quel que soit le local,
- pour des travaux de degré 2 jusqu'à 500 lux quel que soit le local et 1 000 lux dans les locaux dont  $L/H < 1,3$ .

\* Abaques permettant de déterminer l'efficacité d'un luminaire suivant l'architecture du local ( $H/L$  ou  $\alpha$ ) et l'éclairage en service (lux).  
(D'après l'association française de l'éclairage)

### 7.2.6. DÉPRÉCIATION DES LUMINAIRES



#### DÉPRÉCIATION DUE À L'EMPOUSSÈREMENT

Influence de l'empoussièrement des lampes et des luminaires :

- ventilation par convection naturelle,
- diffuseur ouvert vers le bas,
- appareil fermé non étanche,
- éclairage indirect.

#### DÉPRÉCIATION DUE À LA DURÉE DE VIE

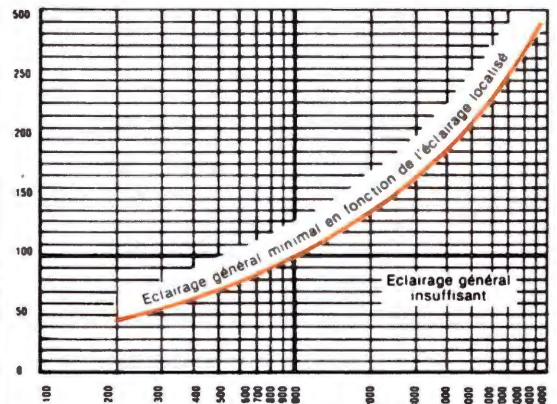
Exemple de courbes de chute de flux lumineux des lampes à décharge

$d$  : facteur de dépréciation (égal à 1,2 – 1,3 – 1,5 en fonction des conditions d'environnement).

### 7.2.7. ÉCLAIRAGE LOCALISÉ (D'après L'ASSOCIATION FRANÇAISE DE L'ÉCLAIRAGE)

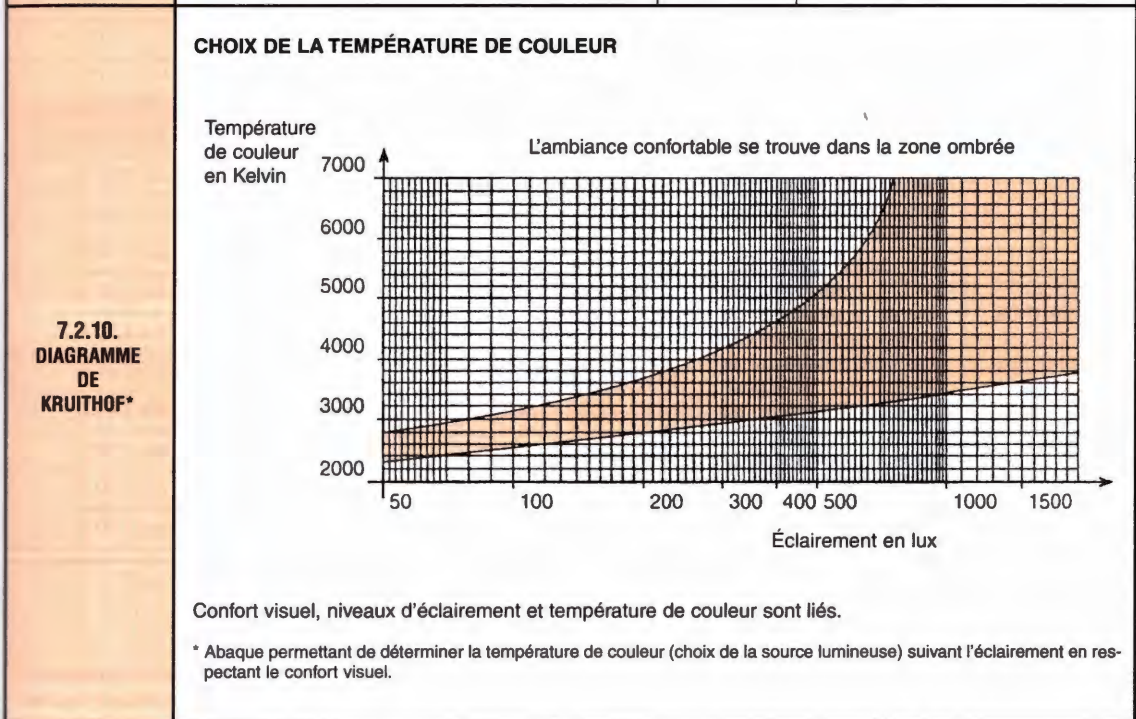
Lorsque pour des raisons économiques, il n'est pas possible d'obtenir l'éclairage désiré, on complète par des sources lumineuses ponctuelles. Pour éviter des contrastes trop importants, il est nécessaire que l'éclairage général soit en harmonie avec l'éclairage localisé.

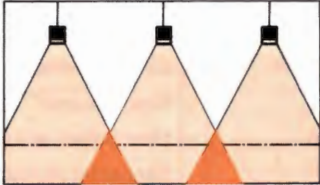
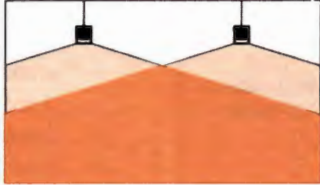
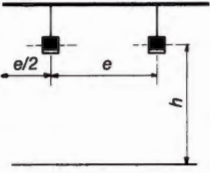
**Exemple** : pour un éclairage localisé de 1 000 lux. Il faut au minimum un éclairage général de 100 lux.



	TEMPÉRATURE DE COULEUR	DÉNOMINATION	INDICE DE RENDU DES COULEURS ( $R_a$ )
<b>7.2.8. APPELLATIONS DE TEINTES</b>	6 300 K	lumière du jour	92
	6 000 K	blanc harmonie	90
	4 300 K	blanc industrie	65
	3 800 K	blanc brillant de luxe	83
	3 000 K	blanc soleil de luxe	80
	2 700 K	blanc confort	95

<b>7.2.9. LE RENDU DES COULEURS <math>R_a</math></b>	<p>– Le <math>R_a</math> est compris entre 50 et 100.</p> <p>– Par exemple, les lampes fluorescentes se caractérisent par des émissions lumineuses de couleurs voisines mais différentes.</p>		
	QUALITÉ DÉSIRÉE	VALEURS LIMITES DE $R_a$	EXEMPLES D'APPLICATIONS
	Appréciation aussi exacte que possible des couleurs primordiales Excellent rendu des couleurs	$R_a > 90$	Contrôle, sélection, examen... Laboratoires Industrie textile Imprimerie Produits agricoles...
	Rendu des couleurs de bonne qualité Éclairage agréable recherché	$R_a > 80$	Certains ateliers Bureaux Écoles
	Rendu des couleurs acceptable	$R_a > 70$	Magasins de vente
	Rendu des couleurs médiocre mais secondaire	$60 < R_a < 90$	Industrie : ateliers, mécanique
Aucune exigence de rendu des couleurs	$R_a < 60$	Industrie : fonderies – grosse mécanique – magasins de stockage	



<p><b>7.2.11. CHOIX DE LA CLASSE PHOTOMÉTRIQUE</b></p>	<p>– En milieu industriel, on utilise essentiellement l'éclairage direct du plus intensif au plus extensif, classe de A à J selon les normes UTE 71 120/121.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p><b>INTENSIF</b></p>  <p><b>classe A</b> ▶</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>EXTENSIF</b></p>  <p>▶ <b>classe J</b></p> </div> </div>																																																																																		
<p><b>7.2.12. CHOIX DES LUMINAIRES</b></p>	<p>– Le choix des luminaires doit répondre aux conditions de limitation de l'éblouissement.</p> <p>– Sans entrer dans le détail, on utilisera les tableaux ci-contre pour déterminer la classe photométrique des luminaires, en fonction de la puissance des sources et de l'éclaircissement.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="5"><b>ATELIERS</b></th> </tr> <tr> <th>lampe fluo</th> <th>40 W</th> <th>65 W</th> <th>80 W</th> <th>110 W</th> </tr> <tr> <th>éclaircissement</th> <th>1,20 m</th> <th>1,50 m</th> <th>1,50 m</th> <th>2,40 m</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>≤ 200</td> <td>G</td> <td>G</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>≤ 400</td> <td>F</td> <td>F</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>≤ 600</td> <td>E</td> <td>E</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>≤ 800</td> <td>D</td> <td>D</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>≤ 1 000</td> <td>D</td> <td>D</td> <td>C</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>≤ 1 200</td> <td>C</td> <td>C</td> <td>C</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>≤ 1 500</td> <td>C</td> <td>C</td> <td>C</td> <td>C</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="4"><b>BUREAUX</b></th> </tr> <tr> <th>lampe fluo</th> <th>40 W</th> <th>65 W</th> <th>110 W</th> </tr> <tr> <th>éclaircissement</th> <th>1,20 m</th> <th>1,50 m</th> <th>2,40 m</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>≤ 200</td> <td>E</td> <td>E</td> <td></td> </tr> <tr> <td>≤ 800</td> <td>D</td> <td>D</td> <td></td> </tr> <tr> <td>≤ 1 000</td> <td>D</td> <td>D</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>≤ 1 200</td> <td>C</td> <td>C</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>≤ 1 500</td> <td>C</td> <td>C</td> <td>C</td> </tr> </tbody> </table>	<b>ATELIERS</b>					lampe fluo	40 W	65 W	80 W	110 W	éclaircissement	1,20 m	1,50 m	1,50 m	2,40 m	≤ 200	G	G			≤ 400	F	F			≤ 600	E	E			≤ 800	D	D			≤ 1 000	D	D	C	C	≤ 1 200	C	C	C	C	≤ 1 500	C	C	C	C	<b>BUREAUX</b>				lampe fluo	40 W	65 W	110 W	éclaircissement	1,20 m	1,50 m	2,40 m	≤ 200	E	E		≤ 800	D	D		≤ 1 000	D	D	C	≤ 1 200	C	C	C	≤ 1 500	C	C	C
<b>ATELIERS</b>																																																																																			
lampe fluo	40 W	65 W	80 W	110 W																																																																															
éclaircissement	1,20 m	1,50 m	1,50 m	2,40 m																																																																															
≤ 200	G	G																																																																																	
≤ 400	F	F																																																																																	
≤ 600	E	E																																																																																	
≤ 800	D	D																																																																																	
≤ 1 000	D	D	C	C																																																																															
≤ 1 200	C	C	C	C																																																																															
≤ 1 500	C	C	C	C																																																																															
<b>BUREAUX</b>																																																																																			
lampe fluo	40 W	65 W	110 W																																																																																
éclaircissement	1,20 m	1,50 m	2,40 m																																																																																
≤ 200	E	E																																																																																	
≤ 800	D	D																																																																																	
≤ 1 000	D	D	C																																																																																
≤ 1 200	C	C	C																																																																																
≤ 1 500	C	C	C																																																																																
<p><b>7.2.13. RÉPARTITION DES LUMINAIRES</b></p>	<p>– La répartition des luminaires est dictée par l'emplacement des postes de travail.</p> <p>– La constitution du plafond, la présence de poutres apparentes, de caissons, peuvent apporter des limitations dans la détermination de la position et du nombre de luminaires, mais on cherchera à se rapprocher des dispositions ci-dessus.</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 20px;">  </div> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Classe du luminaire</th> <th>Interdistance maximale entre deux luminaires</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td><math>e = 0,90 h</math></td> </tr> <tr> <td>B</td> <td><math>e = 1,00 h</math></td> </tr> <tr> <td>C</td> <td><math>e = 1,10 h</math></td> </tr> <tr> <td>D</td> <td><math>e = 1,20 h</math></td> </tr> <tr> <td>E</td> <td><math>e = 1,30 h</math></td> </tr> <tr> <td>F</td> <td><math>e = 1,40 h</math></td> </tr> <tr> <td>G</td> <td><math>e = 1,45 h</math></td> </tr> <tr> <td>H</td> <td><math>e = 1,50 h</math></td> </tr> <tr> <td>I</td> <td><math>e = 1,50 h</math></td> </tr> <tr> <td>J</td> <td><math>e = 1,50 h</math></td> </tr> </tbody> </table> </div>	Classe du luminaire	Interdistance maximale entre deux luminaires	A	$e = 0,90 h$	B	$e = 1,00 h$	C	$e = 1,10 h$	D	$e = 1,20 h$	E	$e = 1,30 h$	F	$e = 1,40 h$	G	$e = 1,45 h$	H	$e = 1,50 h$	I	$e = 1,50 h$	J	$e = 1,50 h$																																																												
Classe du luminaire	Interdistance maximale entre deux luminaires																																																																																		
A	$e = 0,90 h$																																																																																		
B	$e = 1,00 h$																																																																																		
C	$e = 1,10 h$																																																																																		
D	$e = 1,20 h$																																																																																		
E	$e = 1,30 h$																																																																																		
F	$e = 1,40 h$																																																																																		
G	$e = 1,45 h$																																																																																		
H	$e = 1,50 h$																																																																																		
I	$e = 1,50 h$																																																																																		
J	$e = 1,50 h$																																																																																		
<p><b>7.2.14. NOMBRE DE LUMINAIRES</b></p>	<p>– Le nombre de luminaires est donné par la relation : <math>\frac{F}{f}</math></p> <p><math>F</math> = flux lumineux total</p> <p><math>f</math> = flux émis par les sources installées dans un luminaire.</p> <p>– On respectera les interdistances données dans le tableau ci-dessus. Si besoin est, on augmentera le nombre de points lumineux. Éventuellement, on diminuera la puissance lumineuse de chaque source.</p>																																																																																		

## 7.2.15. CLASSE, RENDEMENT ET INDICE DE PROTECTION DE QUELQUES RÉFLECTEURS INDUSTRIELS

TYPE DE RÉFLECTEURS	CLASSE	RENDEMENT (direct)	IP	IK
Tôle laquée blanc cuite au four sans grille	E	0,71	30	00
Tôle laquée blanc cuite au four avec grille	D	0,54	30	07
Tôle émaillée pour lampes ballon $P < 125 \text{ W}$	D	0,70	20	
(intensif) pour lampes ballon $125 \leq P \leq 400 \text{ W}$	C	0,76	20	
(extensif) pour lampes ballon $125 \leq P \leq 400 \text{ W}$	D	0,71	20	
Plafonnier diffuseur opale	H	0,48	40	04
– diffuseur polystyrène stabilisé à fond prismatique clair et côtés opale	E	0,53	40	04
– avec grille et vé central	D	0,53	20	07
– paralume à vé central et grille laquée	D	0,47	20	07
Plafonnier – à optique en aluminium haut rendement	D	0,65	40	04
– à grille crantée en aluminium de maille 20 x 20 x 20	C	0,43	20	
Plafonnier – encastré avec diffuseur opale	E	0,52	30	04
– à vasque prismatique	D	0,58	30	04
– à grille aluminium 30 x 30	D	0,53	20	08
Plafonnier encastré à lame opale de forme ronde	E	0,42	20	04
Projecteur étanche	C	0,32	65	07
Plafonnier encastré à lame grille laquée	C	0,34	20	04

## 7.2.16. TABLEAUX D'UTILANCE (U)

J : rapport de suspension

(Voir exemples § 7.5.)

K : indice du local

J = 0

J = 1/3

		K = 0,60											
Facteur réflexion (%)	plaf	70	70	70	70	50	50	50	30	30	00		
	murs	70	50	30	10	50	30	10	30	10	00		
Classe des luminaires	A	0,83	0,77	0,73	0,70	0,76	0,73	0,70	0,72	0,70	0,69		
	B	0,74	0,67	0,62	0,58	0,66	0,61	0,58	0,61	0,58	0,57		
	C	0,66	0,56	0,50	0,46	0,55	0,50	0,46	0,49	0,46	0,44		
	D	0,60	0,50	0,43	0,38	0,49	0,43	0,38	0,42	0,38	0,36		
	E	0,55	0,44	0,36	0,31	0,43	0,36	0,31	0,35	0,30	0,28		
	F	0,51	0,38	0,30	0,25	0,37	0,30	0,24	0,29	0,24	0,22		
	G	0,53	0,40	0,32	0,27	0,39	0,32	0,27	0,31	0,27	0,24		
	H	0,51	0,39	0,31	0,25	0,38	0,30	0,25	0,30	0,25	0,23		
	I	0,46	0,33	0,24	0,18	0,31	0,23	0,17	0,23	0,17	0,15		
	J	0,46	0,32	0,23	0,17	0,31	0,22	0,17	0,22	0,16	0,14		

		K = 0,60											
Facteur réflexion (%)	plaf	70	70	70	70	50	50	50	30	30	00		
	murs	70	50	30	10	50	30	10	30	10	00		
Classe des luminaires	A	0,81	0,76	0,72	0,70	0,75	0,72	0,70	0,72	0,70	0,69		
	B	0,72	0,65	0,61	0,58	0,65	0,61	0,58	0,61	0,58	0,57		
	C	0,63	0,55	0,49	0,46	0,54	0,49	0,46	0,49	0,45	0,44		
	D	0,58	0,48	0,42	0,38	0,46	0,42	0,38	0,42	0,38	0,36		
	E	0,52	0,42	0,35	0,30	0,41	0,35	0,30	0,35	0,30	0,28		
	F	0,48	0,36	0,29	0,24	0,36	0,29	0,24	0,29	0,24	0,22		
	G	0,50	0,38	0,31	0,26	0,38	0,31	0,26	0,31	0,26	0,24		
	H	0,48	0,37	0,30	0,25	0,36	0,29	0,25	0,29	0,24	0,23		
	I	0,43	0,30	0,23	0,17	0,30	0,22	0,17	0,22	0,17	0,15		
	J	0,42	0,30	0,22	0,16	0,29	0,22	0,16	0,22	0,16	0,14		

		K = 0,80											
Facteur réflexion (%)	plaf	70	70	70	70	50	50	50	30	30	00		
	murs	70	50	30	10	50	30	10	30	10	00		
Classe des luminaires	A	0,89	0,83	0,80	0,77	0,83	0,79	0,77	0,79	0,77	0,75		
	B	0,82	0,75	0,70	0,67	0,74	0,70	0,66	0,69	0,66	0,65		
	C	0,75	0,66	0,60	0,56	0,65	0,60	0,56	0,59	0,55	0,54		
	D	0,70	0,60	0,53	0,48	0,58	0,52	0,48	0,52	0,47	0,45		
	E	0,65	0,53	0,46	0,40	0,52	0,45	0,40	0,44	0,40	0,37		
	F	0,63	0,51	0,43	0,37	0,50	0,43	0,37	0,42	0,37	0,35		
	G	0,61	0,49	0,41	0,35	0,48	0,40	0,35	0,40	0,34	0,32		
	H	0,59	0,47	0,38	0,32	0,45	0,38	0,32	0,37	0,32	0,29		
	I	0,56	0,43	0,34	0,27	0,41	0,33	0,27	0,32	0,27	0,24		
	J	0,54	0,40	0,31	0,24	0,39	0,30	0,24	0,29	0,23	0,21		

		K = 0,80											
Facteur réflexion (%)	plaf	70	70	70	70	50	50	50	30	30	00		
	murs	70	50	30	10	50	30	10	30	10	00		
Classe des luminaires	A	0,87	0,82	0,79	0,77	0,82	0,79	0,77	0,79	0,76	0,75		
	B	0,80	0,74	0,70	0,66	0,73	0,69	0,66	0,69	0,66	0,65		
	C	0,73	0,64	0,59	0,55	0,64	0,59	0,55	0,59	0,55	0,54		
	D	0,67	0,58	0,52	0,47	0,57	0,51	0,47	0,51	0,47	0,45		
	E	0,62	0,51	0,44	0,40	0,51	0,44	0,40	0,44	0,40	0,37		
	F	0,60	0,49	0,42	0,37	0,48	0,42	0,37	0,41	0,37	0,35		
	G	0,58	0,47	0,40	0,34	0,46	0,39	0,34	0,39	0,34	0,32		
	H	0,56	0,45	0,37	0,31	0,44	0,37	0,31	0,36	0,31	0,29		
	I	0,53	0,41	0,32	0,27	0,40	0,32	0,27	0,32	0,27	0,24		
	J	0,51	0,38	0,29	0,23	0,37	0,29	0,23	0,29	0,23	0,21		




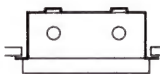

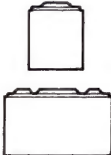






Catégorie	Type	Caractéristique générales	Gamme de puissances et de flux	Efficacité lumineuse Durée de vie moyenne	Utilisation	Avantages	Inconvénients	Choix des luminaires																																																	
<b>LAMPES À INCANDESCENCE</b>	Lampes standard	Dépolies ou satinées jusqu'à 200 watts, claires au-delà	40 à 2 000 watts 250 à 40 000 lumens	De 9 à 20 lm/W suivant la puissance. Durée : 1 000 heures	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reste d'un emploi très général</li> <li>• Se prête bien aux éclairages localisés et aux éclairages décoratifs</li> <li>• Permet de réaliser économiquement des installations à faible durée d'utilisation (locaux à occupation intermittente)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Branchement direct sur le secteur sans appareillage intermédiaire</li> <li>• Prix d'achat peu élevé</li> <li>• Faible encombrement</li> <li>• Allumage instantané</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efficacité lumineuse relativement faible</li> <li>• Exploitation onéreuse</li> <li>• Exaltation des couleurs chaudes (rouge, jaune)</li> <li>• Dissipation de chaleur très sensible aux éclairages élevés</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bureaux</li> <li>• Diffuseurs décoratifs</li> <li>• Réflecteurs décoratifs Ateliers</li> <li>• Réflecteurs industriels en tôle émaillée ou en aluminium</li> </ul>																																																	
	Lampes à miroir	Faisceau lumineux dirigé	40 à 300 watts						<ul style="list-style-type: none"> <li>• Est surtout employée encastrée dans des faux plafonds. Prévoir une ventilation suffisante du faux plafond.</li> </ul>	<b>TUBES FLUORESCENTS</b>	Blanc d'industrie ou Blanc 4500	Haute efficacité lumineuse Rendu des couleurs peu fidèle Ambiance colorée peu agréable	40 à 120 watts 75 à 8 000 lumens	De 25 à 75 lm/W 50 lm/W en moyenne Durée : supérieure à 4 000 heures (si la fréquence d'allumage n'est pas trop élevée)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Éclairage extérieur</li> <li>• Éclairage industriel : magasins, dépôts où un bon rendu des couleurs n'est pas nécessaire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exploitation économique</li> <li>• Permet de réaliser des éclairages élevés</li> <li>• Possibilité de choisir la teinte la mieux adaptée</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ambiance colorée peu agréable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bureaux</li> <li>• Diffuseurs : – encastrés – semi-encastrés – à suspension</li> <li>• Chemins lumineux</li> <li>• Balcons lumineux (éclairages élevés) Ateliers</li> <li>• Réflecteurs industriels</li> </ul> <p>REMARQUES : le moulage des tubes par deux (duo) est préférable au montage en mono (effet stroboscopique et facteur de puissance). Il existe des tubes à réflecteur incorporé.</p>	Blanc Z ou Blanc BRILLANT « De Luxe »	Bon rendu des couleurs Ambiance colorée agréable	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bureaux</li> <li>• Ateliers où un rendu des couleurs acceptable est nécessaire (ambiance). ATTENTION : ce rendu est d'autant moins bon que l'éclairage est faible</li> </ul>	Blanc « SOLEIL » ou rose de France « De Luxe »	Exalte les teintes chaudes (ambiance confortable)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bureaux</li> <li>• Industries alimentaires</li> </ul>	Lumière du jour « De Luxe »	Haute fidélité dans le rendu des couleurs à niveau d'éclairage élevé (1 000 lux)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Examen d'échantillons de couleur</li> <li>• Ateliers de peinture</li> <li>• Teinturerie</li> </ul>	<b>LAMPES À BALLON FLUORESCENT</b>		Rendu des couleurs acceptable en industrie	50 à 2 000 watts 2 000 à 125 000 lumens	30 à 60 lm/W Durée : 6 000 heures	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cours et abords d'usines</li> <li>• Aires de stockage et de triage</li> <li>• Ateliers de grande hauteur, halls, hangars</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bonne efficacité lumineuse</li> <li>• Faible encombrement</li> <li>• Durée de vie élevée</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temps d'allumage : 5 minutes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ateliers</li> <li>• Réflecteurs industriels</li> <li>• Extérieur</li> <li>• Réflecteurs étanches</li> </ul> <p>REMARQUE : il existe des lampes à réflecteur incorporé.</p>	<b>LUMIÈRE MIXTE MERCURE INCANDESCENCE</b>		Rendu des couleurs peu fidèle	160 à 500 watts 3 000 à 11 000 lumens	20 lm/W Durée : 6 000 heures	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grands ateliers, entrepôts, hangars</li> <li>• Renforcement d'installations anciennes équipées avec des lampes à incandescence</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aucun appareillage auxiliaire</li> <li>• Substitution immédiate aux lampes à incandescence</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• N'existe qu'en 220 volts</li> <li>• Efficacité lumineuse inférieure à celle des tubes fluorescents</li> <li>• Temps de réallumage : 5 minutes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ateliers</li> <li>• Réflecteurs industriels en tôle émaillée ou en aluminium</li> <li>• Extérieur</li> <li>• Réflecteurs étanches</li> </ul>	<b>LAMPES À VAPEUR DE SODIUM BASSE PRESSION</b>		Lumière jaune Très mauvais rendu des couleurs	40 à 200 watts 2 500 à 30 000 lumens	La meilleure efficacité : de 80 à 150 lm/W Durée : 3 000 à 5 000 heures	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espaces découverts, atmosphères chargées de fumées, de vapeur, de poussières (chaufferies, fonderies, ateliers de laminage, caves à charbon)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visibilité meilleure par temps de brouillard</li> <li>• Exploitation économique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impossibilité de distinguer les couleurs sous la lumière monochromatique jaune</li> <li>• Hostilité fréquente du personnel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ateliers</li> <li>• Réflecteurs industriels</li> </ul> <p>ATTENTION : ce type de lampe ne fonctionne que dans une position voisine de l'horizontale</p>	<b>LAMPES À VAPEUR DE SODIUM HAUTE PRESSION</b>		Lumière dorée Rendu des couleurs acceptable
<b>TUBES FLUORESCENTS</b>	Blanc d'industrie ou Blanc 4500	Haute efficacité lumineuse Rendu des couleurs peu fidèle Ambiance colorée peu agréable	40 à 120 watts 75 à 8 000 lumens	De 25 à 75 lm/W 50 lm/W en moyenne Durée : supérieure à 4 000 heures (si la fréquence d'allumage n'est pas trop élevée)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Éclairage extérieur</li> <li>• Éclairage industriel : magasins, dépôts où un bon rendu des couleurs n'est pas nécessaire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exploitation économique</li> <li>• Permet de réaliser des éclairages élevés</li> <li>• Possibilité de choisir la teinte la mieux adaptée</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ambiance colorée peu agréable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bureaux</li> <li>• Diffuseurs : – encastrés – semi-encastrés – à suspension</li> <li>• Chemins lumineux</li> <li>• Balcons lumineux (éclairages élevés) Ateliers</li> <li>• Réflecteurs industriels</li> </ul> <p>REMARQUES : le moulage des tubes par deux (duo) est préférable au montage en mono (effet stroboscopique et facteur de puissance). Il existe des tubes à réflecteur incorporé.</p>																																																	
	Blanc Z ou Blanc BRILLANT « De Luxe »	Bon rendu des couleurs Ambiance colorée agréable							<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bureaux</li> <li>• Ateliers où un rendu des couleurs acceptable est nécessaire (ambiance). ATTENTION : ce rendu est d'autant moins bon que l'éclairage est faible</li> </ul>																																																
	Blanc « SOLEIL » ou rose de France « De Luxe »	Exalte les teintes chaudes (ambiance confortable)							<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bureaux</li> <li>• Industries alimentaires</li> </ul>																																																
	Lumière du jour « De Luxe »	Haute fidélité dans le rendu des couleurs à niveau d'éclairage élevé (1 000 lux)							<ul style="list-style-type: none"> <li>• Examen d'échantillons de couleur</li> <li>• Ateliers de peinture</li> <li>• Teinturerie</li> </ul>																																																
<b>LAMPES À BALLON FLUORESCENT</b>		Rendu des couleurs acceptable en industrie	50 à 2 000 watts 2 000 à 125 000 lumens	30 à 60 lm/W Durée : 6 000 heures	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cours et abords d'usines</li> <li>• Aires de stockage et de triage</li> <li>• Ateliers de grande hauteur, halls, hangars</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bonne efficacité lumineuse</li> <li>• Faible encombrement</li> <li>• Durée de vie élevée</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temps d'allumage : 5 minutes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ateliers</li> <li>• Réflecteurs industriels</li> <li>• Extérieur</li> <li>• Réflecteurs étanches</li> </ul> <p>REMARQUE : il existe des lampes à réflecteur incorporé.</p>																																																	
<b>LUMIÈRE MIXTE MERCURE INCANDESCENCE</b>		Rendu des couleurs peu fidèle	160 à 500 watts 3 000 à 11 000 lumens	20 lm/W Durée : 6 000 heures	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grands ateliers, entrepôts, hangars</li> <li>• Renforcement d'installations anciennes équipées avec des lampes à incandescence</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aucun appareillage auxiliaire</li> <li>• Substitution immédiate aux lampes à incandescence</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• N'existe qu'en 220 volts</li> <li>• Efficacité lumineuse inférieure à celle des tubes fluorescents</li> <li>• Temps de réallumage : 5 minutes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ateliers</li> <li>• Réflecteurs industriels en tôle émaillée ou en aluminium</li> <li>• Extérieur</li> <li>• Réflecteurs étanches</li> </ul>																																																	
<b>LAMPES À VAPEUR DE SODIUM BASSE PRESSION</b>		Lumière jaune Très mauvais rendu des couleurs	40 à 200 watts 2 500 à 30 000 lumens	La meilleure efficacité : de 80 à 150 lm/W Durée : 3 000 à 5 000 heures	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Espaces découverts, atmosphères chargées de fumées, de vapeur, de poussières (chaufferies, fonderies, ateliers de laminage, caves à charbon)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visibilité meilleure par temps de brouillard</li> <li>• Exploitation économique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impossibilité de distinguer les couleurs sous la lumière monochromatique jaune</li> <li>• Hostilité fréquente du personnel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ateliers</li> <li>• Réflecteurs industriels</li> </ul> <p>ATTENTION : ce type de lampe ne fonctionne que dans une position voisine de l'horizontale</p>																																																	
<b>LAMPES À VAPEUR DE SODIUM HAUTE PRESSION</b>		Lumière dorée Rendu des couleurs acceptable	250 à 400 watts 20 000 à 40 000 lumens	80 à 100 lm/W	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Éclairage de grands halls</li> <li>• Éclairage extérieur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Haute efficacité</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gamme de puissance réduite</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réflecteurs ou projecteurs</li> </ul>																																																	

CARACTÉRISTIQUES →  PROCÉDÉ ↓	GRANDEURS ÉLECTRIQUES						
	P	FLUX LUMINEUX ↓ Lumens	RENDU DES COULEURS		FORME ET ASPECT ↓	EFFICACITÉ LUMINEUSE ET DURÉE DE VIE	
			R <sub>e</sub>	TEMPÉRATURE DES COULEURS ↓ K		CONFORT VISUEL ET UTILISATION	
<b>INCANDESCENCE</b>	50 à 2000 W	350 à 37 000	Bon rendu des couleurs	2 800 à 3 000	Très diverses Claires Dépolies Opalisées	10 à 20 lm/W  1 000 h à 2 000 h	Éclairage doux Les plus utilisées pour l'éclairage domestique. Éclairage énergétique élevé (lampes aux halogènes). Chauffage (lampes infrarouges).
<b>À DÉCHARGE À BALLON FLUORESCENT</b>	50 à 2000 W	1700 à 125 000	Moyen Acceptable en industrie	3 300 à 4 300	Revêtement fluorescent	30 à 60 lm/W  6 000 h	Cours et abords d'usines. Aires de stockage. Halls, hangars, ateliers de grande hauteur.
<b>À DÉCHARGE À IODURES MÉTALLIQUES</b>	400 à 2000 W	30 000 à 190 000	Bon	4 000 à 6 000	Tubulaires Ovoïdes satinées	75 à 100 lm/W  4 000 h à 6 000 h	Spectre très riche dans les blancs. Prises de vues télévision. Terrains de sport, tennis, parkings. Éclairage industriel et public.
<b>MIXTES À MERCURE ET INCANDESCENCE</b>	160 à 500 W	3 000 à 12 500	Rendu des couleurs peu fidèle	4 000 à 4 500	Revêtement fluorescent	20 lm/W  6 000 h	Grands ateliers, entrepôts, hangars. Permet d'augmenter l'éclairage par substitution des lampes à incandescence.
<b>TUBES FLUORESCENTS</b>	20 à 105 W	850 à 8 000	Moyen ou acceptable suivant les types de tubes	3 000 à 6 000	Tubulaires Tubulaires miniatures Circulaires	25 à 75 lm/W  > 4 000 h	Possibilité de choisir la température de couleur la mieux adaptée. Ne sont utilisées pratiquement que dans les domaines industriels (bureaux, ateliers...)
<b>VAPEUR DE SODIUM</b>	35 à 400 W	4 600 à 40 000	Acceptable ou très mauvais rendu des couleurs	2 200	Tubulaires Ovoïdes satinées	65 à 185 lm/W  8 000 h	Éclairage des grands espaces publics et industriels. Autoroute, parkings, chantiers.

## 7.4.2. LES RÉFLECTEURS

CARACTÉRISTIQUES →  PROCÉDÉ ↓	RENDEMENT ET CLASSE DES LUMINAIRES				
	RENDEMENT ↓ classe des luminaires : D. E. H. G. J.	FORME ↓ 	ASPECT ÉCONOMIQUE ↓	PUISSANCE DES LAMPES ↓	CONFORT VISUEL ET UTILISATION – Classe des matériels – Indice de protection IP – Catégorie du matériau
<b>ÉCLAIRAGE DIRECT</b> Réflecteur industriel en aluminium brossé pour ballon fluorescent	Direct : 0,70 (D)		Facilité de pose. Facilité de remplacement des lampes. Possibilité de grille de protection.	Lampes de 80 W à 400 W.	– Locaux industriels. – Grands halls.  Classe 1, IP 20, M1
<b>ÉCLAIRAGE DIRECT</b> Réflecteur industriel en tôle laquée à deux tubes fluorescents	Mono Direct : 0,77 (E) Duo Direct : 0,73 (E)		Facilité de pose. Facilité de remplacement des tubes.	Mono : 73,5 ou 105 W Duo : 2 x 73,5 W ou 2 x 105 W	Éclairage des grands locaux. – Industries, – Grandes surfaces commerciales.  Classe 1, IP 30, IK 00, M1
<b>ÉCLAIRAGE DIRECT</b> Luminaire encastré vasque pour tubes fluorescents	Duo Direct : 0,52 (E) Quatro Direct : 0,45 (E)		Prêt à la pose (entièrement câblé). Caisson en tôle. Pour faux plafonds.	2 x 36/40 W 2 x 58/65 W 4 x 18/20 W	Très bonne diffusion, absence d'ombres dures. Ambiance confortable. Locaux administratifs et commerciaux.  Classe 1, IP 30, IK 04, M4
<b>ÉCLAIRAGE DIRECT LOCALISÉ</b> Spots	Semi-intensif Direct : 0,80 (C) Semi-extensif Direct : 0,70 (D)		Pose facile. Prix intéressant.	Lampe sodium HP 250 ou 400 W	Applications diverses, industrielles.  Classe 1, IP 20, M1
<b>ÉCLAIRAGE SEMI-DIRECT</b> Plafonnier diffuseur Vasque opalisée pour tubes fluorescents	Mono Direct : 0,48 (H) Indirect : 0,24 (J) Duo Direct : 0,46 (G) Indirect : 0,16 (J)		Prêt à la pose (entièrement câblé). Bonne tenue au vieillissement. Remplacement facile des tubes	Mono ou duo 2 x 18/20 W 2 x 36/40 W 2 x 58/65 W	Bon rendement et bonne distribution photométrique. Ambiance confortable. Éclairage de bureaux, de locaux administratifs.  Classe 1, IP 40, IK 04, M4
<b>ÉCLAIRAGE MIXTE</b> Diffuseur en verre pour lampe à incandescence avec base ouverte			Facilité d'installation et de maintenance (accès direct à la lampe).	60 W 100 W	Commerces, hôtellerie, restaurants, cafétérias, circulation.  Classe II, IP 20, □
<b>ÉCLAIRAGE DIRECT ET INDIRECT</b> Luminaire suspendu à deux tubes fluorescents	Direct : 0,53 (D) 0,36 (D) Indirect : 0,01 (J) 0,46 (J) en suspension		Pose en plafonnier par 2 boutons ou par suspension.	2 x 18/20 W 2 x 36/40 W 2 x 58/65 W Type duo	Esthétiques, utilisés dans les bureaux. Déparasité.  Classe 1, IP 20, IK 07, M1

## 7.4.3. ACCESSOIRES D'ALLUMAGE D'UN TUBE










(D'après TRILUX)










APTITUDES		FONCTIONNEMENT	PUISSANCE ET LONGUEUR (Ø 26 mm)			APPLICATIONS
TYPE			Lampes	Lampes + ballasts	Long mm	
AVEC BALLAST ÉLECTRONIQUE (BE)	SANS STARTER	<p>Allumage franc et instantané. Augmentation considérable de la longévité des lampes. Alimentation sous tension continue possible. Coupure de l'alimentation en cas de défaillance des lampes ou des composants. Système d'alimentation haute fréquence remplaçant le ballast inductif et le starter.</p>	<p>BE</p> <p>18 / 19 / 590</p> <p>18 / 18* / 590</p> <p>36 / 36 / 1 200</p> <p>58 / 55 / 1 500</p>			<p>Augmentation de l'efficacité des lampes. Allumage instantané. Pas d'effet stroboscopique. Pas de scintillement. En général, un seul ballast pour 2 lampes fluorescentes. Lampes Argon ou Krypton. Antiparasitage efficace. Économies d'énergie importantes. Facteur de puissance &gt; 0,95.</p>
	AVEC STARTER ÉLECTRONIQUE	<p>Allumage franc et rapide. Système électronique. Élimination des tentatives d'amorçage répétées des lampes défaillantes. Convient à un montage tandem. Différents modèles pour différentes puissances de lampe.</p>	<p>BS</p> <p>18 / 29 / 590</p> <p>18 / 23* / 590</p> <p>36 / 46 / 1 200</p> <p>58 / 71 / 1 500</p>			<p>Augmentation de la longévité du starter. Augmentation de la longévité des lampes. Réenclenchement automatique.</p>
AVEC BALLAST INDUCTIF (BS OU BFP)	AVEC STARTER DE SÉCURITÉ À ALLUMAGE RAPIDE	<p>Allumage assez rapide. Bilame + diode + système mécanique de disjonction. Élimination des tentatives d'amorçage répétées des lampes défaillantes. Un seul type de starter pour des lampes de 18 W et 65 W.</p>	<p>BFP</p> <p>18 / 24 / 590</p> <p>18 / 21* / 590</p> <p>36 / 42 / 1 200</p> <p>58 / 66 / 1 500</p>			<p>Augmentation de la longévité du starter. Ne convient pas à un montage tandem.</p>
	AVEC STARTER CONVENTIONNEL	<p>Un seul type de starter pour des lampes de 4 W à 80 W. Principe de la bilame.</p>				<p>Starter spécial pour montage tandem.</p>

BS : Ballast Standard  
BFP : Ballast Faibles Pertes

\* Pour montage tandem de deux lampes.  
BE : Ballast Électronique

## 7.4.4. DIFFÉRENTS TYPES DE LAMPES

APTITUDES →  TYPE ↓	FORME ↓	ASPECT ↓	CULOTS ↓	PUISSANCE		FLUX LUMINEUX ↓ Lumens	UTILISATIONS OBSERVATIONS
				Watts			
<b>LAMPES STANDARD Type A</b>		Clares Dépolies Opalisées	B 22 E 27	B 22 40 60 75 100 120 200	E 27 40 60 75 100	420 à 3 040	Reste d'un emploi très général. Branchement direct sur le secteur sans appareillage. Allumage instantané. Faible encombrement.
<b>LAMPES AU KRYPTON Type E et P</b>		Dépolies Opalisées	E 27 B 22 E 14	E 40 60 75 100	P 25 40 60	220 à 1 420	Remplace avantageusement la lampe standard pour un encombrement identique.
<b>LAMPES SPHÉRIQUE P ET FLAMME B</b>		Clares Dépolies	E 14 E 27 B 22	P 25 40 60	B 25 40 60	200 à 660	Pour appliques ou pour luminaires décoratifs.
<b>LAMPES FLAMME B FLAMME BW</b>		Clares Dépolies	E 14  B 22	B 25 40 60	BW 25 40 60	200 à 720	Pour appliques ou pour luminaires décoratifs.
<b>LAMPES STANDARD T 60 SPHÉRIQUE T 45</b>		Dépolies	E 14 E 27	T60 40 60 75 100	T45 25 40	195 à 1 200	Élégance visuelle appréciée. Existe en couleur.
<b>LAMPES GLOBE G</b>		Dépolies	E 27	60 100		490 à 890	Lampe à incandescence décorative de grand diamètre.
<b>LAMPES À RÉFLECTEUR INCORPORÉ Type A et R39</b>		Clares Dépolies	E 14 E 27	A 40 60 100	R39 25 30 40 60 75 100	180 à 1 350	Lampes à faisceau lumineux dirigé. Pour spots encastrés dans les faux plafonds avec une ventilation.
<b>LAMPES À RÉFLECTEUR PAR 38 LAMPE TUBE</b>		Clares Dépolies	E 27 E 14 B 22	PAR-38 : 60 80 120	Tube 15 25 40 60	100 à 9 800	Lampes PAR 38 pour spots. Existe en couleur. Lampes tubes pour appareils domestiques.
<b>LAMPES VEILLEUSE CÉRAM</b>		Dépolies	E 14 B 22 B 15 d	Veil. 10 13 25	Céram 25 à 250	30 à 4 350	Lampes veilleuse utilisées pour les appareils électroménagers. Utilisées sans verre de protection, verre anti UV

APTITUDES →  TYPE ↓	FORME ↓		ASPECT ↓	CULOTS ↓	PUISSANCE ↓		FLUX LUMINEUX ↓ Lumens	UTILISATIONS OBSERVATIONS
	Watts	Lumens						
<b>LAMPES LINOLITE</b>			Clares Dépolies	culots latéraux ou aux extrémités	35 40 60 75 120		240 à 840	Pour appliques domestiques (miroirs, salles de bains, pla- cards).
<b>LAMPES TUBULAIRES À QUARTZ ET BASSE PRESSION</b>			Clares	B 75 Fa 4 G 4 GY 6, 35	Tub. 60 B P 5 à 90 2 000		60 à 44 000	Éclairages énergétiques élevé. Fonctionnement sans trace de graisse. θ de fonctionnement : 600° C Très basse Tension.
<b>LAMPES À QUARTZ HAUTE PRESSION SPOTS</b>			Clares	HP SPOT G4 GU. GY. 5,3 6,35	HP SPOTS 40 20 20 35 50 50 100 150		140 à 15 000	- Éclairage énergétique élevé. - Economie d'énergie. - Très basse tension. - Protègent des UV.
<b>LAMPES FLUOCOMPACTES À ALIMENTATION ÉLECTRONIQUE</b>			Dépolies	E 14 E 27	5 5 7 7 11 9 11 10 15 20		140 à 1 500	- Longue durée de vie - Ne chauffe pas. - Economie d'énergie - Lumière douce et agréable.
<b>LAMPES GLOBE ET STANDARD À ALIMENTATION ÉLECTRONIQUE</b>			Dépolies	E 27	Globe Stand 15 10 20 14		500 à 1 100	- Longue durée de vie - Ne chauffe pas. - Economie d'énergie - Lumière douce et agréable.
<b>TUBES FLUORESCENTS T5.HE Ø 16 HAUT RENDEMENT Ø 26</b>			Dépolies	G 5 G 13	14 21 10 28 à 35 58		650 à 5 200	- Haute efficacité - Longue durée de vie - Plusieurs nuances de lumières agréables et naturelles.
<b>LAMPES AUX HALOGÈNES</b>			Clares Dépolies	E 27	73 100 150		4 900 à 11 400	- Bon rendu des couleurs - Protégées contre les explo- sions. - Teintes agréables. - Éclairage des halls entre- pôts, usines...
<b>LAMPES À VAPEUR DE SODIUM HP</b>			Clares Dépolies	E 27 E 40 BY 22 d	60 2 à 2 600 185		1 800 à 90 000	- Grande efficacité lumineuse - Longue durée de vie - Très mauvais rendu des cou- leurs. - Espaces découverts (par- king...)
<b>LAMPES À VAPEUR DE MERCURE HAUTE PRESSION</b>			Dépolies teintées Dépolies	E 27 E 40	50 50 80 80 125 125 250 400		1 600 à 24 000	- Les lampes teintées donnent le rendu des lampes à incan- descence. - Éclairage des lieux publics ou industriels.

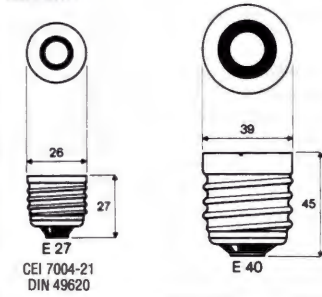
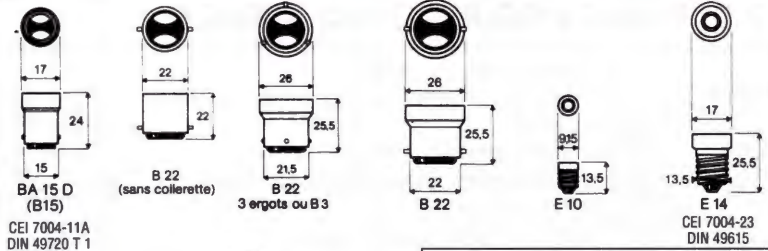
Note : Pour d'autres types de lampes ou d'autres caractéristiques se reporter au DVD Rom associé à l'ouvrage.

7.4.5  
PRINCIPAUX  
TYPES DE TUBES

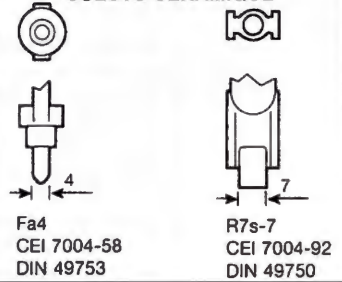
TYPE DE TUBE	PUISSANCE W	DIMENSIONS		CULOT	R <sub>0</sub>	K			FLUX LUMINEUX								
		Ø mm	L mm			1	2	3	CHROMA CONFORT 82	CHROMA SOLEIL 83	CHROMA BRILLANT 84	BLANC SOLEIL 82	BLANC BRILLANT 34	LUMIÈRE DU JOUR 55	CHROMA BRILLANT 34	BLANC INDUST 33	
Lampes fluorescentes chroma- tiques, haut rendement, allumage par starter	18	26	500	G 13	85	2 700	0 000	4 000	1 300 (1)	1 450 (2)	1 450 (3)						
	30	26	894	G 13	85	2 700			2 300 (1)								
	36	26	1 200	G 13	85	2 700	3 000	4 000	3 250 (1)	3 450 (2)	3 450 (3)						
	50	26	1 500	G 13	85	2 700	3 000	4 000	5 250 (1)	5 400 (2)	5 400 (3)						
Lampes fluorescentes chroma- tiques, haut rendement allumage par starter, miniature	8	15	288	G 5	85	2 700			450 (1)								
	13	15	517	G 5	85	2 700			1 000 (1)								
Gamme chromatique, standard, allumage par starter	20	38	590	G 13	85-92*	3 000	4 000	6 500				850 (1)	850 (2)	800 (3)*			
	30	38	894	G 13	85	3 000	4 000					2 100 (1)	1 400 (2)				
	40	38	1 200	G 13	85-92*		4 000	6 500					2 100 (2)	2 000 (3)*			
	65	38	1 500	G 13	85-92*	3 000	4 000	6 500				3 250 (1)	3 300 (2)	3 300 (3)*			
Gamme chromatique standard, circulaire, allumage par starter	32	305			85			4 000						1 400 (3)			
	40	410			85			4 000						1 950 (3)			
Gamme chromatique standard, allumage instantané	20	38	590	G 13	85		4 000						800 (2)				
	40	38	1 200	G 13	85	3 000	4 000					2 100 (1)	2 100 (2)				
	65	38	1 500	G 13	85	3 000	4 000					3 200 (1)	3 200 (2)				
Gamme chromatique standard, allumage instantané	20	38	590	R 18 S	85		4 000						720 (2)				
	40	38	1 200	R 18 S	85		4 000						1 800 (2)				
Gamme chromatique haut rende- ment, allumage instantané	20	38	590	G 13	86			4 000								720 (3)	
	40	38	1 200	G 13	86			4 000								2 900 (3)	
	65	38	1 500	G 13	86			4 200								4 900 (3)	
Gamme industrielle allumage par starter	14/16	26	360	G 13	66			4 200									750 (3)
	18	26	590	G 13	66			4 200									1 200 (3)
	36	26	1 200	G 13	66			4 200									3 100 (3)
	58	26	1 500	G 13	66			4 200									5 000 (3)
Gamme industrielle allumage ins- tantané	20	38	590	G 13	66			4 200									1 100 (3)
	40	38	1 200	G 13	66			4 200									2 900 (3)
	65	38	1 500	G 13	66			4 200									4 900 (3)
Gamme industrielle allumage ins- tantané	20	38	590	R 18 S	66			4 200									1 000 (3)
	40	38	1 200	R 18 S	66			4 200									2 500 (3)
Gamme industrielle lampe minia- ture, allumage par starter	6	15	212	G 5	66			4 200									300 (3)
	8	15	288	G 5	66			4 200									450 (3)
	13	15	517	G 5	66			4 200									950 (3)
Gamme industrielle allumage ins- tantané	20	38	590	F a 8	66			4 200									1 000 (3)
	40	38	1 200	F a 8	66			4 200									2 525 (3)
Gamme industrielle, circulaire, allumage instantané	32	305			66			4 200									2 050 (3)
	40	410			66			4 200									2 900 (3)

Note : Les flux lumineux repérés (1), (2) ou (3) correspondent respectivement aux colonnes 1, 2 ou 3 des températures de couleur K.  
Les flux lumineux repérés\* correspondent aux rendus des couleurs repérés\*.

**CULOTS À  
BAÏONNETTE  
ET À VIS**

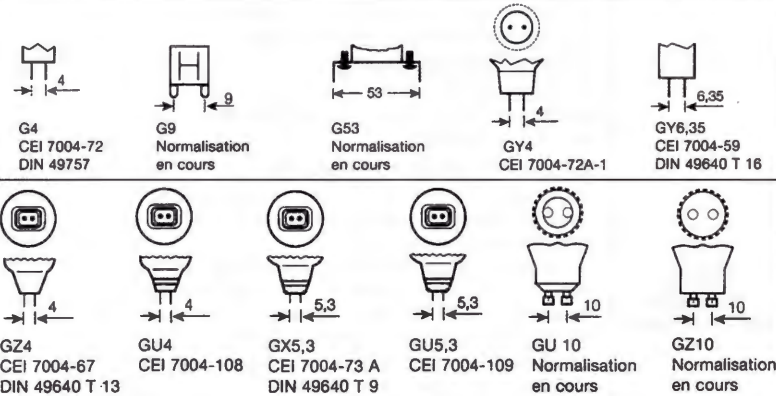


**CULOTS CÉRAMIQUE**



**7.4.6.  
CULOTS  
DES LAMPES  
À  
INCANDESCENCE  
ET AUX  
HALOGÈNES  
(d'après OSRAM)**

**CULOTS  
À BROCHE**



**DÉSIGNATION**

	F	I [mm]	SECTION	A	V	°C min-max	No.		
226Z-DT Douille BT GZ10	Vis	140	0,75	2	250	250	1	GZ10	200 198705
878 Douille TBT-GX5,3/GY6,35	Vis	140	0,75	12,5	250	350	2	GX5,3/GY6,35	100 177311
870 Douille TBT-GU5,3	Vis	140	0,75	12,5	250	350	3	GU5,3	100 177298

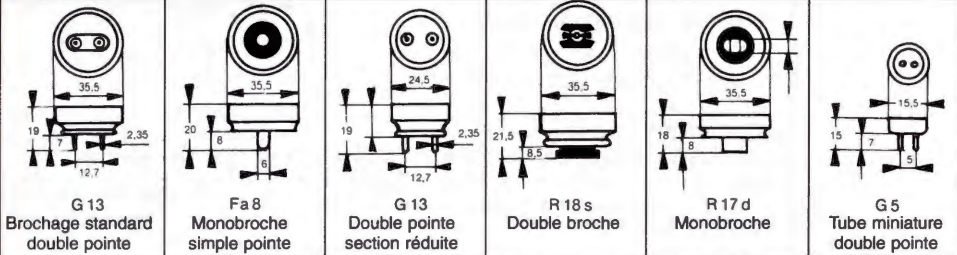
**Lampes pour usage général**



**Lampes pour usage spécial**



**7.4.7.  
BROCHAGES  
DES DIFFÉRENTES  
LAMPES  
OU TUBES**



## 7.5. AVANT-PROJET D'ÉCLAIRAGE

### DIMENSIONS DU LOCAL :

Long. ( $a$ ) : 9 m, largeur ( $b$ ), 6 m, hauteur ( $h$ ), 2,85 m.

### TEINTES :

Plafond blanc, murs jaune clair, sol clair.

### ÉCLAIREMENT ( $E$ ) UNIFORME SOUHAITÉ :

500 lux – Tableau § 7.2.4.

### CHOIX DU SYSTÈME D'ÉCLAIRAGE :

Semi-direct pour assurer une bonne diffusion de la lumière.

### CHOIX DE LA SOURCE DE LUMIÈRE :

Le tableau des sources lumineuses § 7.4.1. indique que les tubes fluorescents fournissent une température de couleur de 3 000 à 6 000 K.

Tubes retenus : le tableau § 7.4.5. donne un tube « blanc brillant de luxe » 3 500 K et  $R_a = 83$ . Il confirme que le  $R_a > 80$  convient pour l'éclairage d'un bureau.

### CHOIX DES LUMINAIRES :

Luminaires semi-encastrés à répartition semi-directe de la lumière, le tableau « Type de réflecteurs » § 7.2.15 indique la classe H et un rendement  $\eta$  de 0,48 pour les plafonniers diffuseurs opale.

### CONFORT DE L'AMBIANCE :

La courbe de Kruithof § 7.2.10 donne, pour un éclairage de 500 lx, une température de couleur de 3 000 à 5 000 K

### IMPLANTATION DES LUMINAIRES :

Le bureau est moderne. Pour des raisons d'esthétique, on adopte le système des chemins lumineux hauteur des sources :  $h = 2$  m.

Le tableau « Répartition des lumières » § 7.2.13. Indique, pour une classe H, une interdistance maximale de 1,50 h, d'où  $e = 150 \times 2 \times 3$  m.

On pourra donc disposer 3 rangées distinctes de 2 m. Le nombre de réflecteurs par rangée (réflecteurs classiques pour tubes de 1,20 m) est donc :

$$n = \frac{900}{120} = 7$$

Soit un nombre total de réflecteurs de :

$$N = 7 \times 3 = 21$$

### INDICE DU LOCAL (K) :

$$K = \frac{a \cdot b}{h(a+b)} = \frac{6 \times 9}{2(6+9)} = 1,8$$

Le tableau « Facteurs de réflexion » § 7.2.2. donne : placard = 75 % murs = 50 %

### FACTEUR DE DÉPRÉCIATION ( $d$ ) :

Les courbes de dépréciation des luminaires ( $d$ ) § 7.2.6. indiquent :

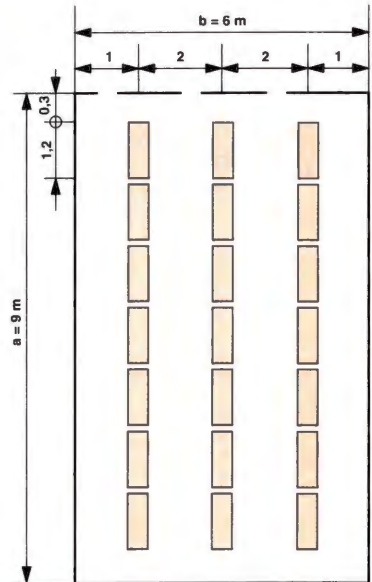
$$d = 1,3 \quad (\text{valeur moyenne})$$

### RAPPORT DE SUSPENSION (J) :

$$J = \frac{H-h}{H} = \frac{2,85-2}{2,85} = 0,29 \approx 1/3$$

RENDEMENT  $\eta = 0,48$  (voir ci-dessus) :

Les TABLEAUX D'UTILANCE ( $U$ ) § 7.2.16. indiquent, pour :  $J = 1/3$ , pour  $K = 1,8$ , pour la classe H, pour des facteurs de réflexion de 75 à 50 une valeur  $U = 0,70$ .



### FLUX LUMINEUX TOTAL :

$$F = \frac{E \cdot S \cdot d}{\eta \cdot U} = \frac{500 \times 54 \times 1,3}{0,48 \times 0,70} = 100\,000 \text{ lm}$$

$S$  = Surface du local en  $m^2$

### FLUX LUMINEUX PAR SOURCE :

$$f = \frac{F}{N} = \frac{100\,000}{21} = 5\,000 \text{ lm}$$

Les catalogues des tubes fluorescents indiquent pour un luminaire en 2 tubes de 1,20 m, une puissance par tube de 60 W.

**ON UTILISERA DEUX LAMPES PAR RÉFLECTEUR**

### 7.5.1. EXEMPLE BUREAU DE DACTYLOGRAPHIE

## DIMENSIONS DU LOCAL :

Long. (a) : 65 m, largeur (b) : 28 m, hauteur : (h) : 7,5 m

## TEINTES :

Plafond jaune, murs ciment peint en jaune.

## ÉCLAIREMENT BIEN RÉPARTI SOUHAITÉ (E) :

Éclairage retenu : 300 lux – Tableau § 7.2.4

## CHOIX DU SYSTÈME D'ÉCLAIRAGE ET DES SOURCES :

Nécessité de suspendre les sources le plus haut possible (éclairage uniforme) ce qui laisse une hauteur de 7 m.

Bon rendu des couleurs non nécessaire.

Grande durée journalière d'utilisation d'où choix de **ballons fluorescents**. Tableau § 7.4.1.

## CHOIX DES LUMINAIRES

Le tableau « Type de réflecteur » § 7.2.15. donne un réflecteur en tôle émaillée pour lampes ballon « extensif » **Classe D,  $\eta = 0,71$** .

## IMPLANTATION ET NOMBRE DE LUMINAIRES :

Compte tenu de la hauteur des luminaires et de la classe des réflecteurs, l'espace maximal entre deux rangées voisines est de (Tableau « Répartition des luminaires » § 7.2.13.) :

$$e = 1,20 \times 7 = 8,4 \text{ m}$$

On pourra donc disposer : 4 rangées distantes de 7 m.

et  $\frac{65}{8,4} \approx 8$  luminaires par rangée.

Soit au total :  $8 \times 4 = 32$  luminaires

## INDICE DU LOCAL (K) :

$$K = \frac{a \cdot b}{h(a+b)} = \frac{28 \times 65}{7(28+65)} = 2,8$$

Le tableau « Facteurs de réflexion » § 7.2.2. donne :

plafond = 50 %    murs = 50 %

## FACTEUR DE DÉPRÉCIATION (d) :

Les courbes de dépréciation des luminaires (d) § 7.2.6. indiquent :

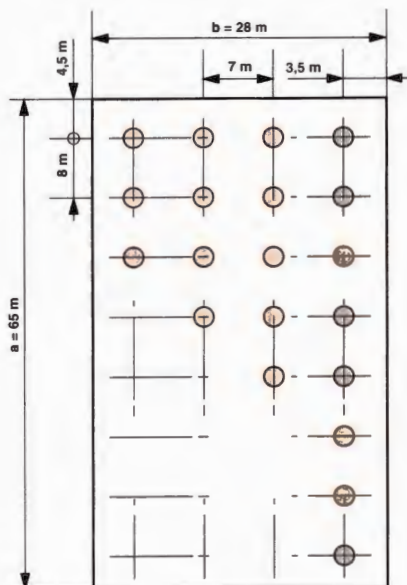
$$d = 1,3$$

## RAPPORT DE SUSPENSION (J) :

$$J = \frac{H-h}{H} = \frac{7,5-7}{7,5} = 0$$

**RENDEMENT**  $\eta = 0,71$  (voir ci-dessus) :

Les **tableaux d'utilance (U)**, § 7.2.16, indiquent pour :  $J = 0$ , pour  $K = 2,8$ , pour la classe D, pour des facteurs de réflexion de 50 et 50, une valeur  $U = 0,89$ .



## FLUX LUMINEUX TOTAL :

$$F = \frac{E \cdot S \cdot d}{\eta \cdot U} = \frac{300 \times 1820 \times 1,3}{0,71 \times 0,89} = 1\,123\,278 \text{ lm}$$

S = Surface du local en m<sup>2</sup>.

## FLUX LUMINEUX PAR SOURCE :

$$f = \frac{F}{N} = \frac{1\,123\,278}{32} = 35\,000 \text{ lm}$$

Les catalogues conduisent au choix d'un **ballon fluorescent** d'une puissance de 400 W.

## SALLE DE CLASSE

Longueur 8,60 m, largeur 6,85 m, hauteur 3 m. Murs clairs, plafond blanc, durée d'utilisation annuelle : 700 h  
Niveau d'éclairage recommandé : 300 lx

### CALCULS COMMUNS AUX DEUX PROJETS

Détermination du flux lumineux

$$F = \frac{ESd}{u}, \quad E = 300 \text{ lx}, \quad S = 59 \text{ m}^2$$

coefficient de déperdition  $d = 1,3$   
(le plus couramment utilisé)

$$\text{Indice du local } i = \frac{ab}{h(a+b)}$$

$$h = 3 - (0,85 + 0,45) = 1,7 \text{ m}$$

plan utile par rapport à la suspension

$$i = \frac{6,85 \times 8,60}{1,7(6,85 + 8,60)} = 2,3$$

Coefficient de réflexion des murs : 50 %  
Coefficient de réflexion du plafond : 75 %  
d'où  $u = 0,46$

$$F = \frac{300 \times 59 \times 1,3}{0,46} \approx 50\,000 \text{ lm}$$

### PROJET EN FLUORESCENCE

- Choix du système d'éclairage : semi-direct pour assurer une bonne diffusion.
- Choix de la source de lumière : tubes fluorescents (40 W - 1,20 m) ou (65 W - 1,50 m)

BLANC SOLEIL

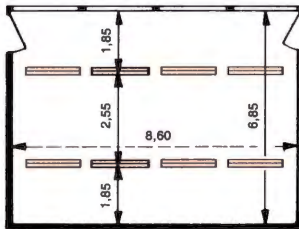
- Flux lumineux des tubes :  
(40 W - 1,20 m) = 2 100 lm  
(65 W - 1,50 m) = 3 200 lm
- Nombre de tubes :

$$\text{tubes de 40 W } \frac{50\,000}{2\,100} \approx 24$$

$$\text{tubes de 60 W } \frac{50\,000}{3\,200} \approx 15$$

Nous retiendrons 16 tubes de 65 W en 8 luminaires de 2 tubes, cette solution est moins onéreuse que 24 tubes en 12 luminaires

- disposition des luminaires : deux rangées de quatre luminaires suivant figure ci-dessous
- on vérifie que :  $L \leq 1,5$   $h = 1,5 \times 1,7 = 2,55 \text{ m}$



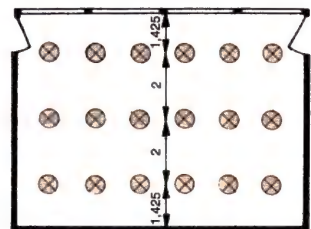
### PROJET EN INCANDESCENCE

- Le flux lumineux est : 50 000 lm
- Lampes couramment utilisées dans une salle de classe : puissance 200 W, flux lumineux 2 950 lm.
- Nombre de sources :

$$\frac{50\,000}{2\,950} \approx 17$$

Nous retiendrons : 18 lampes de 200 W en 3 rangées de 6 luminaires

- dispositions des luminaires suivant figure ci-dessous
- on vérifie que :  $L \leq 1,5$   $h = 1,5 \times 1,7 = 2,55 \text{ m}$



## 7.5.3. ÉTUDE COMPARATIVE DE DEUX PROJETS D'ÉCLAIRAGE

REMARQUE : nous avons utilisé 16 tubes fluorescents au lieu de 15 calculés, le nouvel éclairage sera donc :

$$E = \frac{Fu}{Sd} = \frac{3\,200 \times 16 \times 0,46}{59 \times 1,3} \approx 310 \text{ lx}$$

- puissance installée : tubes  $65 \times 16 = 1\,040 \text{ W}$   
 $26 \times 8 = 208 \text{ W}$   
TOTAL  $\approx 1\,250 \text{ W}$

### BILAN DES DEUX PROJETS (en euros)

- prix du kilowatt	0,06	- prix d'un tube de 65 W	3,05
- prix d'une lampe à incandescence (200 W)	1,07	- prix d'un luminaire sans tube	45,73
- prix du luminaire sans la lampe	7,62	- durée de vie des tubes	4 000 h
- durée de vie d'une lampe	1 000 h	- amortissement sur 10 ans	
- coût de l'installation dans les deux cas	304,90	(tubes et lampes non compris)	

L'INDICE DE BASE EST DE 1

CHARGES DE PREMIER INVESTISSEMENT		INCANDESCENCE	FLUORESCENCE		
Appareils _____		(1,07 + 7,62) 18 = _____	156,42	(45,73 + 6,10) 8 = _____	
Installation _____			304,90	304,90	
Total _____			461,32	719,64	
CHARGES ANNUELLES					
Amortissements _____		$\frac{(7,62 \times 18) + 304,90}{10} =$ _____	44,21	$\frac{(45,73 \times 8) + 304,90}{10} =$ _____	
Remplacement des lampes _____		$1,07 \times 18 \times \frac{700}{1\ 000} =$ _____	13,45	$305 \times 16 \times \frac{700}{4\ 000} =$ _____	
Consommation _____		$0,06 \times 0,2 \times 18 \times 700 =$ _____	151,20	$0,06[(0,065 \times 16) + (0,026 \times 8)]700 =$ _____	
Total _____			208,86	TUBES BALLASTS 128,97	
BILAN COMPARATIF	CHARGES DE PREMIER INVESTISSEMENT	PRIX À L'UTILISATION			
		1 an	2 ans	3 ans	4 ans
INCANDESCENCE (a)	461,32	208,86	417,72	626,58	835,44
FLUORESCENCE (b)	719,54	128,97	257,94	386,91	515,88
DIFFÉRENCE a-b	- 258,22	+ 79,89	+ 159,78	+ 239,67	+ 319,56
BILAN		- 178,33	- 98,44	- 18,55	+ 61,34

Le tableau du BILAN COMPARATIF fait apparaître que le COÛT À L'UTILISATION d'un équipement en FLUORESCENCE permet d'amortir les charges supplémentaires de premier investissement au bout de quatre ans.

- Le logiciel permet différentes simulations d'éclairage à partir de paramètres entrant dans tout avant-projet d'éclairage.

- **Exemple :**

- **Caractéristiques du local :**

- Longueur X : 7,2 m ; Largeur Y : 4,8 m ; Hauteur H : 3 m ; Distance plan utile/sol : 0,85 m.

- **Facteurs de réflexion :**

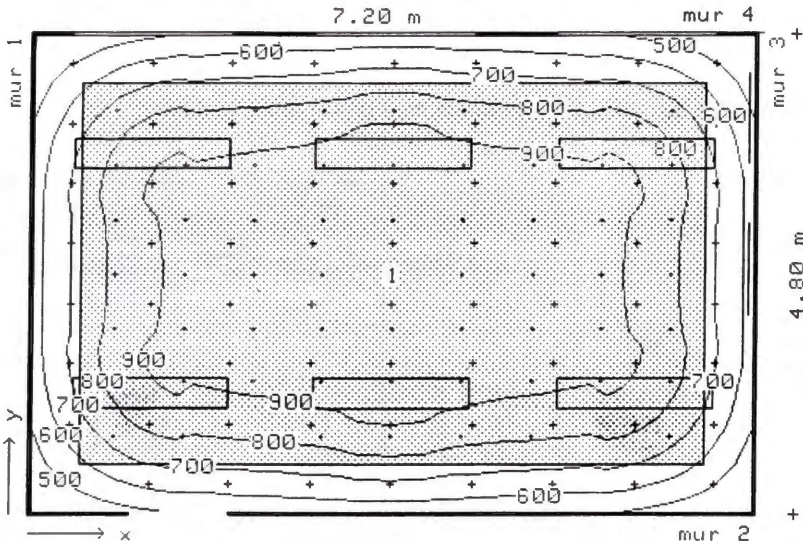
- Plafond : 0,7 ; Sol : 0,2 ; Mur 1 : 0,5 ; Mur 2 : 0,5 ; Mur 3 : 0,5 ; Mur 4 : 0,5.

- **Luminaires et lampes :**

- Luminaire 5082 W-RST/58 ; Lampe : 2 x L 58 W/21 → 10 800 lm.

- Le logiciel peut donner : (pour un éclairage mini de 500 lx du local entier)

- l'implantation des luminaires ; la répartition des niveaux d'éclairage, le plan utile, les courbes Isolux.



**7.5.4.**  
AIDE A  
L'ÉTABLISSEMENT  
D'UN  
AVANT-PROJET  
D'ÉCLAIRAGE  
(LOGICIEL  
TRILUX)

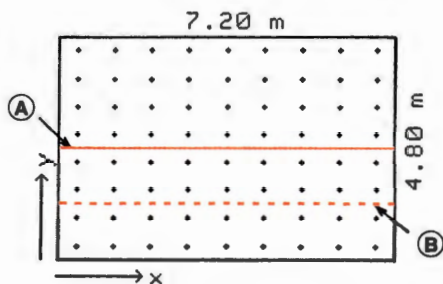
- Local entier :  $E_{\min}$  : 403 lx ;  $E_{\max}$  : 1 004 lx ;  $E_{\text{moyen}}$  : 797 lx
- Zone utile :  $E_{\min}$  : 724 lx ;  $E_{\max}$  : 998 lx ;  $E_{\text{moyen}}$  : 883 lx
- Implantation des luminaires :

Lignes $i$	Luminaires (No - réf.)	Distance $Y_i$ 1 <sup>er</sup> lum	Distance $X_i$ 1 <sup>er</sup> lum	Distance $S_i$ entraxe ligne $i$	Distance bord à bord
1	3 * 5082 W - RST/58	1,2 m	1,2 m	2,4 m	0,85 m
2	3 * 5082 W - RST/58	3,6 m	1,2 m	2,4 m	0,85 m

Note : Il est possible de connaître l'éclairage réel en tout point du local.

### La répartition des niveaux d'éclairage suivant des lignes $X_i$ ou $Y_i$ :

Définition des lignes.



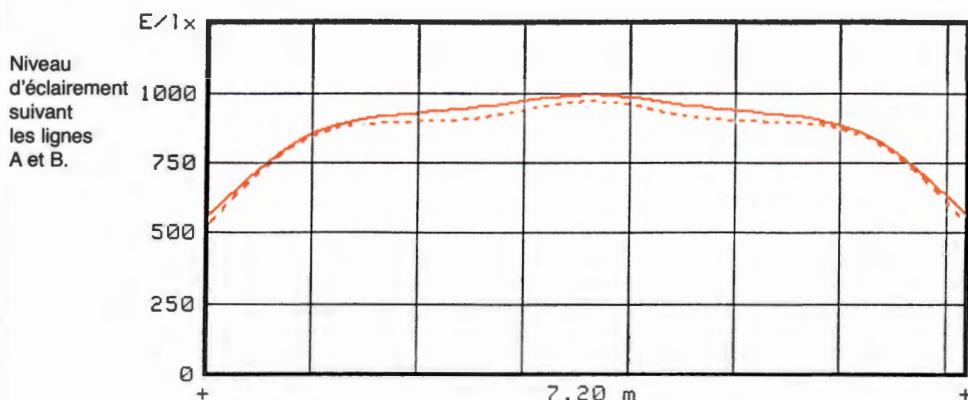
Coordonnées des lignes :

ligne A :  $X_d = 0$  m ;  $Y_d = 2,4$  m ;  $X_f = 7,2$  m ;  $Y_f = 2,4$  m

ligne B :  $X_d = 0$  m ;  $Y_d = 1,2$  m ;  $X_f = 7,2$  m ;  $Y_f = 1,2$  m  
(Indice  $d$  : début ; Indice  $f$  : fin).

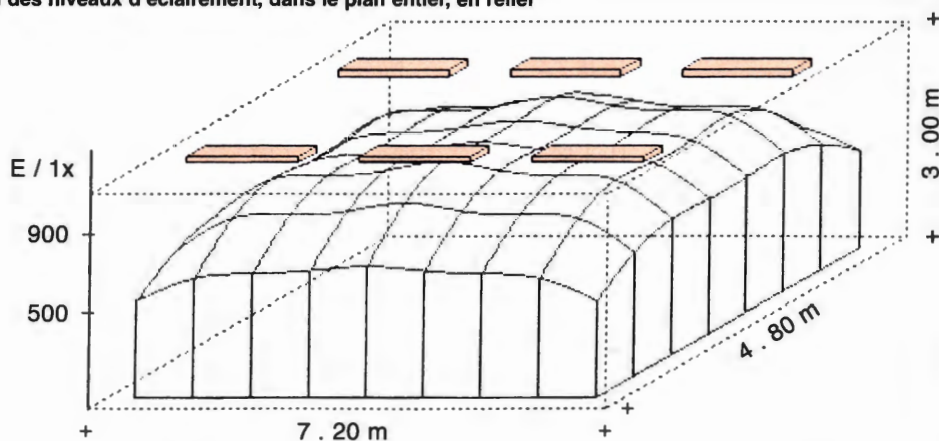
Nota : les lignes peuvent être définies suivant X ou suivant Y.

Les valeurs mesurées au niveau des lignes A et B sont données en lux dans le local entier pour un plan utile à 0,85 m du sol.



### - La répartition des niveaux d'éclairage, dans le plan entier, en relief

Niveau d'éclairage moyen : 797 lx.  
Uniformité  $E_{\min}/E_{\text{moy}}$  : 0,63



# 8. LE CHAUFFAGE DOMESTIQUE ÉLECTRIQUE

Une installation de chauffage électrique doit être associée à une excellente isolation thermique du bâtiment, à une régulation de chaque pièce et à une aération contrôlée.

## 8.1. DÉMARCHE SIMPLIFIÉE DE DÉTERMINATION D'UN AVANT-PROJET DE CHAUFFAGE ÉLECTRIQUE INTÉGRÉ

### DONNÉES

- Désignation des pièces ou locaux.
- Température éventuellement souhaitée dans chaque pièce ou local.
- Zone d'habitation.
- Altitude.
- Exposition des pièces.
- Nature des matériaux (murs, plafonds, sols).
- Dimensions des pièces ou locaux.
- Type de chauffage souhaité (éventuellement).
- Type de sources de chaleur (éventuellement).
- Emplacements souhaités (éventuellement suivant l'utilisation).

### BESOINS

- Carte des zones d'implantation (coefficient  $K_g$ ). § 8.4.1.
- Températures intérieures de base ( $t_i$ ). § 8.4.5.
- Températures extérieures de base ( $t_e$ ). § 8.4.4.
- Tableau des coefficients  $K_c$  (dépend du type de construction et de l'exposition de chaque mur). § 8.4.1.
- Caractéristiques thermiques des matériaux (résistance thermique  $R$ , conductibilité thermique  $\lambda$ ). § 8.6.
- Coefficients correcteurs : § 8.4.2/3
  - en fonction de l'exposition des parois.
  - en fonction de l'humidité (jour de pluie),
  - en fonction de la hauteur du local.
- Nombre d'occupants.

### CALCULS

**LOCAUX SITUÉS À MOINS DE 200 M D'ALTITUDE ET DE MOINS DE 4 M SOUS PLAFOND (volume inférieur à 500 m<sup>3</sup>)**

$$P \text{ (kW)} = (0,025 V \cdot K_g \cdot K_c) - 0,2 n$$

$$P \text{ (kW)} = (0,050 V \cdot K_g \cdot K_c) - 0,2 n$$

**BUREAUX**

**ATELIERS-ENTREPÔTS-MAGASINS**

Voir majoration pour altitude et pour grande hauteur sous plafond (§ 8.4.2.)

**LOCAUX DE VOLUMES IMPORTANTS ET DE SITUATION GÉOGRAPHIQUE EXCEPTIONNELLE**

$$P \text{ (kW)} = \sum P_i$$

$$P_i = (\sum P_i \cdot C) + \frac{V(t_i - t_{em})}{1000}$$

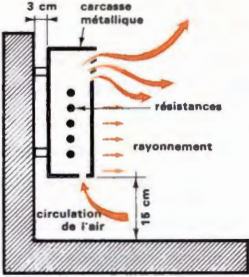
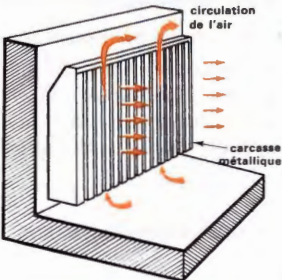
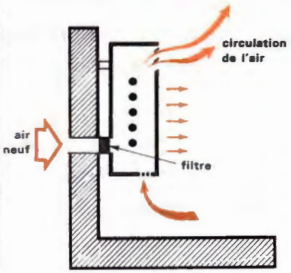
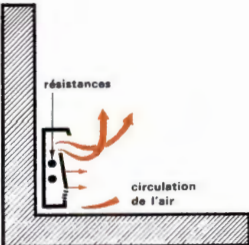
$$P_i = \frac{KS(t_i - t_{em})}{860}$$

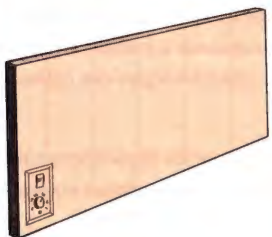
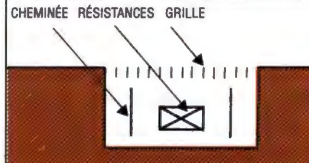
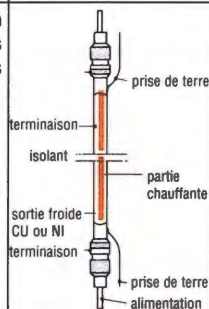
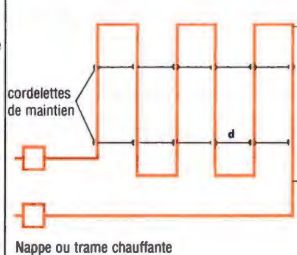
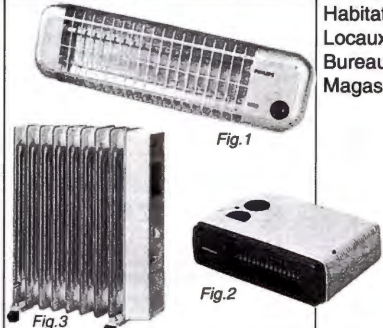
### RÉSULTATS

- Puissance à installer (nombre d'appareils).
- Emplacements recommandés.
- Type de fonctionnement :
  - tout ou rien,
  - régulation,
  - programmation,
  - délestage.
- Système d'aération contrôlé.

**Note :** Une démarche plus élaborée de détermination d'un AVANT-PROJET de chauffage existe, elle fait appel à des données maîtrisées essentiellement par les spécialistes. Cependant, la démarche simplifiée donne des résultats tout à fait acceptables pour les locaux d'habitation.

## 8.2. INFORMATIONS SUR LES ÉLÉMENTS CHAUFFANTS UTILISÉS EN CHAUFFAGE ÉLECTRIQUE INTÉGRÉ HAUTE ISOLATION (C.E.I.H.)

APTITUDES → TYPE	FONCTIONNEMENT	CARACTÉRISTIQUES	SCHÉMA	APPLICATIONS
<b>CONVECTEURS CHEMINÉES MÉTALLIQUES</b>	Châssis métallique ouvert en partie inférieure et en partie supérieure (arrivée et sortie d'air). Convection naturelle. Chauffage direct.	Puissance : de 500 à 3 000 W. Thermostat intégré. Alimentation : 230 V. Résistances chauffantes : - boudinées nues, - tissées nues, - blindées. Faible inertie.		Habitations. Locaux industriels. Bureaux. Chauffage électrique intégré. Installation économique.
<b>RADIATEURS</b>	Carcasse métallique. Circulation d'air par contact direct superficiel. Chauffage direct.	Puissance : de 500 à 3 000 W. Alimentation : 230 V. Thermostat intégré.		Habitations. Locaux industriels. Bureaux. Nécessité d'une bonne isolation thermique des locaux. Installation économique.
<b>CONVECTEURS AVEC VENTILATION MÉCANIQUE</b>	Châssis métallique ouvert en partie inférieure avant (arrivée d'air ambiant), ouvert en partie supérieure avant (sortie d'air chaud), ouvert sur l'extérieur en partie inférieure arrière. Chauffage direct.	Puissance : de 500 à 3 000 W. Alimentation : 230 V. Thermostat intégré.		Habitations. Locaux industriels. Bureaux. Nécessité d'une bonne isolation thermique des locaux. Ne nécessite pas un renouvellement d'air. Installation économique.
<b>CONVECTEURS PLINTHES</b>	Châssis métallique. Ouverture inférieure et supérieure pour circulation d'air. Chauffage direct.	Puissance : 600 W maximum par mètre de longueur. Dimensions réduites : - largeur : 15 cm maximum, - épaisseur : 5 cm maximum. Alimentation : 230 V.		Habitations. Bureaux. Chauffage électrique intégré. Installation économique et esthétique.

APTITUDES				
TYPE	FONCTIONNEMENT	CARACTÉRISTIQUES	SCHEMA	APPLICATIONS
<b>PANNEAUX RADIANTS</b>	Chauffage par rayonnement. Pas de cheminée. Corps de chauffe : - circuit imprimé sur support de verre ou tôle émaillée ; - trame métallique noyée dans l'isolant ; - résistance boudinée.	Dans un tube métallique avec isolant minéral. Résistance boudinée dans un tube sous vide. Puissance maxi : 2 000 W par m <sup>2</sup> . Thermostat intégré.  NFC 73-250/251		Habitations. Bureaux. Chauffage électrique intégré.
<b>CONVECTEUR DE SOL</b>	Convecteur encastré dans le sol, diminue l'encombrement. La cheminée doit être conçue avec une amenée latérale d'air ambiant. Difficulté d'entretien.	Puissance : de 500 à 3 000 W. Alimentation : 230 V.	CHEMINÉE RÉSISTANCES GRILLE  COUPE DE CONVECTEUR DE SOL	Habitations. Bureaux. Locaux d'exposition. Magasins. Chauffage électrique intégré.
<b>CÂBLES CHAUFFANTS</b>	Élément chauffant en nappe, placé dans les dalles d'étage ou dans les dalles terrasses. Puissance linéaire maxi : 33 W par m. Alimentation : 230 V. Câbles : isolant minéral. - écran métallique, - aluminium (TBT).	 Élément chauffant NFC 32-330	 Nappe ou trame chauffante	Utilisé en chauffage BI-JONCTION. (Câble chauffant pour chauffage de base et radiateurs pour l'appoint.) Habitations individuelles ou collectives. Bureaux. Très confortable et économique.
<b>RADIATEURS D'APPOINT</b>	Le choix du radiateur est fonction des besoins (chauffage rapide, et momentané, ou chauffage d'appoint).	Puissance : de 500 à 3 000 W. Thermostat intégré. Alimentation : 230 V. Infrarouge. (Fig. 1) Soufflant. (Fig. 2) Bain d'huile. (Fig. 3)		Habitations. Locaux industriels. Bureaux. Magasins.

## 8.3. LES CÂBLES ÉLECTRIQUES CHAUFFANTS

(D'APRÈS TRESKO)

### 8.3.1. DÉMARCHE DE DÉTERMINATION D'UN AVANT-PROJET D'UN CHAUFFAGE ÉLECTRIQUE PAR LE SOL

NFC 32-330

#### DONNÉES

- Plan architectural de l'habitation
- Les équipements intérieurs (salle d'eau, cuisine, placards...)
- La ou les cheminées
- Les contraintes imposées par l'entrepreneur de maçonnerie (notamment au niveau des dalles)
- Les autres données (§ 8.1.)

#### BESOINS

- Déperditions calorifiques de chaque pièce (voir § 8.1.)
- Surfaces équipables de chaque pièce
- La puissance à installer en respectant les valeurs à ne pas dépasser
- Les caractéristiques des câbles chauffants

#### CALCULS

- Déterminer les déperditions calorifiques pièce par pièce (§ 8.1.)
- Déterminer les surfaces équipables de chaque pièce en déduisant :
  - la surface des placards
  - la surface des éléments de cuisine
  - la surface des baignoires et des receveurs de douche
  - la surface des cheminées
- Une zone d'au moins 40 cm à partir du nu intérieur des murs extérieurs ainsi que les feux ouverts
- Une zone d'au moins 20 cm autour des gaines des trémies et des conduits de fumée
- Déterminer la puissance admissible en fonction de l'épaisseur des dalles :
  - dalle d'épaisseur 8 cm : 110 W/m<sup>2</sup> admissible
  - dalle d'épaisseur 10 cm : 140 W/m<sup>2</sup> admissible
  - dalle d'épaisseur 15 cm : 170 W/m<sup>2</sup> admissible
- Répartition pièce par pièce de la puissance de base

- Calcul des appoints pièce par pièce ( $P_a$ )

$$P_a = 1,2 \times \text{déperdition} - (\text{Puissance de base}/3)$$

- Le tableau Fig. 4, ci-dessous, donne le type de câble en fonction de la puissance calculée, et de la longueur disponible dans la pièce (mode de pose Fig. 5).

#### CHOIX DU CÂBLE

Référence Kit	Puissances W.	Longueurs m	Emissions linéaires	Liaisons froides	
				Sections	Longueur
K1	1050	32	32,8 W/m	1,5 mm <sup>2</sup>	10 m
K2	1250	38	32,9 W/m		
K3	1800	55	32,7 W/m		
K4	2300	70	32,9 W/m		
K5	2600	81	32,1 W/m		
K6	3000	111	27,0 W/m	2,5 mm <sup>2</sup>	
K7	3300	101	32,7 W/m		

- Les appoints sont fournis par des convecteurs électriques.

Fig. 4 - Tension d'alimentation 230 V.

## 8.3.2. RÉALISATION DU PLAN DE POSE (EXTRAIT DU DTU 65.7)

### DÉTERMINATION DU PAS DE RÉPARTITION POUR CHAQUE PIÈCE.

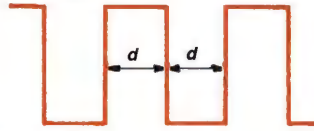
– Le PAS est défini suivant la puissance à installer et la surface équipable.

$S$  : Surface équipable

$L$  : Longueur du câble

$d$  : distance séparant deux spires

qui ne peut être inférieure à 10 cm



$$d \text{ (cm)} = 100 \frac{S \text{ (m}^2\text{)}}{L \text{ (m)}}$$

**Note** : un élément chauffant peut intéresser plusieurs pièces.

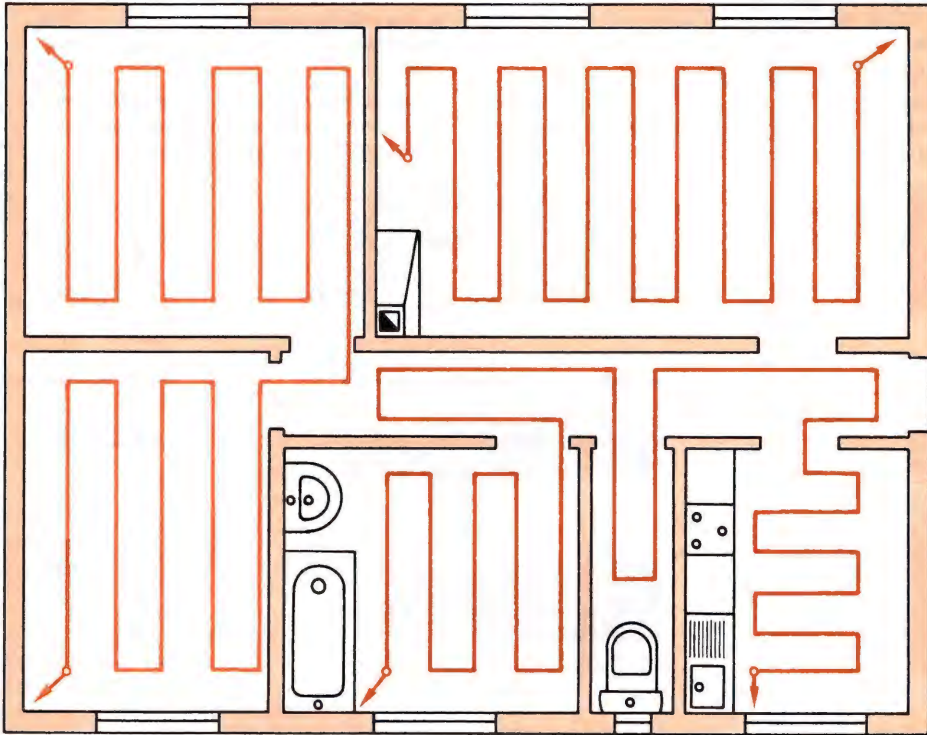
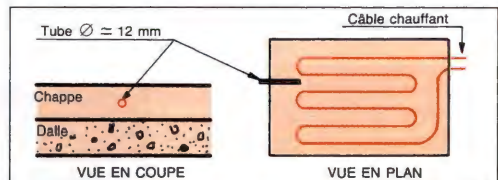


Fig. 5 : Exemple de plan de pose.

– Connaissant la puissance à installer dans une pièce et l'émission linéaire, on peut alors calculer la longueur de câble chauffant à placer dans la surface équipable.

## 8.3.3. POSE DU CÂBLE

- Les câbles ne doivent jamais traverser les joints de dilatation.
- Positionner le câble au sol et le fixer avec des épingles à chaque extrémité des spires et au maximum tous les mètres. Respecter un pas régulier.
- Placer une gaine de diamètre 12 mm, qui recevra ultérieurement la sonde de sol de la régulation. Elle sera placée entre deux spires de câble et le plus près possible de la surface. Éventuellement, dans la chape de carrelage.
- Avant de procéder au coulage du béton, il y a lieu de repérer sur le plan de pose la position exacte des jonctions.



**Note** : S'assurer que la résistance thermique du revêtement n'exécède pas  $0,15 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$ .

## 8.3.4. EXÉCUTION DES PLANCHERS CHAUFFANTS PAR CÂBLES ÉLECTRIQUES ENROBÉS DANS LE BÉTON

(D'après DTU 65.7.)

### • DISPOSITIONS PARTICULIÈRES

#### – PLANCHERS DALLE PLEINE

- Les éléments de chauffage doivent être placés au-dessus de l'armature inférieure de la dalle et être liés à cette armature.
- L'épaisseur minimale d'enrobage doit être de 30 mm, il est conseillé de prévoir 5 cales au m<sup>2</sup> dans le cas d'armatures en rouleau et 3 cales au m<sup>2</sup> dans le cas des armatures en plaque.
- La dalle doit être coulée en une seule fois.

#### – PLANCHERS AVEC PRÉDALLE

- Les éléments de chauffage doivent être placés directement au-dessus des prédalles, après mise en place, s'il y a lieu, d'armatures de renfort aux joints.

#### – PLANCHERS PRÉFABRIQUÉS AVEC DALLE DE COMPRESSION

- Les éléments de chauffage doivent être placés immédiatement au-dessus de l'armature de la dalle de compression.

#### – PLANCHERS PRÉFABRIQUÉS AVEC MATÉRIAUX RÉSILIENTS (entrevous isolants) mêmes prescriptions que ci-dessus.

#### – PLANCHERS AVEC CHAPE RAPPORTÉE

- Les éléments de chauffage doivent être placés directement sur le support.

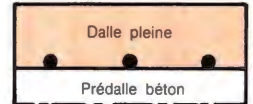
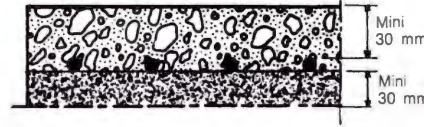
#### – PLANCHERS AVEC DALLE RAPPORTÉE FLOTTANTE ARMÉE

- Les éléments de chauffage doivent être placés au-dessus d'une armature et être liés à cette dernière soit directement, soit par l'intermédiaire d'accessoires.

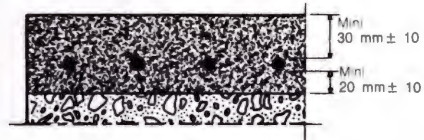
Dalle pleine  
(art. 4.31)



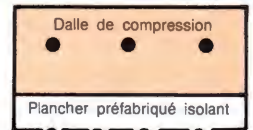
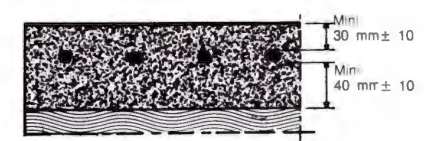
Dalle pleine sur prédalle en béton  
(art. 4.32)



Dalle de compression sur plancher préfabriqué, entrevous céramique ou béton  
(art. 4.33)



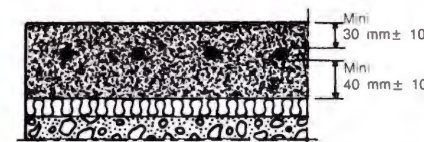
Dalle de compression sur plancher préfabriqué, entrevous isolants  
(art. 4.34)



Chape rapportée sur dalle pleine ou dalle de compression sur plancher préfabriqué  
(art. 4.37)



Dalle rapportée flottante armée  
(art. 4.38)



**Note :** Les dispositions ci-dessus ne sont présentées que sous forme de schémas de principe et ne concernent que l'environnement du câble chauffant.

## 8.4. ÉLÉMENTS PERMETTANT DE VÉRIFIER LES CALCULS D'UN AVANT-PROJET DE CHAUFFAGE

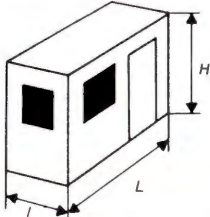
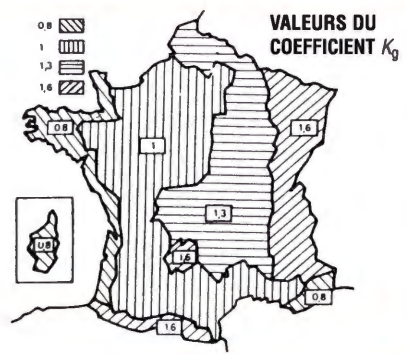
### MODE DE CALCUL SIMPLIFIÉ

**8.4.1. LOCAUX SITUÉS À MOINS DE 200 m D'ALTITUDE ET DE MOINS DE 4 m SOUS PLAFOND VOLUME INFÉRIEUR À 500 m<sup>3</sup>**

**BUREAUX**  $P = (0,025 V \cdot K_g \cdot K_c) - 0,2 n$  (kW)  
**ATELIERS ENTREPÔTS MAGASINS**  $P = (0,050 V \cdot K_g \cdot k_c) - 0,2 n$  (kW)

$n$  : nombre d'occupants

$V = L \cdot l \cdot H$  (m<sup>3</sup>)

VALEURS DU COEFFICIENT $K_c$	TYPES DE CONSTRUCTION	Construction en murs épais (25 cm)	Construction légère (ossature béton grands vitrages)	Construction très légère (atelier avec portes fréquemment ouvertes)
	ENVIRONNEMENT			
Murs extérieurs bien exposés. Le reste entouré de locaux chauffés.		1	1,10	1,20
Un mur extérieur très mal exposé (nord, vents violents, etc). Le reste entouré de locaux chauffés.		1,10	1,20	1,30
2 ou 3 murs extérieurs mal exposés (nord, vents violents, etc). Les parties environnantes étant peu ou pas chauffées.		1,20	1,30	1,40

**8.4.2. LOCAUX SITUÉS À PLUS DE 200 m D'ALTITUDE ET/OU D'UNE HAUTEUR DE PLAFOND SUPÉRIEURE À 4 m**

**MAJORATION POUR ALTITUDE**  
 de 200 à 500 m : + 10 %  
 de 500 à 1 000 m : + 20 %  
 de 1 000 à 1 500 m : + 30 %  
 de 1 500 à 2 000 m : + 45 %

**Exemple** : soit à chauffer un atelier, longueur : 10 m, largeur : 8 m, hauteur : 6 m, situation région parisienne, occupation 20 personnes. Construction légère à ossature béton avec grandes ouvertures – Atelier isolé mal exposé.

**MAJORATION POUR GRANDE HAUTEUR SOUS PLAFOND**  
 $H = 5$  m : + 3 %  
 $H = 5$  m : + 6 %  
 $H = 8$  m : + 12 %  
 $H = 10$  m : + 18 %

$V = 10 \times 8 \times 6 = 480$  m<sup>3</sup>  
 $K_g = 1$   
 $K_c = 1,30$

Majoration hauteur sous plafond : 6 % soit 1,06  
 $P = [(480 \times 1 \times 1,3 \times 0,050) - 0,2 \times 20] \times 1,06 = 29$  kW

**8.4.3. LOCAUX DE VOLUMES IMPORTANTS ET DE SITUATION GÉOGRAPHIQUE EXCEPTIONNELLE**

Il faut calculer successivement : la puissance dissipée par chaque élément constituant une pièce (murs, cloisons, plafond, planchers, ouvertures, etc.)

$$P_j = \frac{KS(t_i - t_{em})}{860}$$

$K$  : coefficient : global de conductibilité thermique en kcal/h/m<sup>2</sup>/°C  
 $t_i$  : température intérieure de base (§ 8.4.5)  
 $t_{em}$  : température extérieure de la paroi ou température extérieure  $t_e$  modifiée par un facteur de correction ( $C'$ ).  $t_{em} = t_e \pm C'$   
 $t_e$  : température extérieure de base (§ 8.4.4)

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{8} + \frac{e}{\lambda} + \frac{1}{18}$$

$\lambda$  : conductivité thermique utile W/m °C

**CORRECTIONS ( $C'$ )** : – augmenter  $t_e$  de 1 °C pour les villes moyennes et de 2 °C pour PARIS et LYON  
 – capacité calorifique : murs épais, 25 cm, pas de correction,  
 constructions légères : diminuer  $t_e$  de 2 °C  
 – constructions légères (atelier) : diminuer  $t_e$  de 3 °C

**PUISSANCE NÉCESSAIRE POUR UNE PIÈCE ( $P_j$ )**

$$P_j = (\Sigma P_i \cdot C') + \frac{V(t_i - t_{em})}{1000}$$

$C'$  : Coefficient correcteur :  
 – locaux exposés au nord, nord-est, nord-ouest : 1,2  
 – locaux humides (plus de 40 j de pluie en hiver) : 1,2  
 – hauteur du local supérieure à 4 m : 1,1 + (0,02 par m au-dessus de 4 m). Le 2<sup>e</sup> terme de la formule correspond aux pertes par ventilation.  
 $V$  : volume de la pièce en m<sup>3</sup>

**PUISSANCE NÉCESSAIRE POUR LE LOCAL COMPLET**

$$P = \Sigma P_j$$

## 8.4.4. TEMPÉRATURES EXTÉRIEURES DE BASE $t_e$ (D'APRÈS DOCUMENTS TECHNIQUES UNIFIÉS)

Altitude (m)	Températures extérieures de base (°C) pour des températures de base au niveau de la mer de							
	-4 °C	-5 °C	-6 °C	-8 °C	-9 °C	-10 °C	-12 °C	-15 °C
0 à 200	-4	-5	-6	-8	-9	-10	-12	-15
201 à 400	-5	-6	-7	-9	-10	-11	-13	-15
401 à 500	-6	-7	-8	-10	-11	-12	-14	-16
501 à 600	-6	-7	-9	-11	-11	-13	-15	-17
601 à 700	-7	-8	-10	-12	-12	-14	-16	-18
701 à 800	-7	-8	-11	-13	-12	-15	-17	-19
801 à 900	-8	-9	-12	-14	-12	-16	-18	-20
901 à 1000	-8	-9	-13	-15	-12	-17	-19	-21
1001 à 1100	-8	-10	-14	-16	-12	-18	-20	-22
1101 à 1200	-8	-10	-14	-17	-12	-19	-21	-23
1201 à 1300	-8	-11	-14	-18	-12	-20	-22	-24
1301 à 1400	-8	-11	-14	-19	-12	-21	-23	-25
1401 à 1500	-8	-12	-14	-20	-12	-22	-24	-25
1501 à 1600	-8	-12	-14	-21	-12	-23	-24	-25
1601 à 1700	-8	-13	-14	-22	-12	-24	-24	-25
1701 à 1800	-8	-13	-14	-23	-12	-25	-24	-25
1801 à 1900	-8	-14	-14	-24	-12	-26	-24	-25
1901 à 2000	-8	-14	-14	-25	-12	-27	-24	-25
2001 à 2100	-8	-15	-14	-26	-12	-28	-24	-25
2101 à 2200	-8	-15	-14	-27	-12	-29	-24	-25
2201 à 2400	-8	-16	-14	-28	-12	-30	-24	-25
2401 à 2600	-8	-17	-14	-29	-12	-30	-24	-25
2601 à 2800	-8	-18	-14	-30	-12	-30	-24	-25
2801 à 3000	-8	-19	-14	-30	-12	-30	-24	-25
plus de 3000	-8	-20	-14	-30	-12	-30	-24	-25



— Limites de zones  
 ..... Distance de la mer = à 25 km  
 - - - - - Crêtes situées au sud du cours de l'Aveyron  
 Les valeurs non encadrées situées dans les mers et océans correspondant à une distance de la mer inférieure à 3 kilomètres.

La température extérieure de base est la température minimale quotidienne constatée 5 fois au moins au cours d'une année. Par convention, la puissance de chauffage à installer est déterminée à partir de la température de base figurant sur la carte ci-dessus.

Pour tenir compte de l'altitude du lieu considéré, cette température doit être corrigée en fonction du tableau ci-dessus. Pour les versants ensoleillés, il n'y a pas lieu de retenir de température de base inférieure à -25 °C.

## 8.4.5. TEMPÉRATURES INTÉRIEURES DE BASE $t_i$

### HABITATIONS

Locaux d'habitation ..... 18 °C

Locaux à usages communs et circulations collectives chauffés ..... 15 °C

### ÉCOLES

Classes et salles analogues ..... 18 °C

Douches ..... 21 °C

Circulations, gymnases ..... 15 °C

### HÔPITAUX

Se reporter aux pièces du marché

GARAGES CHAUFFÉS ..... 5 °C

– Sauf indications contraires données dans les pièces du marché, on prendra les valeurs suivantes :

### RESTAURANTS, BÂTIMENTS PUBLICS, ÉGLISES, TEMPLES, SALLES DE SPECTACLES

Vêtements d'extérieur conservés ..... 15 °C

Vêtements d'extérieur enlevés ..... 18 °C

Circulations ..... 15 °C

BUREAUX ..... 18 °C

### MAGASINS

En général ..... 18 °C

Salons d'habillement ..... 21 °C

### LOCAUX INDUSTRIELS ET ARTISANAUX

Se reporter aux pièces du marché

## 8.4.6. NORMES ET RÉGLEMENTS DE RÉFÉRENCE

**NORMES :** NFC 73-200 : Règles générales de sécurité des appareils électrodomestiques chauffants.

NFC 73-250 : Appareils électrodomestiques chauffants. Appareils de chauffage des locaux et appareils analogiques. Règles de sécurité.

NFC 73-251 : Appareils électrodomestiques chauffants. Appareils de chauffage électrique des locaux. Règles d'aptitude à la fonction.

NFC 15-100 : Exécution et entretien des installations électriques de première catégorie.

NFC 14-100 : Installations de branchements de première catégorie.

### DOCUMENTS TECHNIQUES UNIFIÉS (DTU).

Règles Th.K77 (nov. 1977). Titre I : Règles de calcul des caractéristiques thermiques utiles des parois.

Règles Th. (nov. 1977). Titre II : Règles de calcul des caractéristiques thermiques utiles des parois, des déperditions de base des bâtiments et du coefficient  $G$  des logements et autres locaux d'habitation.

Règle Th-G77 (nov. 1977). Titre III : Règles de calcul du coefficient  $G$  des logements et autres locaux d'habitation et du coefficient  $G_1$ , des bâtiments autres que les bâtiments d'habitation.

**DTU 70-2 (1981).** Installations électriques des bâtiments à usage collectif, bureaux et assimilés, blocs sanitaires et garages.

Cahier des charges.

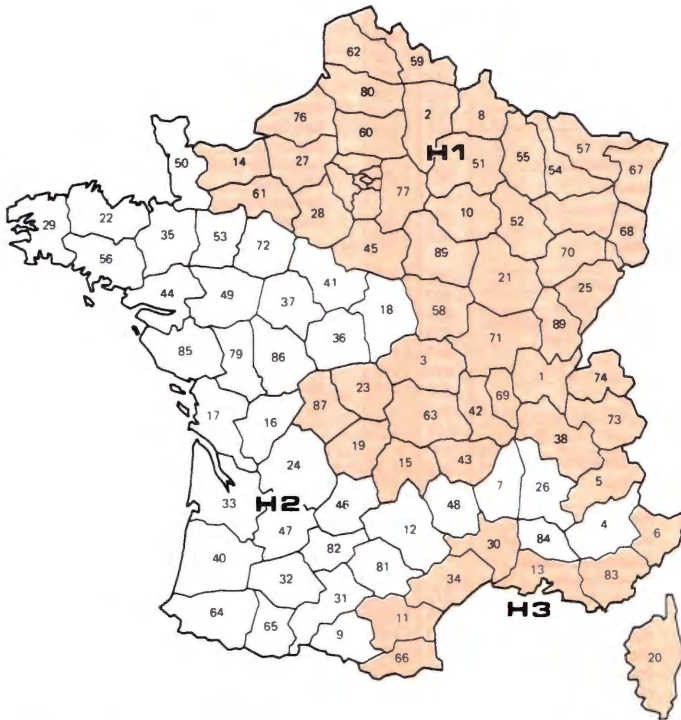
# 8.5. DÉFINITIONS DES CLIMATS

(D'après DOCUMENTS TECHNIQUES UNIFIÉS)

La réglementation thermique du 24 mars 1982 distingue trois zones climatiques d'hiver : H1, H2, H3

	Zone		Zone		Zone
1 Ain.....	H 1	33 Gironde.....	H 2	65 Hautes-Pyrénées.....	H 2
2 Aisne.....	H 1	34 Hérault.....	H 3	66 Pyrénées-Orientales.....	H 3
3 Alpes.....	H 1	35 Ille-et-Vilaine.....	H 2	67 Bas-Rhin.....	H 1
4 Alpes-de-Haute-Provence.....	H 2	36 Indre.....	H 2	68 Haut-Rhin.....	H 1
5 Hautes-Alpes.....	H 1	37 Indre-et-Loire.....	H 2	69 Rhône.....	H 1
6 Alpes-Maritimes.....	H 3	38 Isère.....	H 1	70 Haute-Saône.....	H 1
7 Ardèche.....	H 2	39 Jura.....	H 1	71 Saône-et-Loire.....	H 1
8 Ardennes.....	H 1	40 Landes.....	H 2	72 Sarthe.....	H 2
9 Ariège.....	H 2	41 Loir-et-Cher.....	H 2	73 Savoie.....	H 1
10 Aube.....	H 1	42 Loire.....	H 1	74 Haute-Savoie.....	H 1
11 Aude.....	H 3	43 Haute-Loire.....	H 2	75 Paris.....	H 1
12 Aveyron.....	H 2	44 Loire-Atlantique.....	H 2	76 Seine-Maritime.....	H 1
13 Bouches-du-Rhône.....	H 3	45 Loiret.....	H 1	77 Seine-et-Marne.....	H 1
14 Calvados.....	H 1	46 Lot.....	H 2	78 Yvelines.....	H 1
15 Cantal.....	H 1	47 Lot-et-Garonne.....	H 2	79 Deux-Sèvres.....	H 2
16 Charente.....	H 2	48 Lozère.....	H 2	80 Somme.....	H 1
17 Charente-Maritime.....	H 2	49 Maine-et-Loire.....	H 2	81 Tarn.....	H 2
18 Cher.....	H 2	50 Manche.....	H 2	82 Tarn-et-Garonne.....	H 2
19 Corrèze.....	H 1	51 Marne.....	H 1	83 Var.....	H 3
20 Corse.....	H 3	52 Haute-Marne.....	H 1	84 Vaucluse.....	H 2
21 Côte-d'Or.....	H 1	53 Mayenne.....	H 2	85 Vendée.....	H 2
22 Côtes-d'Armor.....	H 2	54 Meurthe-et-Moselle.....	H 1	86 Vienne.....	H 2
23 Creuse.....	H 1	55 Meuse.....	H 1	87 Haute-Vienne.....	H 1
24 Dordogne.....	H 2	56 Morbihan.....	H 2	88 Vosges.....	H 1
25 Doubs.....	H 1	57 Moselle.....	H 1	89 Yonne.....	H 1
26 Drôme.....	H 2	58 Nièvre.....	H 1	90 Territoire-de-Belfort.....	H 1
27 Eure.....	H 1	59 Nord.....	H 1	91 Essonne.....	H 1
28 Eure-et-Loir.....	H 1	60 Oise.....	H 1	92 Hauts-de-Seine.....	H 1
29 Finistère.....	H 2	61 Orne.....	H 1	93 Seine-Saint-Denis.....	H 1
30 Gard.....	H 3	62 Pas-de-Calais.....	H 1	94 Val-de-Marne.....	H 1
31 Haute Garonne.....	H 2	63 Puy-de-Dôme.....	H 1	95 Val d'Oise.....	H 1
32 Gers.....	H 2	64 Pyrénées-Atlantiques.....	H 2		

## 8.5.1. ZONE CLIMATIQUE D'HIVER DE CHAQUE DÉPARTEMENT



**Note :** Les constructions situées à plus de 800 m d'altitude sont en zone H1 lorsque le département est indiqué comme étant en zone H2, et elles sont en zone H2 lorsque le département est indiqué comme étant en zone H3.

Les degrés-jours permettent d'apprécier la sévérité du climat.  
 Pour chaque jour, le nombre de degrés-jours est égal à la différence entre la température intérieure du local et la moyenne des températures minimale et maximale du jour considéré.  
 Les degrés-jours unifiés sont calculés en fixant à 18 °C la température intérieure du local.  
 Le tableau ci-après indique le nombre de degrés-jours unifiés à prendre en compte pour la période conventionnelle de 232 jours s'étendant du 1<sup>er</sup> octobre au 20 mai. (D'après les relevés sur une période de 5 ans par EDF.)





DÉPARTEMENTS STATIONS D'OBSERVATION	Alt m	Nbre de Dju	DÉPARTEMENTS STATIONS D'OBSERVATION	Alt m	Nbre de Dju	DÉPARTEMENTS STATIONS D'OBSERVATION	Alt m	Nbre de Dju
<b>1 Ain</b>			<b>15 Cantal</b>			<b>29 Finistère</b>		
Ambérieu _____	252	2 626	Aurillac _____	680	2 921	Brest-Guipavas _____	98	2 180
<b>2 Aisne</b>			Chavignac-l'Aigle _____	300	2 412	Brest-Tour César _____	44	1 990
Eparcy _____	160	2 963	Ferrières St-Mary _____	663	2 926	Fouesnant _____	60	2 043
Saint-Quentin _____	86	2 724	Lafeuillade-en-Verzie _____	760	2 898	Ile de Batz _____	36	2 032
<b>3 Allier</b>			Lavastrie-Grandval _____	830	3 035	Ile d'Ouessant _____	25	1 878
Vichy _____	250	2 506	Le Claux _____	1 050	3 255	Ile Pentret-les-Glénans _____	25	1 869
<b>4 Alpes-de-Haute-Provence</b>			Marcolès _____	710	2 808	Landéda-Aber Wrac'h _____	38	2 022
Allos _____	1 431	3 470	Marmanhac _____	650	2 929	Lanvéoc-Poulmic _____	79	2 103
Saint-André-les-Alpes _____	896	3 323	Massiac _____	535	2 935	Pointe de Penmarc'h _____	16	1 894
St-Auban-sur-Durance _____	457	2 213	Saint-Flour _____	906	3 302	Pointe du Raz _____	85	1 891
<b>5 Alpes (Hautes)</b>			<b>16 Charente</b>			Pointe Saint-Mathieu _____	17	1 898
Agnières-en-Devoluy _____	1 260	3 765	Angoulême _____	83	2 136	Pointe du Toulinguet-Camaret... _____	46	1 948
Embrun _____	871	2 870	Cognac _____	30	2 077	<b>30 Gard</b>		
Gap-Ville _____	775	2 789	<b>17 Charente-Maritime</b>			Mont Aigoual _____	1 567	2 928
Gap-col Bayard _____	1 249	3 605	Chassiron-Oléron _____	11	1 853	Nîmes-Courbessac _____	59	1 782
Laragne _____	573	2 626	Ile-d'Aix _____	7	1 846	<b>31 Garonne (Haute)</b>		
Le Monétier-les-Bains _____	1 490	3 735	La Rochelle-Laleu _____	14	2 025	Bagnères-de-Luchon _____	630	2 511
Le Monétier-Sestrières _____	2 000	4 475	La Rochelle-Port _____	1	1 945	Toulouse-Blagnac _____	147	2 070
Orcières _____	1 440	3 586	Pointe-de-la-Coubre _____	6	1 864	Toulouse-Francazals _____	161	2 016
Vars _____	1 800	3 888	Rochefort-sur-Mer _____	3	2 057	Toulouse-Observatoire _____	194	2 035
<b>6 Alpes-Maritimes</b>			<b>18 Cher</b>			<b>32 Gers</b>		
Andón-Bas Thorence _____	1 168	3 150	Avord _____	177	2 487	_____	_____	2 000
Antibes-Garoupe _____	74	1 319	Bourges-Météo _____	156	2 453	à _____	_____	2 150
Antibes-ONM _____	8	1 316	Bourges-Observatoire _____	153	2 418	<b>33 Gironde</b>		
Breil-sur-Roya _____	221	1 977	<b>19 Corrèze</b>			Bordeaux-Mérignac _____	47	2 037
Cannes _____	3	1 619	_____			Bordeaux Observatoire _____	74	1 896
Grasse _____	211	1 742	à _____			Cap-Ferret _____	9	1 652
Isola _____	870	2 925	à _____			Cazaux _____	24	1 927
Monaco _____	55	1 112	à _____			Villeneuve-d'Ornon _____	25	1 987
Nice-Côte d'Azur _____	2	1 465	<b>20 Corse</b>			<b>34 Hérault</b>		
Puget-Théniers _____	420	2 150	Ajaccio-Campo del Oro _____	4	1 531	Montpellier-Bel Air _____	81	1 703
St-Dalmas-le-Selvage _____	1 510	3 349	Ajaccio-la-Parata _____	152	1 207	Montpellier-Fréjorgues _____	5	1 825
St-Etienne-de-Tinée-Auron _____	1 610	3 428	Albertacca-Popaja _____	1 074	3 022	Sète _____	94	1 520
St-Jean-Cap-Ferrat _____	138	1 202	Bastia-Poretta _____	10	1 478	<b>35 Ile-et-Vilaine</b>		
Valence _____	321	1 867	Bonifacio-Cap Pertusato _____	105	1 259	Cancale-Pointe au Grouin _____	40	2 118
<b>7 Ardèche</b>			Calvi-Cap Cavallo _____	290	1 460	Dinard-Pleurduit _____	65	2 257
Tournon _____	123	2 314	Calvi-Ste-Catherine _____	57	1 384	Rennes _____	35	2 292
<b>8 Ardennes</b>			Cap Corse _____	110	1 286	<b>36 Indre</b>		
Rocroi _____	286	3 089	Carbini-Marghèse _____	980	2 774	Châteauroux _____	160	2 403
Sedan _____	153	2 939	Pila Canale _____	360	1 538	<b>37 Indre-et-Loire</b>		
<b>9 Ariège</b>			Sartène-Madonina _____	50	1 741	Tours _____	96	2 338
Aston _____	556	2 425	Solenzara _____	17	1 305	<b>38 Isère</b>		
Auzet-Pradières _____	1 200	2 895	<b>21 Côte-d'or</b>			Alpe-de-Venosc _____	1 400	3 489
Coufflens-Salau _____	855	2 824	Baigneux-les-Juifs _____	409	2 868	Besse-en-Oisans _____	1 470	3 700
L'Hospitalet-près-l'Andorre _____	1 428	3 206	Châtillon-sur-Seine _____	263	2 748	Grenoble-Eybans _____	223	2 614
Mérens-les-Vals _____	1 094	2 835	Dijon-Larrey _____	316	2 626	La Côte-St-André _____	360	2 730
Saint-Girons _____	411	2 272	Dijon-Longvic _____	220	2 675	La Tour-du-Pin _____	339	2 862
Saintein-Eylie _____	870	2 717	<b>22 Côtes-d'Armor</b>			Mont-de-Lans _____	1 050	3 433
<b>10 Aube</b>			Ile de Brehat _____	35	2 025	Pellafoi-Le Sautet _____	800	3 309
Romilly-sur-Seine _____	77	2 620	Mur de Bretagne- _____	128	2 334	St Hilaire-du-Touvet _____	1 150	3 352
<b>11 Aude</b>			Guerliédan _____	78	2 105	Vienne _____	213	2 646
Carcassonne _____	123	1 930	Perros-Guirec - _____	60	2 133	Villard-de-Lans _____	1 050	3 451
<b>12 Aveyron</b>			Ploumanac'h _____	262	2 445	<b>39 Jura</b>		
Millau _____	410	2 374	Plévenon-Cap Fréhel _____	46	2 115	Saint Claude-Etables _____	400	2 918
Rueyres-Brommat _____	732	2 703	Rostrenen _____	765	3 061	<b>40 Landes</b>		
Villefranche-de-Rouergue _____	250	2 176	Saint-Cast _____	31	2 079	Biscarosse _____	23	1 757
<b>13 Bouches-du-Rhône</b>			<b>23 Creuse</b>			Dax _____	31	1 785
Aix-en-Provence _____	215	1 750	La Courtine _____	765	3 061	Mont-de-Marsan _____	59	2 036
Bec de l'Aigle-la-Ciotat _____	328	1 583	<b>24 Dordogne</b>			<b>41 Loir-et-Cher</b>		
Istres _____	23	1 710	Bergerac _____	31	2 719	Romorantin _____	84	2 467
Marseille-Cap Croisette _____	116	1 373	<b>25 Doubs</b>			<b>42 Loire</b>		
Marseille-Iles Mon _____	63	1 421	Besançon _____	311	2 719	Saint-Etienne-Bouthéon _____	399	2 636
Pomègues _____	3	1 421	Charquemont _____	870	3 548	<b>43 Loire (Haute)</b>		
Marseille-Margiane _____	3	1 790	<b>25 Drôme</b>			Le Puy-en-Velay _____	714	2 905
Marseille-Observatoire _____	75	1 627	Lus-la-Croix-Haute _____	1 036	3 389	<b>44 Loire-Atlantique</b>		
Port-de-Bouc _____	8	1 664	Montélimar _____	73	2 121	Escoubiac-La Baule _____	5	2 074
Salon-de-Provence _____	59	1 853	Montségur-sur-Lauzon _____	150	2 214	Nantes-Châteaux-Bougon _____	26	2 199
<b>14 Calvados</b>			Nyons _____	260	2 226	Nantes Observatoire _____	41	2 214
Caen _____	66	2 451	<b>27 Eure</b>			Saint-Nazaire-Chemoulin _____	24	2 087
Deauville-St-Gatien _____	144	2 517	_____			Saint-Nazaire-Montoir _____	3	2 157
Longnes-sur-Mer _____	66	2 412	<b>28 Eure-et-Loir</b>					
Villerville _____	113	2 419	Chartres _____	155	2 586			
			Châteaudun _____	127	2 521			






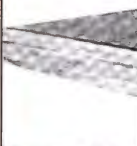


**8.5.2.  
DEGRÉS  
JOURS UNIFIÉS**

DÉPARTEMENTS STATIONS D'OBSERVATION		Alt m	Nbre de Dju	DÉPARTEMENTS STATIONS D'OBSERVATION		Alt m	Nbre de Dju	DÉPARTEMENTS STATIONS D'OBSERVATION		Alt m	Nbre de Dju	
45	Loiret Orléans-Bricy	124	2 532	Le Mont-Dore	1 050	3 342	79	Sèvres (Deux)			2 100	
46	Lot Gourdon	205	2 132	Picherande	1 123	3 338					à 2 350	
47	Lot-et-Garonne Agen	61	2 078 2 700	Puy-de-Dôme	1 465	3 918	80	Somme Abbeville	57		2 607	
48	Lozère		à 3 500	Saint-Anthème	950	3 350					1 450	
49	Maine-et-Loire Angers	54	2 308	Saint-Nectaire	718	3 016	81	Tarn			à 2 250	
	Bauge	51	2 312	Viverois	850	3 226					2 050	
50	Manche Cap de la Hague	3	2 070	64 Pyrénées-Atlantiques Biarritz-Aérodrome	69	1 610	82	Tarn-et-Garonne			à 2 150	
	Cherbourg	8	2 118	Biarritz-Ville	28	1 432						
	Granville-Pointe-du-Roc	37	2 219	Lac d'Artouste	2 000	4 083						
	Ile Chaussey	40	2 115	Laruns	523	2 364						
	Pointe de Barfleur	4	2 145	Pau	189	2 048						
	Portbail	30	2 228	Pointe-de-Socoa	24	1 596						
51	Marne Moumelen-le-Grand	131	2 709	65 Pyrénées (Hautes) Gèdre	1 000	2 834	83	Var Brignoles	205		1 982	
	Reims	94	2 665	Lassoula	1 700	3 606		Cap Camaral-St-Tropez	110		1 356	
52	Marne (Haute) Langres	464	2 954	Pic du Midi de Bigorre	2 860	5 243		Cap Sicié-La Seyne	321		1 656	
	Saint-Dizier	139	2 615	Tarbes Ossun	360	2 166		Collobrières	153		1 817	
53	Mayenne		2 300 à 2 550	66 Pyrénées-Orientales Cap Béar	100	1 355		Cuers	82		1 660	
54	Meurthe-et-Moselle Nancy	203	2 854	Font-Romeu	1 705	3 602		Draguignan	181		1 898	
	Saint-Nicolas-de-Port	210	2 771	La Lagone	1 714	3 931		Ile du Levant-Titan	100		1 332	
	Toul	390	2 923	Perpignan	43	1 464		Ile de Porquerolles	146		1 341	
55	Meuse Bar-le-Duc-Loxeville	313	2 985	Prats de Mollo	1 000	2 397		Le Luc-en-Provence	91		1 690	
	Haudiomont	268	2 968	Puyvalador	1 400	3 640		Plan d'Aups	679		2 589	
56	Morbihan Carnac	2	2 043	67 Rhin (Bas) Howald-Melkereichelsen	775	3 310		Saint-Raphaël	2		1 583	
	Grand Mont-Saint-Gildas-de-Rhuys	33	2 052	Montbronn-Neumatt	330	3 069		Toulon-Marine	23		1 377	
	Grois-Reg-Melen	48	1 957	Strasbourg-Entzheim	151	2 827		Toulon-La Mitre	28		1 396	
	Lorient-Lann Bihouée	42	2 163	Strasbourg-Ville	139	2 706	84	Vaucluse Apt	234		2 171	
	Pointe de Gâvres	18	2 001	Zinswiller	185	2 954		Avignon Montfavet	40		1 998	
	Pointe du Talut			68 Rhin (Haut) Ballon de Guebwiller	1 390	4 036		Cavaillon	80		2 023	
	Belle-Ile-en-Mer	42	1 935	Colmar-Meyenheim	209	2 778		Gordes	350		2 229	
	Port-Louis	19	2 068	Colmar-Ville	190	2 575		Mont-Vertoux	1 912		4 277	
57	Moselle Château-Salines	220	2 818	Lac Noir	960	3 617		Orange	53		1 964	
	Gondrexange	270	2 927	Mulhouse-Bâle	267	2 948	85	Vendée Ile d'Yeu	32		1 877	
	Kerling-les-Sierck	260	2 940	69 Rhône Lyon Bron	196	2 499		La Motte-Achard	47		2 214	
	Metz-Ecluse	170	2 797	Saint-Genis-Laval	286	2 450		Les Sables-d'Olonne	9		2 143	
	Metz-Météo	189	2 838	Larare-Les-Sauvages	720	3 012	86	Vienne Poitiers	118		2 363	
	Phalsbourg	377	2 981	70 Saône (Haute) Lac d'Alfred	620	3 101		87	Vienne (Haute) Limoges	282		2 520
	Sarreguemines	200	2 844	Luxeuil-les-Bains	272	2 944		88	Vosges Epinal	385		2 875
	Thionville	157	2 773	71 Saône-et-Loire Chalon-sur-Saône	179	2 638		89	Yonne Auxerre	207		2 532
58	Nièvre Château-Chinon	598	2 858	La Guiche	450	2 638		90	Territoire de Belfort Belfort	422		2 939
	Nevers	176	2 536	Mâcon	216	2 600		91	Essonnes Brétigny-sur-Orge	78		2 498
59	Nord Cambrai-Epinoy	75	2 720	Mont-Saint-Vincent	602	2 935			145		2 632	
	Dunkerque	7	2 555	Saint-Yan	244	2 638			160		2 688	
	Lille-Lesquin	55	2 693	72	Sarthe Le Mans	52	2 428					
	Lille-Université	32	2 495	73	Savoie Bourg Saint-Maurice	865	3 096					
	Valenciennes	52	2 694	Challes-les-Eaux	291	2 797						
60	Oise Beauvais	101	2 680	Lanslebourg-Mont Cenis	1 925	4 556					2 500	
	Compiègne	41	2 577	Pralognan-La-Vanoise	1 420	3 813						
	Creil	88	2 636	Tignes-le Villaret	1 750	3 996						
61	Orne Alençon	73	2 537	Valloire	1 296	3 452						
62	Pas-de-Calais Boulogne-sur-Mer	73	2 537	74	Savoie (Haute) Abondance	1 000	3 577					
	Calais	2	2 588	Annecy	448	2 756						
	Cap Griz-Nez	45	2 545	Annemasse	445	3 006						
	Le Touquet	5	2 518	Les Contamines-Montjoie	1 200	3 644						
	Saint-Inglevert-Marquise	122	2 644	Les Gets	1 200	3 807						
63	Puy-de-Dôme Auzat-sur-Allier	415	2 661	Thonon-les-Bains	375	2 781						
	La Combelle			Usinens	417	2 671						
	Besse-en-Chandesse	1 050	3 749	Vallorcine	1 260	3 869						
	Châteauneuf-les-Bains	390	2 678	75	Seine Paris-Montsouris	78	2 406					
	Clermont-Ferrand Aulnat	329	2 509	Paris-Tour-St-Jacques	38	2 220						
	Clermont-Ferrand			85	Seine-Maritime Cap de la Hève	100	2 380					
	Observatoire	403	2 500	Dieppe	33	2 505						
	Eglisheneuve d'Entraigues	985	3 385	Fécamp	104	2 451						
	Fournois d'Auvergne	1 050	3 513	Rouen	68	2 569						
				77	Seine-et-Marne Coulommiers Voisins	141	2 626					
				Melun-Villaroche	91	2 547						
				Sainte-Assise	56	2 520						
				78	Yvelines Trappes	167	2 632					
				Villacoublay	171	2 659						

## 8.6. CARACTÉRISTIQUES DES MATÉRIAUX ISOLANTS THERMIQUES

Sont considérés comme matériaux isolants thermiques les matériaux dont la conductivité thermique  $\lambda$  est inférieure à 0,12 W/m °C.

APTITUDES →	FORME ↓	MASSE VOLUMIQUE DU MATÉRIAU CONSTITUTIF		CONDUCTIVITÉ THERMIQUE ( $\lambda$ ) DU MATÉRIAU CONSTITUTIF		COEFFICIENT DE TRANSMISSION THERMIQUE ( $k$ )		RÉACTION AU FEU ( $M$ )	AFFAIBLISSEMENT ACOUSTIQUE ( $R$ ) (en db)	UTILISATIONS-OBSERVATIONS	
		↓ kg/m <sup>3</sup>	↓ W/m °C	↓ W/m <sup>2</sup> °C	↓ m <sup>2</sup> °C	↓	↓				
TYPE ↓											
ACIER	Diverses	7780	52	Dépendent de l'épaisseur	M <sub>0</sub>	R à calculer par « loi masse » et « loi fréquence » R = 40 dB à 500 Hz pour masse surfacique ( $\rho_s$ ) = 100 kg/m <sup>2</sup>	M <sub>0</sub>	Eléments planchers. Poutrelles. Bacs acier.			
ALUMINIUM	Diverses	2700	230					Menuiseries.			
PIERRES	Diverses	~ 2500	~ 3					Murs porteurs. Parements.			
BÉTON	-	~ 2200	~ 1,5					Murs porteurs. Planchers			
BÉTON CELLULAIRE	-	400	0,16					Murs porteurs. Bonne isolation thermique.			
AMIANTE-CIMENT	-	~ 1500	~ 0,8								
PLÂTRE	-	~ 1000	~ 0,4					Enduits.			
BOIS	-	~ 500	~ 0,2					Menuiseries.			
VERRE	-	2700	1,15					Baies vitrées.			
VERRE CELLULAIRE	-	~ 150	~ 0,050								
FIBRES MINÉRALES FEUTRES BÂTIMENT ISOVER		20 à 300	0,041					de 1,5 à 6,5 pour épaisseur de 60 à 260 mm	M1	R (bruit routier) 1 dB (A) par cm d'épais.	Isolation des combles. Économique. Pose facile. Une face papier kraft.
LAIN DE VERRE COLLÉE SUR PLÂTRE «CALIBEL» ISOVER		120 à 180	0,050 à 0,063					de 0,9 à 2,45 pour épaisseur de 40 à 90 mm	M1	R (bruit rose) 57 dB (A) avec CALIBEL 10 + 50 sur béton de 100 mm	Isolation thermo-acoustique des murs. Collage sur murs. Gain utile de place
POLYSTYRÈNE EXPANSÉ ISOVER		9 à 35	0,036 à 0,044					de 0,27 à 2,21 pour épaisseur de 15 à 100 mm	-	« Loi fréquence » identiques	Isolation thermique. Coffrage perdu de dalles.
POLYSTYRÈNE EXTRUDÉ ISOVER		28 à 40	0,029 à 0,035	-	M1	« Loi masse » et « loi fréquence » identiques					

APTITUDES →  TYPE ↓	FORME ↓ 	MASSE VOLUMIQUE DU MATÉRIAU CONSTITUTIF					CONDUCTIVITÉ THERMIQUE ( $\lambda$ ) DU MATÉRIAU CONSTITUTIF			COEFFICIENT DE TRANSMISSION THERMIQUE ( $k$ )		RÉSISTANCE THERMIQUE UTILE ( $R$ )		RÉACTION AU FEU ( $M$ )	AFFAIBLISSEMENT ACOUSTIQUE ( $R$ ) (en db)	UTILISATIONS-OBSERVATIONS	
		kg/m <sup>3</sup>	W/m °C	W/m <sup>2</sup> °C	m <sup>2</sup> °C/W	R	R	R	R	R							
											R		R				
											R		R				
<b>BRIQUE ALVÉOLÉE « ISO »</b>  STURM		750	0,136 à 0,300	ISO 30 = 0,65 ISO 40 = 0,55 ISO 42 = 0,42	—	—	—	—	—	—	—	M <sub>0</sub>	≈ 48 (dB) à f = 500 Hz	Murs porteurs monolithes. Doublage isolant non nécessaire. Propriétés isolantes stables dans le temps.			
<b>POLYSTYRÈNE EXPANSÉ MOULÉ</b>  PLANCHER FRICKER		16	0,042	—	de 1,47 à 3,54 suivant type et dimensions	—	—	—	—	—	—	M <sub>1</sub>	—	Éléments préfabriqués de planchers à isolation thermique intégrée.			
<b>FIBRASTYRÈNE COUPE-FEU</b>  FIBRALITH		193	—	—	de 0,94 à 2,06 pour épaisseur de 50 à 100 mm	—	—	—	—	—	—	M <sub>1</sub>	—	Isolation thermique des parois (murs et plafond). Fonds de coffrage de dalles béton de planchers d'habitation.			
<b>POLYSTYRÈNE COLLÉ SUR UNE PLAQUE DE PLÂTRE</b>  ISOVER		10 à 40	0,036 à 0,044	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
<b>LAINE DE ROCHE PANNEAU RIGIDE « PANOTOIT SOUDABLE »</b>  ISOVER		150	0,041	—	de 0,80 à 3,15 pour épaisseur de 30 à 120 mm	—	—	—	—	—	—	M <sub>1</sub>	—	Soudable, particulièrement bien adapté aux revêtements d'étanchéité. Facilité de pose.			
<b>VERMICULITE EXFOLIÉE</b>  ELF		70 à 80	0,06 à 0,11	—	—	—	—	—	—	—	—	M <sub>1</sub>	—	—			
<b>ENTREVOUS POLYSTYRÈNE EXPANSÉ</b>  FIBRALITH		9 à 25	0,036 à 0,044	—	—	—	—	—	—	—	—	M <sub>1</sub>	—	Se pose entre poutrelles pour la réalisation des planchers.			

M<sub>0</sub> : incombustible.

M<sub>1</sub> : non inflammable.

M<sub>2</sub> : difficilement inflammable.

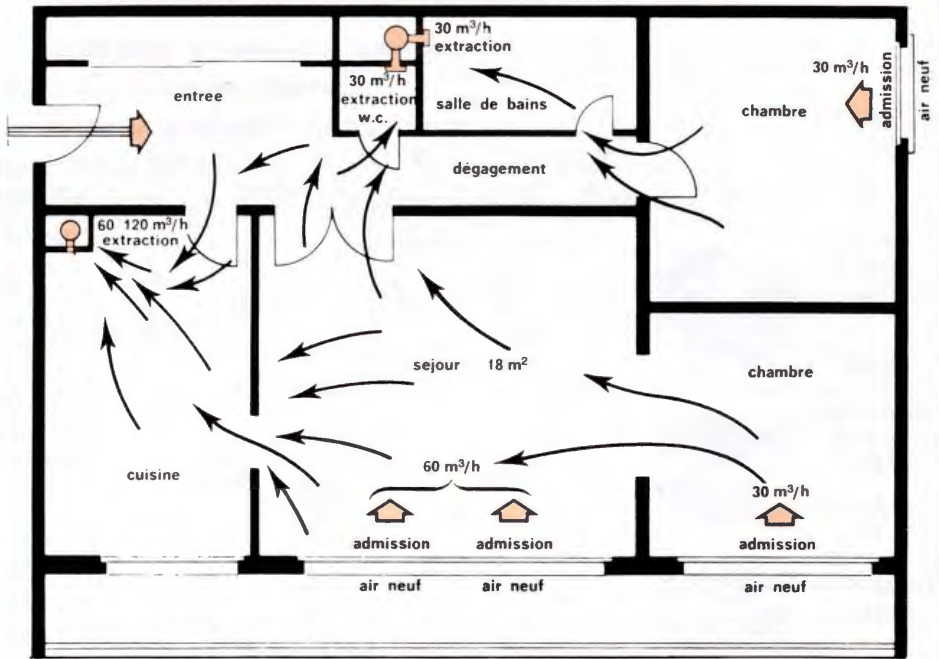
M<sub>3</sub> : moyennement inflammable.

M<sub>4</sub> : facilement inflammable.

M<sub>5</sub> : très facilement inflammable.

# 8.7. AÉRATION GÉNÉRALE (réglementation)

(D'APRÈS E.D.F.)



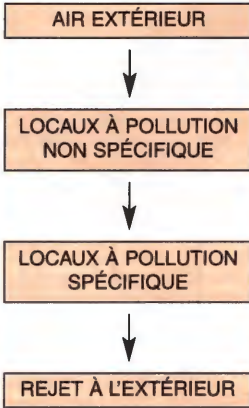
## 8.7.1. AÉRATION CONTRÔLÉE

		ENTRÉE D'AIR NEUF	ÉVACUATION D'AIR VICIÉ
aération contrôlée	aération contrôlée par tirage thermique	Naturelle par bouche autoréglable	Naturelle
		Naturelle par bouche autoréglable	Mécanique
	logement en légère dépression		
	Mécanique	Naturelle	
	logement en légère surpression		
	Mécanique	Mécanique	
		Neutre	

**Note :** On considère comme conduits à faible rugosité ceux en métal, carton ou amiante-ciment, à condition que les joints entre éléments ne créent aucune saillie. Pour les conduits à forte rugosité, les sections sont supérieures. Dans le cas de boisseaux en béton ordinaire, on pourra adopter une majoration de 100 cm<sup>2</sup>.

SECTIONS MINIMALES À FAIBLE RUGOSITÉ				
Débit	30 m <sup>3</sup> /h et hauteur inférieure à 5 m	30 m <sup>3</sup> /h et hauteur supérieure à 5 m et 60 m <sup>3</sup> /h	90 m <sup>3</sup> /h	120 m <sup>3</sup> /h
Section circulaire	80 cm <sup>2</sup> (Ø 10 cm)	120 cm <sup>2</sup> (Ø 12,5 cm)	160 m <sup>2</sup> (Ø14,5 cm)	200 cm <sup>2</sup> (Ø 16 cm)
Section carrée	100 cm <sup>2</sup> (10 x 10 cm)	160 cm <sup>2</sup> (12,5 x 12,5 cm)	210 cm <sup>2</sup> (14,5 x 14,5 cm)	260 cm <sup>2</sup> (16 x 16 cm)
Section rectangulaire de largeur minimale			230 cm <sup>2</sup> (12,5 x 18,5 cm)	290 cm <sup>2</sup> (12,5 x 23 cm)

**Note** : Les renouvellements d'air indiqués ci-contre ne sont pas obligatoirement assurés par de l'air en provenance de l'extérieur.  
SENS DE CHEMINEMENT DE L'AIR DANS LES LOCAUX



$$\text{VALEUR RÉGLE-MENTAIRE} \leq \text{VOLUME D'AIR EXTRAIT} < \text{VALEUR RÉGLE-MENTAIRE} + 30\%$$

### 8.7.2. RENOUELEMENT D'AIR EN FONCTION DES ACTIVITÉS

DÉSIGNATION DES LOCAUX	EN l/s		EN m³/h	
	SANS FUMEURS	AVEC FUMEURS	SANS FUMEURS	AVEC FUMEURS
<b>Enseignement :</b> Classe, salle de cours, laboratoire : maternelle, primaire et secondaire du 1 <sup>er</sup> cycle Secondaire du 2 <sup>e</sup> cycle et universitaire Atelier	par personne		par personne	
	1	7	15	25
	5	7	18	25
<b>Hébergement</b> (chambre, dortoir, cellule, salle de repos)	5	7	18	25
<b>Bureau et accueil</b> (bureau, bibliothèque, bureau de poste, banque)	5	7	18	25
<b>Réunion</b> (salle de réunion, de spectacle, de culte, club, foyer)	5	8	18	29
<b>Vente</b> (boutique, supermarché)	6	8	22	29
<b>Restauration</b> (café, bar, restaurant, cantine, salle à manger)	6	8	27	29
<b>Sport.</b> Par sportif :				
Dans une piscine	6		22	
Dans les locaux sportifs	7		25	
Par spectateur	5	8	18	29
<b>Travail sédentaire</b> <b>Travail non sédentaire :</b> Activité légère (travail manuel à poste fixe) Activité moyenne (travail avec léger déplacement)	7	7	25	25
	10	10	36	36
	14	14	50	50
<b>Toilette :</b> Salle de bains ou de douche individuelle (d'hôtel par exemple) Cabinet d'aisance isolé	10 l/s par local 8 l/s par local		36 m³/h par local 29 m³/h par local	
Salle de bains ou de douche individuelle avec cabinet d'aisance Bains, douches et cabinets d'aisance groupés	15 l/s par local 5 l/s par occupant potentiel		54 m³/h par local 18 m³/h par occupant potentiel	
<b>Cuisine collective</b>	30 l/s par m² de surface de la zone de cuisson		108 m³/h par m² de surface de la zone de cuisson	
<b>Dépôts</b> (archives, circulation, hall d'entrée)	0,1 l/s par m²		3,6 m³ par m²	

8.7.3. DÉBITS D'EXTRACTION	Type de logement (nombre de pièces principales)	Débit minimal total en m³/h	Débit minimal en cuisine en m³/h	Débit normal en cuisine en m³/h	Débit normal en pièces de service pouvant être réduit en période d'occupation			
					Salles de bains ou douches en m³/h	Autre salle d'eau en m³/h	Cabinet d'aisances	
							unique en m³/h	multiple en m³/h par local
	1	35	20	75	15	15	15	15
	2	60	30	90	15	15	15	15
	3	75	45	105	30	15	15	15
	4	90	45	120	30	15	30	15
	5	105	45	135	30	15	30	15
	6	120	45	135	30	15	30	15
	7	135	45	135	30	15	30	15

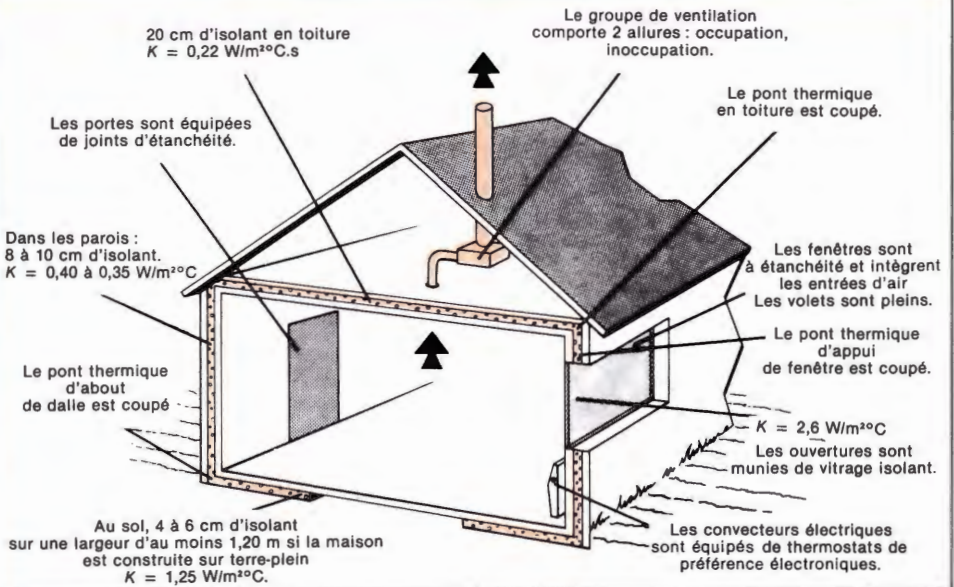
Ces débits doivent atteindre ces valeurs dans les conditions climatiques moyennes d'hiver.

8.7.4. AÉRATION	Les débits d'extraction peuvent être réduits par des dispositifs de réglage, sous réserve que le débit total extrait du logement et le débit réduit de la cuisine soient au moins égaux aux valeurs ci-contre.	Nombre de pièces principales du logement	1	2	3	4	5	6	7
		Débit total minimal (en m³/h)	35	60	75	90	105	120	135
		Débit minimal de la cuisine (en m³/h)	20	30	45	45	45	45	45

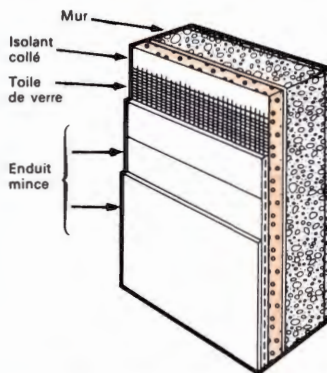
8.7.5. INFILTRATIONS PAR LES OUVRANTS	La Norme NF P 20-302 établit une classification des fenêtres selon leurs performances aux essais de perméabilité à l'air, d'étanchéité à l'eau et de résistance au vent. Le vitrage isolant est recommandé dans les sites exposés à plus de 1700 °C jours-unités.	CLASSE DE LA FENÊTRE	APPELLATION	DÉBITS	
				MINI	MAXI
			A <sub>1</sub> (m = 2,0)	normale	2,2
	A <sub>2</sub> (m = 0,8)	améliorée	0,88	4	
	A <sub>3</sub> (m = 0,3)	renforcée	0,33	1,5	

## 8.8. EXEMPLE D'UNE MAISON EN ZONE FROIDE

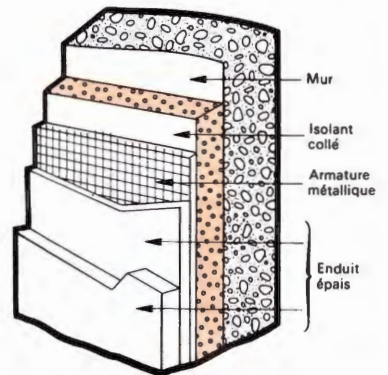
Pour réaliser un C.E.I.H. il est indispensable d'associer PRODUCTION DE CHALEUR PLUS ISOLATION PLUS AÉRATION



### ISOLATION EXTÉRIEURE SOUS ENDUIT MINCE

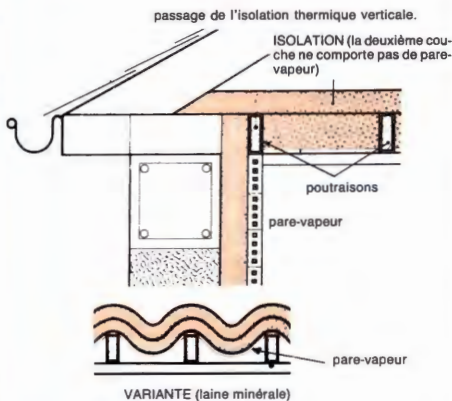


### ISOLATION EXTÉRIEURE SOUS ENDUIT ÉPAIS

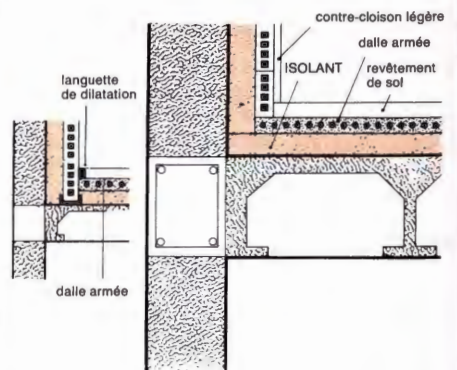


### EXEMPLES D'ISOLATION

### LA TOITURE



### VIDE SANITAIRE OU SOUS-SOL



# 8.9. SCHÉMAS ET REPÉRAGE DES CIRCUITS PERMETTANT D'EFFECTUER LES RACCORDEMENTS (D'après SCHNEIDER ELECTRIC)

Le nombre des CIRCUITS DE CHAUFFAGE est défini en fonction de l'implantation des appareils de chauffage, le type de logement, en respectant les normes C15-100.

### nombre minimal de circuits de chauffage selon le type de logement (recommandations Promotélec)

type de logement	studio	T1-T2-T3	T4	T5-T6 et plus
nombre mini de circuits	1	2	2 ou 3	3

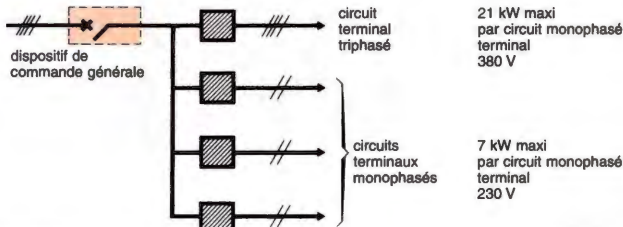
### protection des circuits de chauffage

section	1,5 mm <sup>2</sup> (1)		2,5 mm <sup>2</sup>		4 mm <sup>2</sup>		6 mm <sup>2</sup>	
dispositif de protection calibre (A)	fus.	disj.	fus.	disj.	fus.	disj.	fus.	disj.
	10	10	16	20	20	25	25	32
puissance maximale délivrée (kW)	mono 230 V	2,25	2,25	3,5	4,5	4,5	5,72 (2)	7,25 (2)
	tri 230 V	3,9	3,9	6,06	7,8	7,8	9,91 (2)	12,56 (2)
déjà 400 V	6,75	6,75	10,5	13,5	13,5	17,16 (2)	21,75 (2)	21,75 (2)

- (1) Une canalisation de 1,5 mm<sup>2</sup> ne doit alimenter qu'un seul appareil de chauffage.  
 (2) Ces puissances correspondent au maximum autorisé pour 1 circuit.

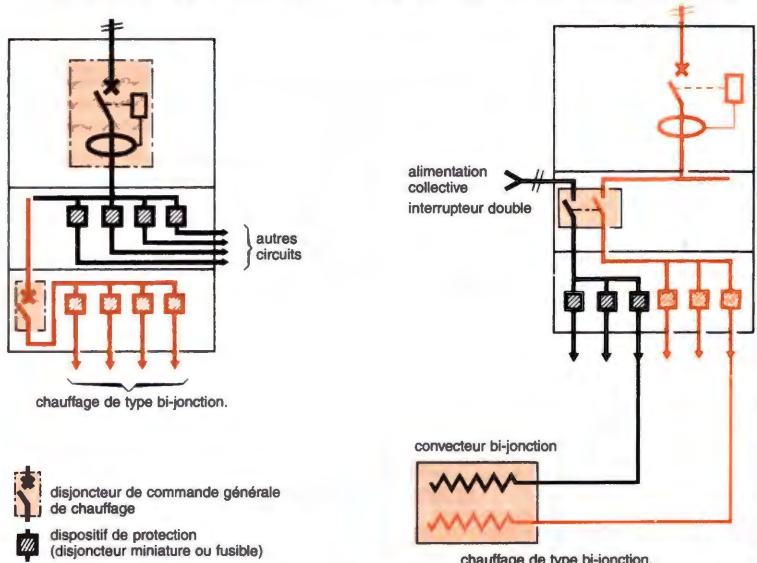
### COMMANDE DES CIRCUITS DE CHAUFFAGE

- Doit être réalisée par un dispositif coupant simultanément tous les conducteurs actifs (phases et neutre).
- Interrupteur ou disjoncteur général à toute l'installation de chauffage.



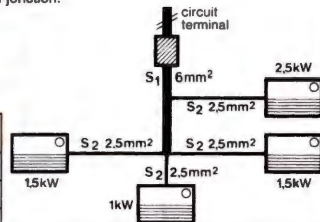
## 8.9.1. INSTALLATIONS DE CHAUFFAGE INDIVIDUEL

### PROTECTIONS DU OU DES CIRCUITS DE CHAUFFAGE CONTRE LES SURINTENSITÉS

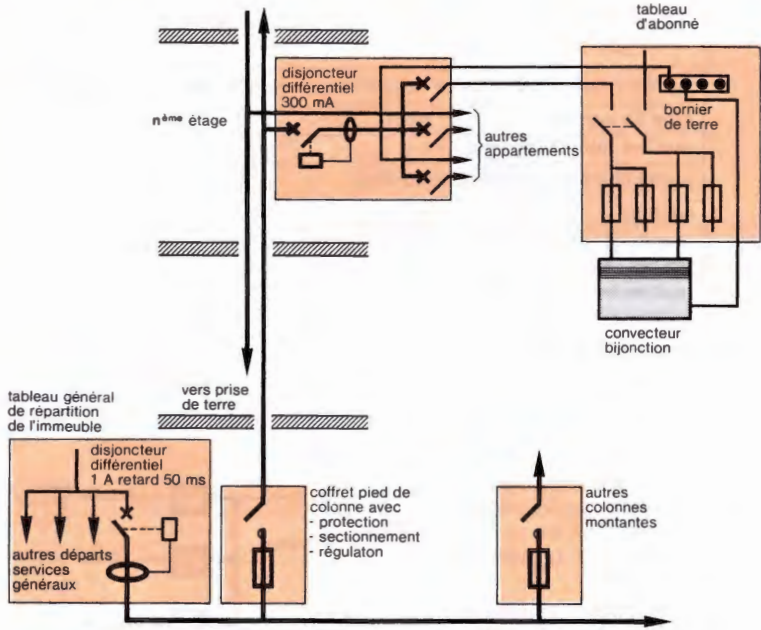


### section des dérivations pour un circuit de chauffage

section (S <sub>1</sub> ) de ligne protégée	section (S <sub>2</sub> ) mini des dérivations
2,5 mm <sup>2</sup> Cu	1,5 ou 2,5 mm <sup>2</sup> Cu
4 mm <sup>2</sup> Cu	1,5 - 2,5 mm <sup>2</sup> ou 4 mm <sup>2</sup> Cu
5 mm <sup>2</sup> Cu	2,5 - 4 ou 6 mm <sup>2</sup> Cu

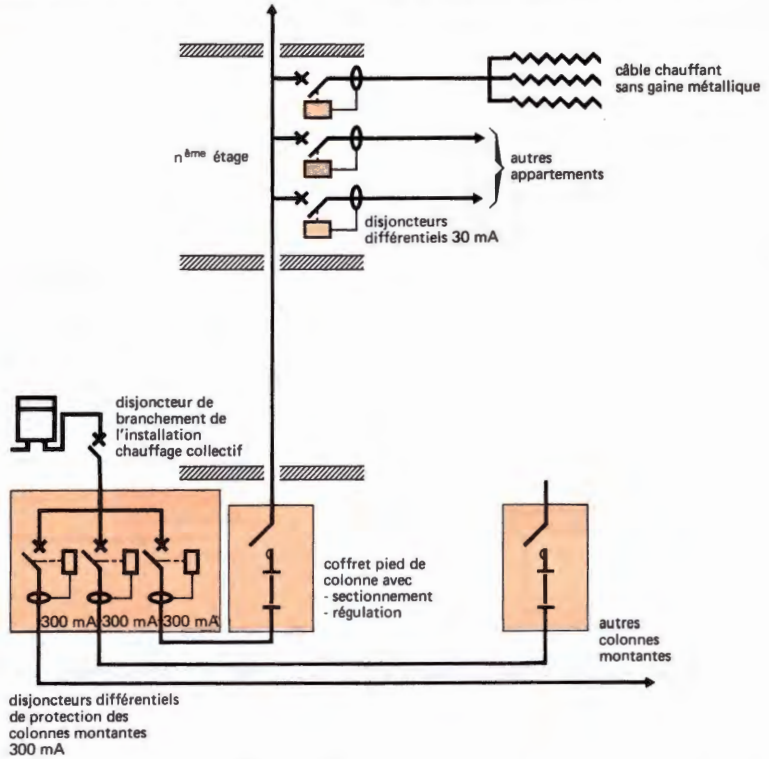


## CHAUFFAGE COLLECTIF BI-JONCTION



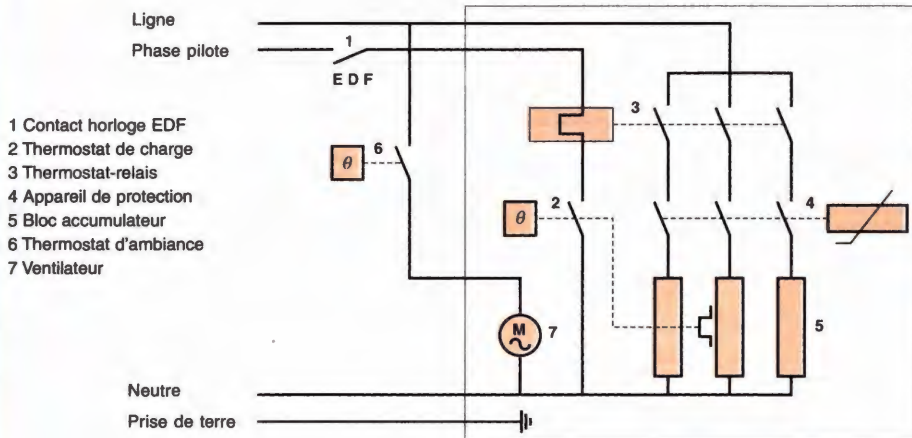
### 8.9.2. INSTALLATIONS DE CHAUFFAGE COLLECTIF

## CHAUFFAGE COLLECTIF PAR CÂBLES CHAUFFANTS SANS GAINÉ MÉTALLIQUE

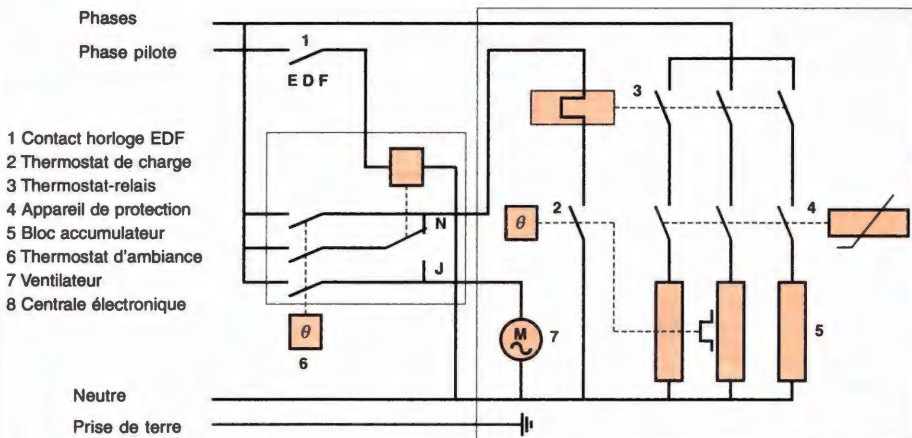


**8.9.3.**  
**APPAREILS DE**  
**CHAUFFAGE**  
**DES LOCAUX**

**SCHÉMA ÉLECTRIQUE DE L'ACCUMULATION (8 heures)**

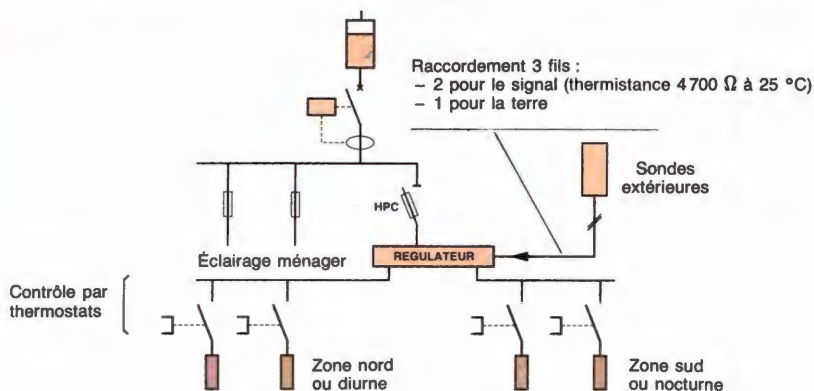


**SCHÉMA ÉLECTRIQUE DU SYSTÈME (24 HEURES) LICENCE EDF**



**8.9.4.**  
**RÉGULATION**

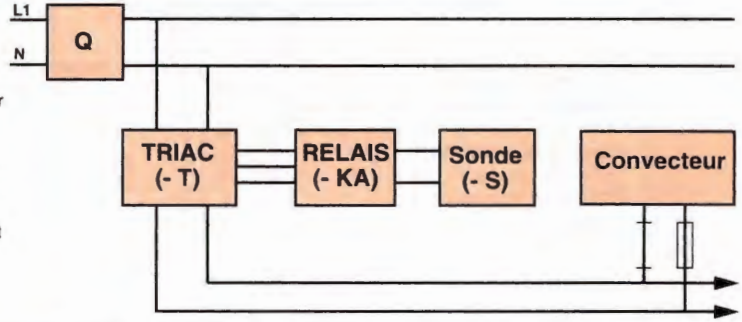
**SCHÉMA DE PRINCIPE D'UNE INSTALLATION DE CHAUFFAGE RÉGLÉE**



# 8.10. LA RÉGULATION EN CHAUFFAGE ÉLECTRIQUE INTÉGRÉ HAUTE ISOLATION (C.E.I.H.)

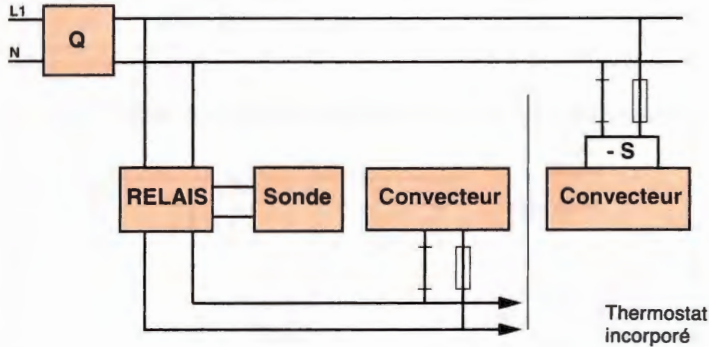
INSTALLATION D'UN THERMOSTAT ÉLECTRONIQUE

Q : disjoncteur d'abonné  
T : étage de puissance  
KA : réglage et affichage  
S : thermostat



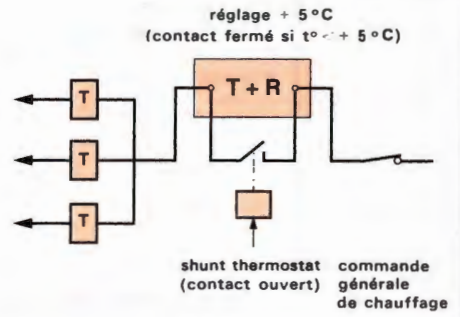
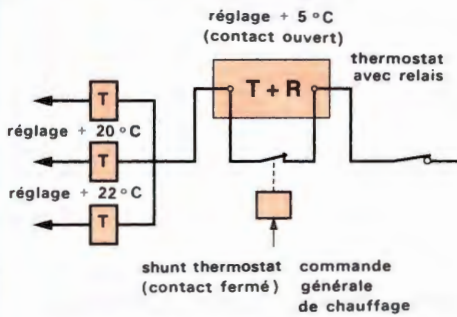
INSTALLATION DE THERMOSTATS ÉLECTRO-MÉCANIQUES COMMANDANT PLUSIEURS APPAREILS

THERMOSTAT INCORPORÉ



Thermostat incorporé

CAS D'UNE RÉSIDENCE SECONDAIRE MAINTIEN « HORS GEL » DES LOCAUX

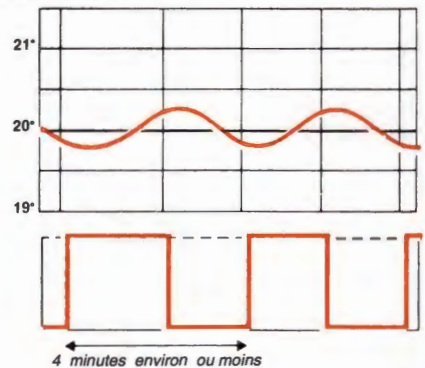
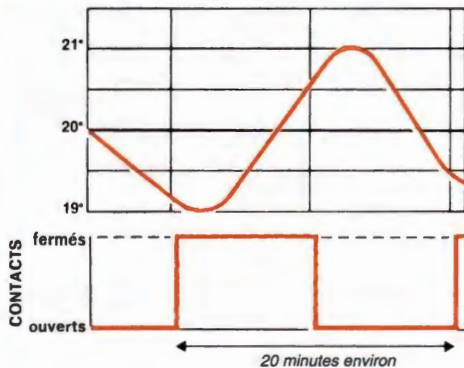


COURBES DE VARIATION DE TEMPÉRATURE

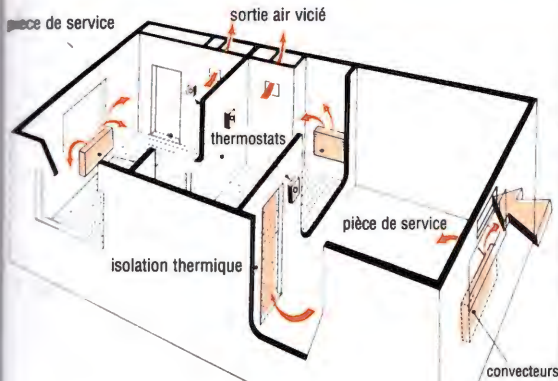
THERMOSTAT ÉLECTROMÉCANIQUE

variation de la température

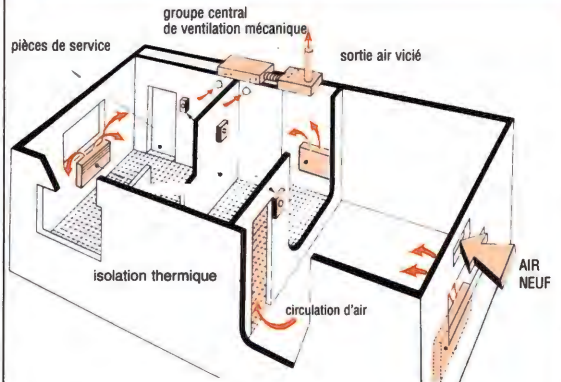
THERMOSTAT ÉLECTRONIQUE



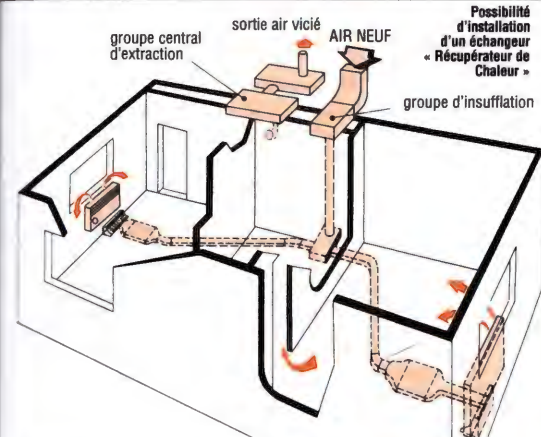
## 8.11. ÉLÉMENTS CHAUFFANTS UTILISÉS EN C.E.I.H. (PROCÉDÉS DE CHAUFFAGE)



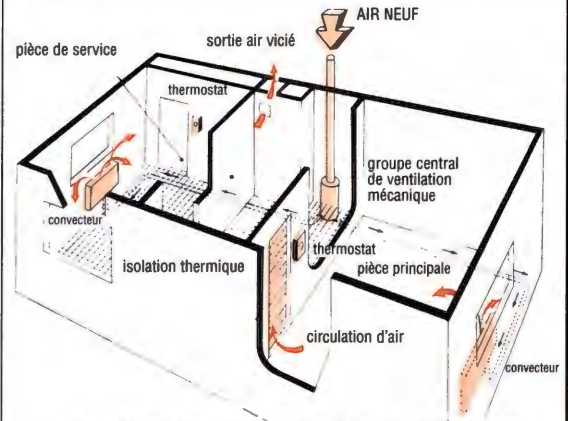
**CHAUFFAGE DIRECT + ISOLATION THERMIQUE + AÉRATION NATURELLE**



**CHAUFFAGE DIRECT + ISOLATION THERMIQUE + AÉRATION CONTRÔLÉE (VMC) INDÉPENDANTE DES APPAREILS DE CHAUFFAGE**  
Procédé « simple flux » par dépression

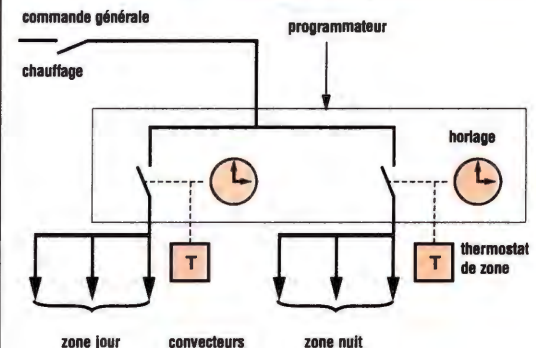
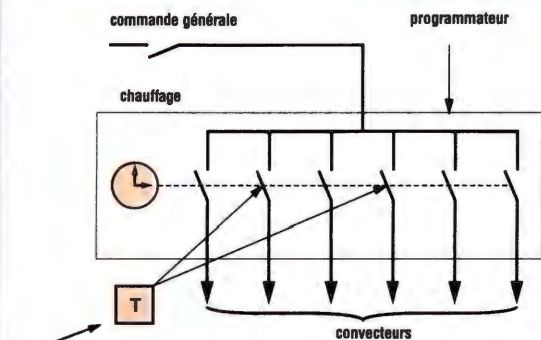


**CHAUFFAGE DIRECT + ISOLATION THERMIQUE + AÉRATION CONTRÔLÉE (VMC)**  
Procédé « double flux » avec échangeurs



**CHAUFFAGE DIRECT + ISOLATION THERMIQUE + AÉRATION CONTRÔLÉE (VMC) DIRECTEMENT ASSOCIÉE AUX APPAREILS DE CHAUFFAGE**  
Procédé ELVACO

### PROCÉDÉS DE PROGRAMMATION



## 8.12. LES POMPES A CHALEUR (P.A.C.)

**POMPES À CHALEUR AIR EXTÉRIEUR + AIR EXTRAIT/AIR (Fig. 6)**

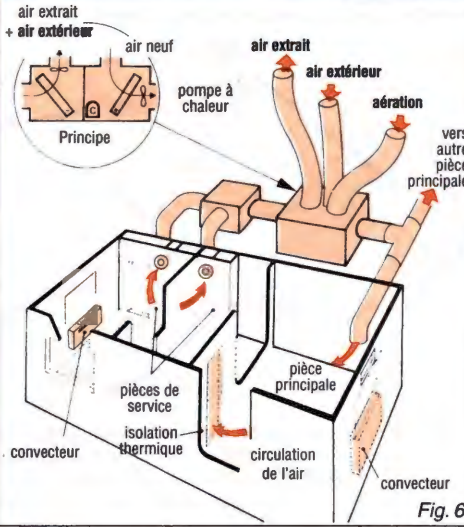


Fig. 6

**POMPES À CHALEUR AIR EXTÉRIEUR + AIR EXTRAIT/EAU (Fig. 7)**

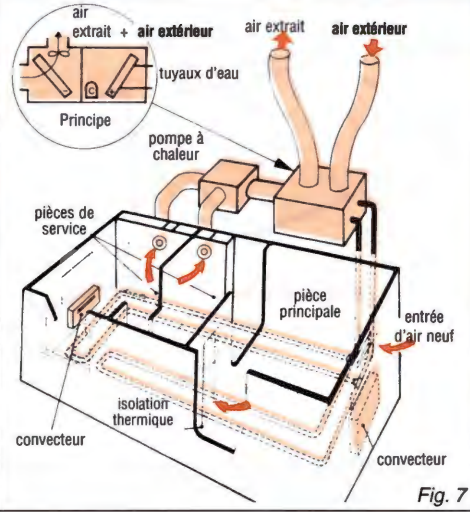


Fig. 7

**POMPES À CHALEUR AIR EXTÉRIEUR AIR (Fig. 8)**

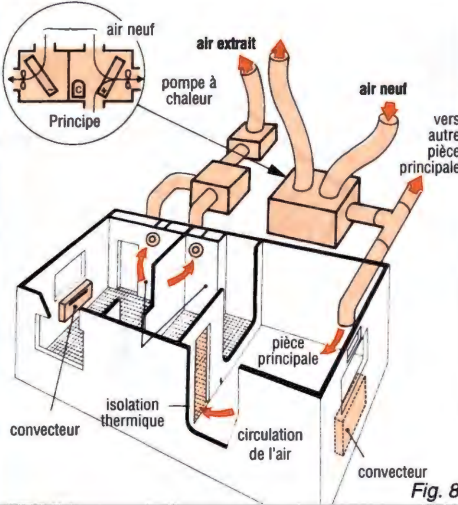


Fig. 8

**POMPES À CHALEUR AIR EXTÉRIEUR EAU (Fig. 9)**

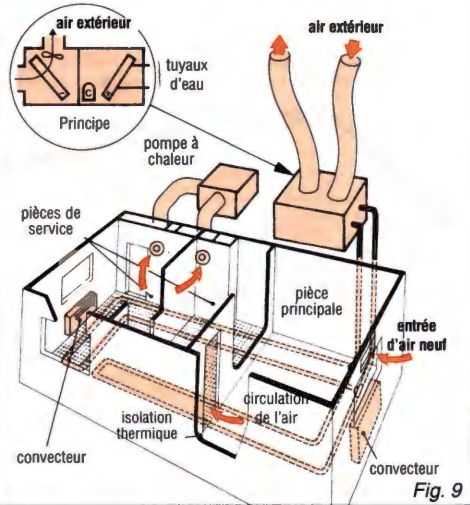


Fig. 9

**POMPES À CHALEUR EAU/EAU (Fig. 10)**

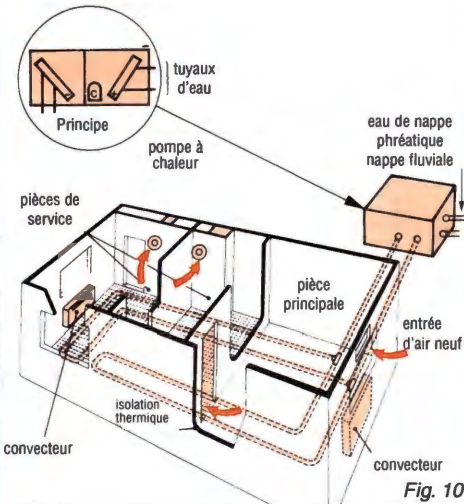


Fig. 10

PAC (Fig. 6) : 30 % d'économie, bonne performance avec une détection de givre efficace.

PAC (Fig. 7) : 30 % d'économie avec un système mixte plancher chauffant + convecteurs.

PAC (Fig. 8) : 40 % d'économie, mais risque de bruit à cause du ventilateur.

PAC (Fig. 9) : 50 % d'économie, mais risque de bruit à cause du ventilateur.

PAC (Fig. 10) : 60 % d'économie, débit d'eau nécessaire 1,5 à 2 m<sup>3</sup>/h pour 10 kW thermiques. Une variante de ce système est la pompe à chaleur « Sol-Eau », l'échangeur étant constitué de tuyaux souples remplis d'eau glycolée (50 % d'économie).

## 8.13. EXEMPLE D'ÉTUDE THERMIQUE (PAVILLON)

### SOIT À ÉQUIPER UN PAVILLON DE TYPE F4 QUI COMPREND :

- un niveau avec garage
- des menuiseries extérieures en bois de classe A<sub>3</sub> équipées de volets pleins
- une aération assurée par ventilation mécanique contrôlée à deux vitesses
- zone climatique H1
- température minimale de base : - 7 °C
- exposée au vent Ex<sub>1</sub>

### DIMENSIONS :

- surface habitable : 68 m<sup>2</sup> plus 21,56 m<sup>2</sup> de garage
- hauteur des pièces sous plafond : 2,5 m
- surface des murs extérieurs : \_\_\_\_\_ 55 m<sup>2</sup>
- surface du mur intérieur du garage : \_\_\_\_\_ 20 m<sup>2</sup>
- TOTAL : \_\_\_\_\_ 75 m<sup>2</sup>
- surface de la porte extérieure d'entrée ép. = 0,05 : 2 m<sup>2</sup>
- surface des vitrages : \_\_\_\_\_ 10 m<sup>2</sup>
- longueur des liaisons : \_\_\_\_\_ 34 m

### ISOLATION THERMIQUE :

- murs : 10 cm de polystyrène expansé moulé de classe III
- toiture : 20 cm de laine de verre (fibre minérale)
- plancher : 10 cm de polystyrène expansé moulé de classe III
- vitrages doubles
- porte d'entrée : bois résineux lourd
- LES CALCULS DES COEFFICIENTS G et B IMPLIQUENT :
- le calcul K des parois
- le calcul k des liaisons (ponts thermiques)
- le calcul des déperditions par les parois
- le calcul des déperditions par les liaisons
- le calcul des déperditions par renouvellement d'air.

### CALCULS DES COEFFICIENTS K DES PAROIS

- Résistances superficielles : \_\_\_\_\_ 0,170
- Résistance de l'enduit ciment (§ 8.6.) :  

$$\frac{e}{\lambda} = \frac{0,02}{1,5} = \text{_____} 0,013$$
- Résistance de l'isolant polystyrène (§ 8.6.)  

$$\frac{e}{\lambda} = \frac{0,10}{0,044} = \text{_____} 2,270$$
- Résistance de la brique creuse (§ 8.6.)  

$$\frac{e}{\lambda} = \frac{0,20}{0,29} = \text{_____} 0,69$$
- Résistance de l'enduit plâtre à parement de carton intérieur (§ 8.6.)  

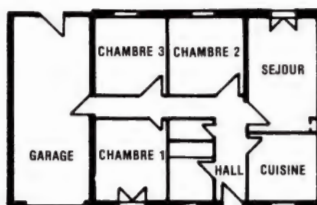
$$\frac{e}{\lambda} = \frac{0,01}{0,40} = \text{_____} 0,025$$

### RÉSISTANCE THERMIQUE TOTALE

DE LA PAROI (m<sup>3</sup> °C/W) = \_\_\_\_\_ **3,168**

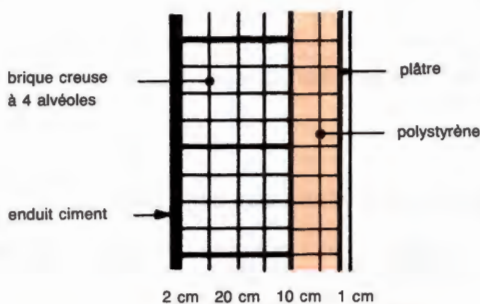


Vitrages Nord = 5,5 m<sup>2</sup>



Vitrages Sud = 4,5 m<sup>2</sup>

**SURFACE HABITABLE 68 m<sup>2</sup> + 21,56 m<sup>2</sup> GARAGE**



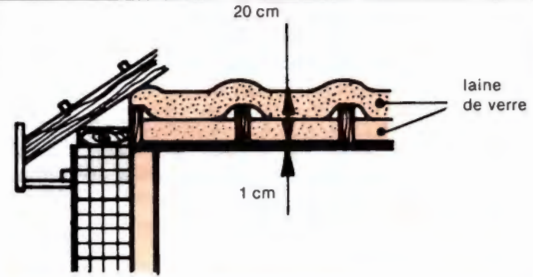
$$\text{Soit } K = \frac{1}{3,168} = 0,31 \text{ W/m}^2 \text{ °C}$$

**Note :** Les données nécessaires aux calculs sont données dans le DTU (Documents Techniques Unifiés).

### CALCULS DES COEFFICIENTS K DU PLAFOND

- Résistances superficielles : \_\_\_\_\_ 0,14
- Résistance de la laine de verre (§ 8.6.)  
 $\frac{e}{\lambda} = \frac{0,02}{0,041} =$  \_\_\_\_\_ 4,88
- Résistance du plâtre (§ 8.6.)  
 $\frac{e}{\lambda} = \frac{0,010}{0,35} =$  \_\_\_\_\_ 0,030

RÉSISTANCE THERMIQUE TOTALE DE LA PAROI (m<sup>2</sup> °C/W) = \_\_\_\_\_ **5,050**

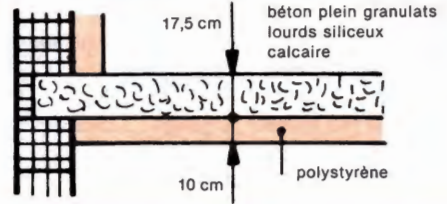


Soit  $K = \frac{1}{5,050} = 0,20 \text{ W/m}^2 \text{ °C}$

### CALCULS DES COEFFICIENTS K DU PLANCHER BAS

- Résistances superficielles \_\_\_\_\_ 0,34
- Résistance du béton  
 $\frac{e}{\lambda} = \frac{0,175}{1,2} =$  \_\_\_\_\_ 0,145
- Résistance du polystyrène  
 $\frac{e}{\lambda} = \frac{0,10}{0,039} =$  \_\_\_\_\_ 2,560

RÉSISTANCE THERMIQUE TOTALE DE LA PAROI (m<sup>2</sup> °C/W) = \_\_\_\_\_ **3,045**



Soit  $K = \frac{1}{3,045} = 0,38 \text{ W/m}^2 \text{ °C}$

### CALCULS DES COEFFICIENTS k DES LIAISONS

Plancher bas et murs extérieurs (brique en bout de dalle)  
 On donne :  $k = 0,17$   
 $L = 34 \text{ m}$  (Longueur de liaison)

On donne :  $d_1 = 2 \text{ k L}$   
 Soit  $d_1 = 2 \times 0,17 \times 34 = 11,56 \text{ W/°C}$

### DÉPERDITIONS DANS LES PAROIS $d = k \tau S$

TYPES DE PAROIS	K (ou k) W/m <sup>2</sup> °C	$\tau$	S m <sup>2</sup>	K $\tau$ S W/°C
Murs extérieurs	0,31	1	55	17,05
Mur int. Garage	0,31	0,85	20	5,27
Vitrages	2,5	1	10	25
Toiture	0,20	1	72	14,4
Plancher bas	0,38	0,85	72	23,25
Porte d'entrée	3,75	1	2	7,50

parois en contact avec l'extérieur :  $d = ks$  ( $\tau = 1$ )  
 parois en contact avec un local non chauffé :  $d = K\tau s$   
 épaisseur de la lame d'air 8 mm, bois, bonne fermeture  $k = 2,5$   
 ventilation faible  
 porte en bois résineux lourd

TOTAL DES DÉPERDITIONS DANS LES PAROIS ( $d_p$ ) \_\_\_\_\_ **92,50**

$\lambda = 0,187$  (§ 8.6.)  $R = \frac{e}{\lambda} = \frac{0,050}{0,187} = 0,267$  (§ 8.6.)  
 $K = \frac{1}{0,267} = 3,75$

TOTAL DES DÉPERDITIONS DANS LES PAROIS ET LES LIAISONS ( $d_p + d_l$ ) \_\_\_\_\_ **92,50 + 11,56 = 104 W/°C**

### DÉPERDITIONS PAR RENOUVELLEMENT D'AIR DÉBIT SPÉCIFIQUE DE VENTILATION

Le DTU donne d'une façon générale

$$Q_v = \frac{(5 \times Q_{sm}) + Q_{SM}}{6}$$

$Q_{sm}$  : débit minimal (§ 8.7.3.)

$Q_{SM}$  : débit maximal (§ 8.7.3.)

$$Q_v = \frac{(5 \times 90) + 180}{6} = 105 \text{ m}^3/\text{h}$$

	$Q_{sm}$	$Q_{SM}$
CUISINE	120	
SALLE DE BAINS	30	45
WC	30	
TOTAL	180	90*

Volume du logement :  $68 \times 2,5 = 170 \text{ m}^3$   
 $Q_v = 105 > \frac{170}{2}$  c'est donc le nombre : **105 m<sup>3</sup>/h**  
 qui sera retenu

\* Débit minimal total recommandé en m<sup>3</sup>/h

**DÉBIT D'INFILTRATION D'AIR DANS LES VITRAGES**Le DTU donne :  $d = \Sigma (m A_m e')$ 

Soit un débit d'infiltration d'air

$$Q_f = 0,3 \times 10 \times 1,1 = \text{-----} \quad \boxed{3,3 \text{ m}^3/\text{h}}$$

 $m = 0,3$  : perméabilité par  $\text{m}^2$  des menuiseries extérieures de classe  $A_3$  $A_m = 10 \text{ m}^2$  : surface des courants ou vitrages $e' = 1,1$  : coefficient d'exposition au vent**DÉBIT D'INFILTRATION D'AIR DANS LA PORTE D'ENTRÉE**Le DTU donne :  $d = \Sigma (m A_m e')$ 

Soit un débit d'infiltration d'air

$$Q_p = 1,2 \times 2 \times 1,1 = \text{-----} \quad \boxed{2,64 \text{ m}^3/\text{h}}$$

 $m = 1,2$  : perméabilité par  $\text{m}^2$  des menuiseries extérieures $A_m = 2 \text{ m}^2$  : surface totale de la porte $e' = 1,1$  : coefficient d'exposition au vent**DÉBIT TOTAL D'INFILTRATION D'AIR**

$$Q_f + Q_p = 3,3 + 2,64 = \boxed{5,94 \text{ m}^3/\text{h}}$$

**DÉBIT GLOBAL DE VENTILATION**

$$Q_u + Q_f + Q_p = Q = 105 + 5,94 = \boxed{111 \text{ m}^3/\text{h}}$$

**TOTAL DES DÉPERDITIONS PAR RENOUVELLEMENT D'AIR ( $d = 0,34 Q$ )**

$$d = 0,34 \times 111 = \boxed{37,74 \text{ W}/^\circ\text{C}}$$

**DÉTERMINATION DU COEFFICIENT G**Déperditions totales :  $104 + 37,74 = \text{-----} \quad \boxed{141,74 \text{ W}/^\circ\text{C}}$ 

$$G = \frac{\text{DÉPERDITIONS TOTALES}}{\text{VOLUME HABITABLE}} = \frac{141,74}{170} = \boxed{0,83 \text{ W}/\text{m}^3 \cdot ^\circ\text{C}}$$

La valeur de  $G$  calculée (0,83) est donc conforme aux dispositions réglementaires.Volume habitable :  $170 \text{ m}^3$ La valeur de  $G$  est à comparer avec les valeurs limites admissibles fixées par l'arrêté du 24 mars 1982 logement indépendant, zone climatique  $H_1$ , chauffage électrique, volume  $< 190 \text{ m}^3$ 

$$= \quad \boxed{G = 0,95 \text{ W}/\text{m}^3 \cdot ^\circ\text{C}}$$

**PUISSANCE DE CHAUFFAGE À INSTALLER**

$$P = d \Delta t \cdot 1,2$$

$$\text{Soit } P = 141,74 \times 25 \times 1,2 = \text{-----} \quad \boxed{4252,20 \text{ W}}$$

ou  $P = G V_h \Delta t \cdot 1,2$ 

$$\text{Soit } P = 0,83 \times 170 \times 25 \times 1,2 = \text{-----} \quad \boxed{4233 \text{ W}}$$

 $d = 141,74 \text{ W}/^\circ\text{C}$  $\Delta t = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ Température minimale de base :  $-7 \text{ }^\circ\text{C}$ Température intérieure :  $+18 \text{ }^\circ\text{C}$ 

(§ 8.4.5.)

 $V_h$  : volume habitable =  $170 \text{ m}^3$ **DÉTERMINATION DU COEFFICIENT B**

Coefficient volumique de besoin en chauffage (calcul rapide)

Calcul de la surface sud équivalente  $S_s$  du logement :

$$S_s = \boxed{2,16 \text{ m}^2}$$

Calcul du rapport  $X$ 

$$X = \frac{\frac{S_s}{\text{VOLUME HABITABLE}}}{G - \frac{1,5}{t}} \cdot \frac{e}{t} = \frac{\frac{2,16}{170}}{0,83 - \frac{1,5}{11,5}} \times 7 = \boxed{0,127}$$

Coefficient  $F$  de couverture solaireL'abaque donne pour  $X = 0,127$  -  $F = 0,09$ (inertie moyenne compte tenu de la présence d'un plancher lourd)  $F$  donné par le DTU

$$B = \left( G - \frac{1,5}{t} \right) (1 - F)$$

$$= \left( 0,83 - \frac{1,5}{11,5} \right) (1 - 0,09) = \text{-----} \quad \boxed{0,644 \text{ W}/\text{m}^3 \cdot ^\circ\text{C}}$$

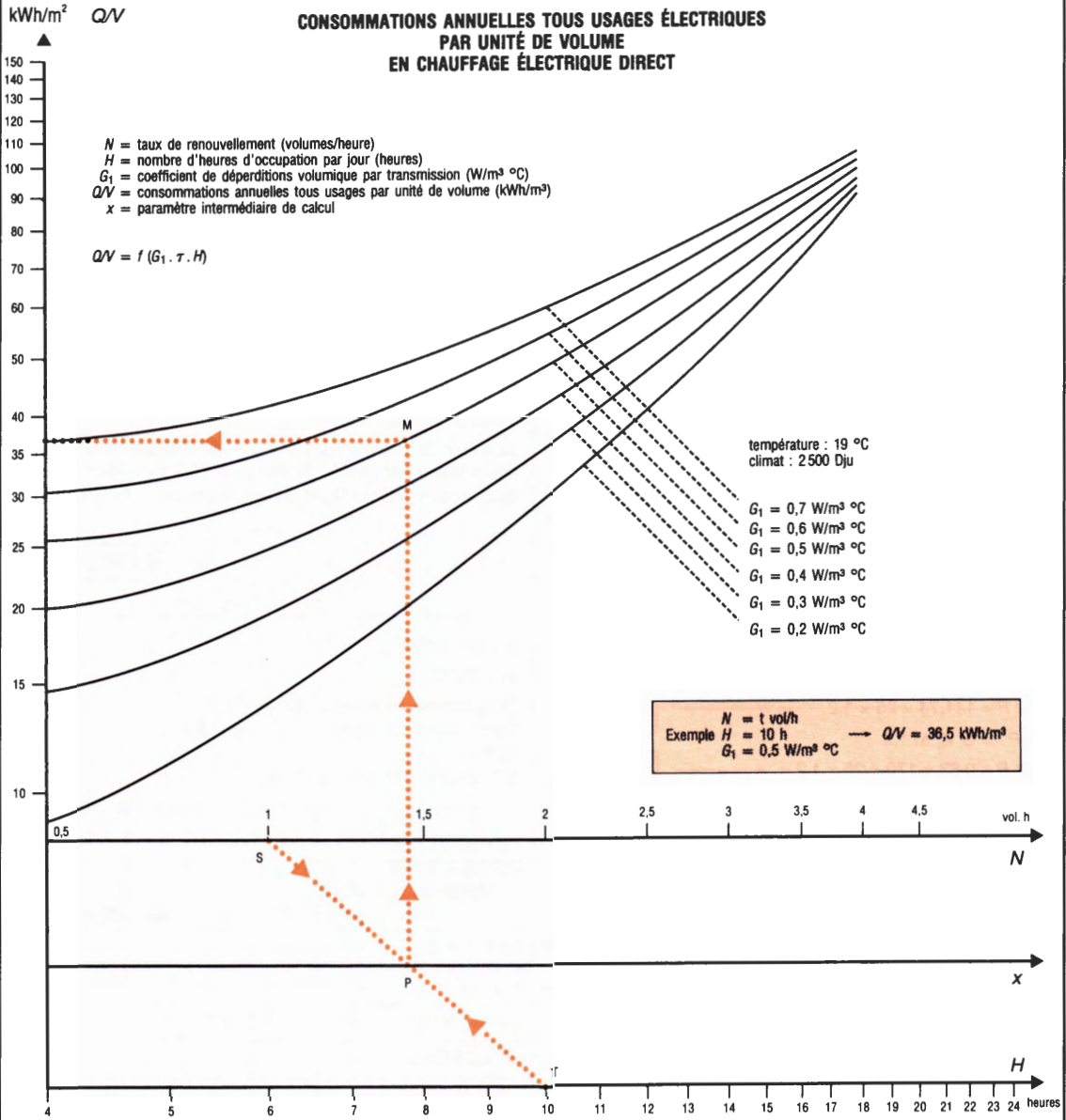
**EXPOSITION DES PAROIS VITRÉES (données)**

	$A_m$ ( $\text{m}^2$ )	$S'$	$t$	$C_1$	$S_s = A_m S' f C_1$
PAROI SUD :					
- fenêtre	2	0,44	0,9	1	0,8
- porte-fenêtre	2,5	0,40	0,9	1	0,9
PAROI NORD :					
- fenêtre	3	0,44	0,9	0,22	0,26
- porte-fenêtre	2,5	0,40	0,9	0,22	0,20
<b>TOTAL :</b>					<b>2,16</b>

**Note** : concernant le choix du facteur d'ensoleillement  $f$  on peut considérer un léger ombrage dû à la végétation  $f = 0,9$  $\frac{e}{t} = 7 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$  en zone  $H_1$  $t = 11,5 \text{ }^\circ\text{C}$  en zone  $H_1$

# 8.14. ABAQUE DE CONSOMMATIONS ANNUELLES

REPERTOIRE DE RECHERCHES



Cet abaque donne pour le chauffage électrique direct les consommations totales annuelles tous usages électriques, dans les conditions suivantes :

- température intérieure : 19 °C
- climat zone B, 2 500 à 2 600 degrés-jours
- utilisation de l'électricité limitée au chauffage, à l'éclairage et aux petits usages (hors cuisson, eau chaude et production de froid)
- la ventilation mécanique ne marche qu'en période d'occupation.

- 1°) on porte sur les axes horizontaux les valeurs de :  
**N** (taux de renouvellement d'air en période d'occupation) soit le point S  
**H** nombre d'heures d'occupation sur le point T
- 2°) on joint S et T. Le segment de droite ST coupe l'axe des abscisses X en P
- 3°) on lit sur la courbe correspondant au G<sub>1</sub> du bâtiment la valeur des consommations par unité de volume (point M)
- 4°) si la température intérieure est différente de 19 °C, on majorera le résultat de 8 % par degré supplémentaire.
- 5°) si les conditions climatiques sont différentes, on appliquera au résultat un coefficient égal au rapport des degrés-jours réels à 2 600, valeur retenue par l'abaque.

## 8.15. LEXIQUE

SYMBOLES USUELS			
<b>G</b> (W/m <sup>3</sup> °C)	Dépense par transmission à travers les parois et par renouvellement d'air, pour une différence de température d'un degré entre l'intérieur et l'extérieur divisées par le volume habitable.	<b>B</b> (W/m <sup>3</sup> °C)	Coefficient volumique de besoins de chauffage. Valeur moyenne des besoins de chauffage d'un logement pour 1 degré de différence de température entre l'intérieur et l'extérieur, divisée par le volume habitable.
<b>λ</b> (W/m °C)	Conductivité thermique utile. Flux de chaleur par mètre carré traversant en 1 heure 1 m d'épaisseur de matériau homogène pour 1 °C de différence de température entre ses deux faces.	<b>F</b> (sans dimension)	Coefficient de couverture solaire. Fraction des besoins de chauffage couverts par l'énergie solaire.
<b>R</b> (m <sup>2</sup> °C/W)	Résistance thermique.	<b>S<sub>e</sub></b> (m <sup>2</sup> )	Surface transparente sud « équivalente ». Elle représente de manière fictive une surface verticale vitrée totalement transparente exposée au sud et sans ombrage qui provoquerait les mêmes apports solaires que les différentes parois vitrées du logement en fonction de leur exposition respective.
<b>K</b> (W/m <sup>2</sup> °C)	Coefficient de transmission surfacique d'une paroi, d'ambiance à ambiance. Flux de chaleur par mètre carré traversant une paroi pour 1 °C de différence de température entre ses deux faces.	<b>f</b> (sans dimension)	Facteur d'ensoleillement. Rapport des énergies solaires reçues par une paroi avec et sans ombrage.
<b>k</b> (W/m °C)	Coefficient de transmission linéique d'une liaison d'ambiance à ambiance. Flux de chaleur par mètre traversant une liaison pour 1 °C de différence de température entre ses deux faces.	<b>τ</b> (sans dimension)	Coefficient de correction appliqué aux dépenses des parois donnant sur les locaux non chauffés.
<b>GRANDEURS ÉNERGÉTIQUES</b>		Dans le cas du pétrole, on utilise le poids ou le volume. L'unité de volume la plus utilisée est le baril valant 159 litres. Une tonne de pétrole est équivalente, en moyenne, à 7,3 barils.	
<b>TEP et ses équivalences</b>		<b>Mesure des quantités d'énergie</b>	
Par convention, une tonne d'équivalent pétrole (TEP) est égale quel que soit le produit énergétique considéré, à 10 000 thermies de combustible calculées sur la base de son pouvoir calorifique inférieur (PCI) tel que		Une quantité d'énergie se mesure avec les unités utilisées par les physiciens : thermie (th) ou wattheure (Wh). On peut également mesurer la puissance, c'est-à-dire l'énergie par unité de temps : thermie par heure (th/h) ou watt (W).	
$PCI = \frac{9}{10} PCS$		<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Kilocalorie (kcal)</b> C'est la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1 °C de température une masse de 1 kg d'eau.</li> <li>• <b>Chaleur massique</b> C'est la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1 °C de température 1 kg de matériau.</li> <li>• <b>Chaleur volumique</b> C'est la quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1 °C de température 1 m<sup>3</sup> de matériau. 1 Wh = 0,860 kcal = 3 600 J (joule) 1 kcal = 1,163 Wh 1 Wh = 0,860 th (thermie) 1 thermie = 1,163 kWh</li> </ul>	
<p>PCS : Pouvoir Calorifique Supérieur</p> <p>Le PCS comprend l'énergie normalement absorbée par l'évaporation de l'eau produite par la réaction d'oxydation du gaz lors de la combustion.</p> <p>Les équivalences en énergie primaire de quelques énergies sont données ci-dessous :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Électricité : 1 TEP = 4 500 kWh (EDF)</li> <li>- Fuel domestique : 1 TEP = 1 160 litres fuel domestique</li> <li>- Gaz (réseau) : 1 TEP = 12 920 kWh (PCS Gaz)</li> <li>- Butane/propane : 1 TEP = 900 kg butane/propane</li> <li>- Charbon : 1 TEP = 1 500 kg charbon</li> <li>- Bois : 1 TEP = 6,66 stères (m<sup>3</sup>)</li> </ul> <p><b>Pouvoir calorifique des principaux combustibles (PCI)</b></p> <p>Fuel domestique 9,7 kWh/litre Gaz de Lacq 10,2 kWh/m<sup>3</sup> (pris à 0 °C et 1,013 bar) Propane 25,5 kWh/m<sup>3</sup> (pris à 0 °C et 1,013 bar) Anthracite NPC* 8,9 kWh/kg</p> <p>* Nord, Pas-de-Calais</p>		<b>Mesure des températures</b>	
		ÉCHELLES DE TEMPÉRATURE	
		Degré	Point de fusion de la glace
		Celsius	0 °C
		Réaumur	0 °R
		Fahrenheit	32 °F
		Kelvin	273 K
		Point d'ébullition de l'eau	
		Celsius	100 °C
		Réaumur	80 °R
		Fahrenheit	212 °F
		Kelvin	373 K
<b>Coefficients multiplicateurs</b>		<b>Mesure des pressions</b>	
Dans le domaine de l'énergie, on utilise les mêmes coefficients multiplicateurs des unités de base que pour les autres unités physiques.		L'unité de pression est le pascal (Pa).	
Kilo (k) = 1 000 ou 10 <sup>3</sup>		1 Pa = 10 <sup>-5</sup> bar = 0,102 mm eau	
Méga (M) = 1 million ou 10 <sup>6</sup>		1 bar = 10 <sup>5</sup> Pa = 1,02.10 <sup>4</sup> mm eau	
Giga (G) = 1 milliard ou 10 <sup>9</sup>		1 mm eau = 9,81 Pa = 0,98 . 10 <sup>-4</sup> bar	
Tera (T) = 1 000 milliards ou 10 <sup>12</sup>			
<b>Mesure des quantités physiques</b>			
On utilise le poids pour le charbon et l'uranium (tonne et multiples), le volume pour le gaz (m <sup>3</sup> et multiples).			

## 8.16. PRODUCTION DU FROID EN CLIMATISATION

(D'après CIAT)

### 8.16.1. DÉMARCHE DE DÉTERMINATION D'UN AVANT-PROJET DE CLIMATISATION

#### DONNÉES

##### • BILAN THERMIQUE

- Apports calorifiques par transmission
- Apports supplémentaires par fenêtre au soleil
- Apports par occupant
- Apports par éclairage ou appareils électriques
- Apports air neuf

#### BESOINS

- Nombre de fenêtres et type de vitrage, dimensions, avec ou sans stores, exposition et temps d'exposition
- Murs extérieurs (à l'ombre, au soleil), dimensions
- Cloisons (entre deux pièces climatisées et non climatisées) intérieures, derrière vitrage
- Plafonds (sous grenier ventilé, sous terrasse, sous locaux non climatisés)
- Planchers (sur locaux non climatisés, sur sous-sols)
- Nombre d'occupants.
- Points lumineux (puissance)
- Appareils électriques (puissance)
- Apport d'air (fonction du nombre d'occupants)

#### CALCULS

##### • MÉTHODE RAPIDE DE CALCUL DES APPORTS CALORIFIQUES

- Apports par transmission : § 8.16.2.

- Fenêtres sans soleil. \_\_\_\_\_

- Murs extérieurs \_\_\_\_\_

- Cloisons \_\_\_\_\_

- Plafonds \_\_\_\_\_

- Planchers \_\_\_\_\_

- Total des apports par transmission

- Apports supplémentaires par fenêtre au soleil § 8.16.3.

- Apports par occupant :  $150 \text{ W} \times n^*$

- Apports par éclairage ou appareils électriques :

- Nombre de lampes (ou spots)  $\times$  puissance unitaire \_\_\_\_\_

- Appareils électriques \_\_\_\_\_

- Appareils électriques en kilocalories/h  $\times 1,16$  \_\_\_\_\_

- Apports air neuf \_\_\_\_\_

(environ  $20 \text{ m}^3/\text{h}$  par personne  $\rightarrow 100 \times n^*$ )

- Total des apports par éclairage ou appareils électriques ou par air neuf

#### RÉSULTATS

TOTAL GÉNÉRAL DES APPORTS

#### CHOIX DE L'APPAREIL

Le total général des apports permet de choisir dans la gamme des appareils autonomes (§ 8.16.4.) le modèle le mieux adapté en fonction également du mode de pose (mobiles, fixes...).

\* nombre de personnes

*Nota :* Cette méthode rapide de calcul permet d'approcher les apports calorifiques d'un local sans connaissance particulière de la composition des murs, cloisons, etc.

Cette méthode s'applique à la détermination d'une climatisation de confort.

Pour une étude plus précise, utiliser les règles du DTU, développées dans les chapitres précédents.

## 8.16.2. APPORTS PAR TRANSMISSION

APPORTS PAR TRANSMISSION	dt*		Surface	Apport
	6°C	7°C		
	K · dt = W/m <sup>2</sup>		S en m <sup>2</sup>	K · dt · S
Fenêtres sans soleil :				
– simples	35	40		
– double vitrage ou pavés de verre	23	28		
Murs extérieurs :				
– à l'ombre	7	8		
– au soleil	10,5	12		
Cloisons (entre pièces climatisées et non climatisées) :				
– intérieures	7	8		
– derrière vitrage	44	46,5		
Plafond :				
– sous grenier ventilé :				
• sans isolation	28	31		
• avec isolation 25 mm	17,5	18,5		
• avec isolation 50 mm	13	14		
– sous terrasse :				
• sans isolation	44	46		
• avec isolation 25 mm	17,5	18,5		
• avec isolation 50 mm	13	14		
– sous locaux non climatisés	8	10		
Planchers :				
– sur locaux non climatisés	8	10		
– sur sous-sols	7	8		
<b>TOTAL DES APPORTS PAR TRANSMISSION</b>				<b>W</b>

\* dt : différence entre les températures intérieure et extérieure ; prendre, pour les calculs, l'une ou l'autre des 2 valeurs indiquées dans le tableau afin de s'approcher le plus possible de la puissance d'un appareil de climatisation.

## 8.16.3. APPORTS SUPPLÉMENTAIRES PAR FENÊTRE AU SOLEIL (Q)


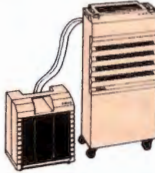
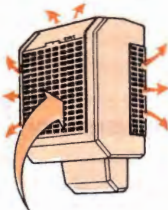
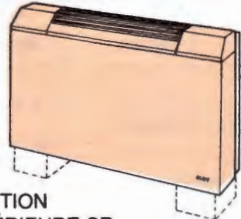
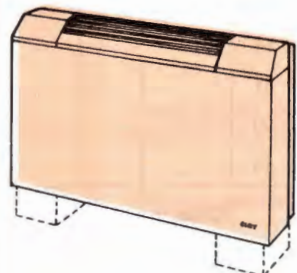
Exposition	K*												Surface	Apports		
	9 h				12 h				16 h					S en m <sup>2</sup>	K S = W	
	sans store		avec store		sans store		avec store		sans store		avec store		9 h		12 h	16 h
	simple	double	int!	ext!	simple	double	int!	ext!	simple	double	int!	ext!				
NE	285	244	128	71	172	147	78	43	128	110	57	32				
E	407	350	182	102	317	378	143	79	169	145	76	43				
SE	298	247	133	74	369	306	166	92	184	152	82	46				
S	68	56	30	17	232	192	105	58	233	189	105	58				
SO	68	57	30	17	113	93	51	26	324	268	145	81				
O	72	62	32	19	100	85	45	28	358	304	160	90				
NO	63	53	28	16	93	79	42	23	179	152	80	45				
<b>TOTAL**</b>																

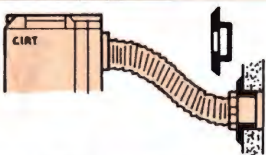
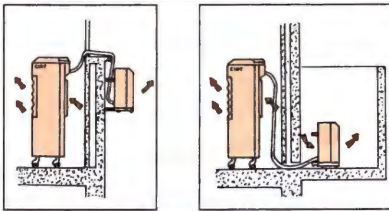
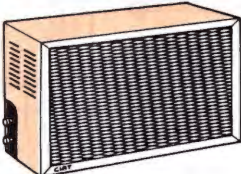
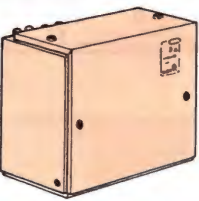
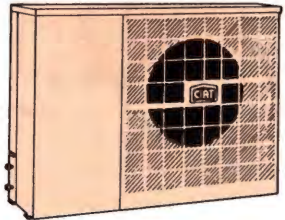
\* K : coefficient en W/m<sup>2</sup>

S : surface vitrée en m<sup>2</sup>

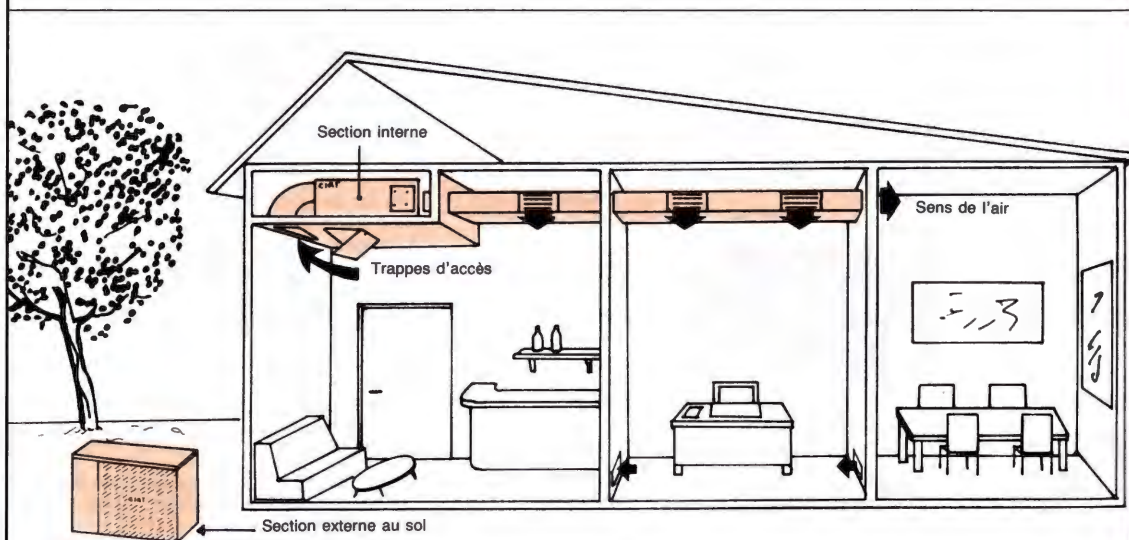
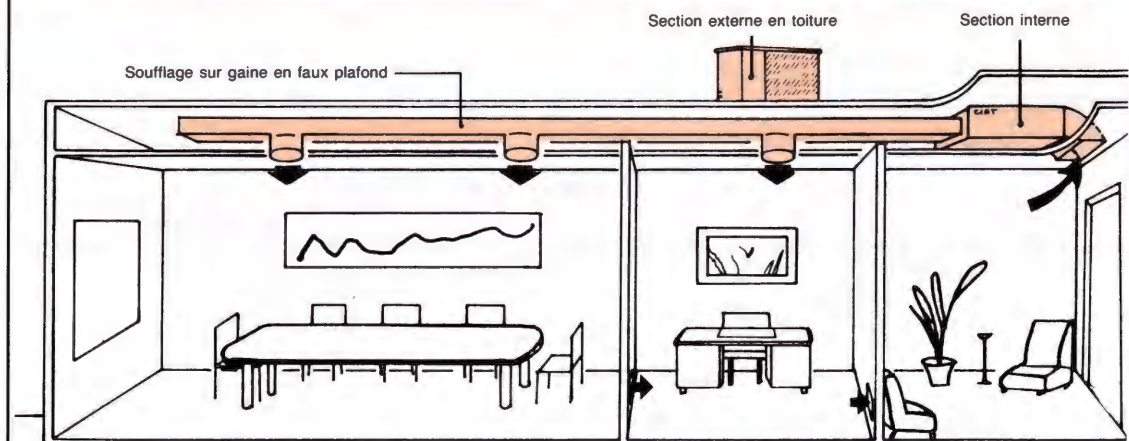
\*\* : prendre la plus grande valeur

## 8.16.4. GUIDE DE CHOIX D'UN APPAREIL AUTONOME DE CLIMATISATION (D'après CIAT)

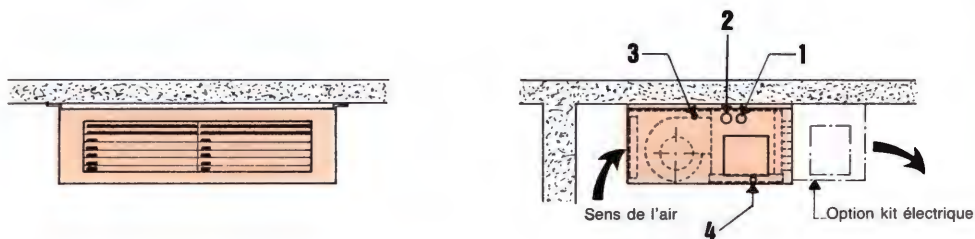
APTITUDES		PRINCIPE	PUISSANCE FRIGORIFIQUE			
TYPE			W	DÉSHUMIDIFICATION ℓ/h	DÉBIT D'AIR TRAITÉ m <sup>3</sup> /h	NIVEAU SONORE dB (A)
MOBILES	<p>GM 8</p> <p>FROID DÉSHUMI- FICATION CHAUFFAGE</p> 	A condensation par air				
	<p>GMS-12</p> <p>FROID DÉSHUMI- FICATION CHAUFFAGE</p> 	A condensation par air	2950	1,3	350/450	32,7
MURAUX FIXES	 <p>SECTION INTÉRIEURE SXE</p>	A condensation par air	2950	–	356/410	Section intérieure : 36  Section extérieure : 27
	 <p>SECTION INTÉRIEURE SR</p>	A condenseur d'eau	SR 10 : 2400	170 d'eau	300 à 350	23
			SR 15 : 5050	380 d'eau	610 à 700	30
			SR 23 : 8100	700 d'eau	960 à 1180	39
	 <p>SECTION INTÉRIEURE SD</p>	A condensation par air	SD 10 : 2300	–	300 à 350	23
SD 12 : 3600			–	490 à 560	26	
SD 15 : 4650			–	610 à 700	30	
SD 20 : 5800			–	720 à 820	35	
SD 23 : 7300			–	960 à 1180	38	

<b>PUISSANCE CALORIFIQUE</b> ↓ <b>W</b>		<b>MODE DE POSE OU SECTION EXTERIEURE</b> ↓	<b>ALIMENTATION ÉLECTRIQUE</b> ↓	<b>OBSERVATIONS</b>
1 400	 <b>INSTALLATION AU TRAVERS D'UN MUR OU D'UNE FENÊTRE</b>	Puissance froid : 880 W  Intensité froid : 4,2 A  Intensité chaud : 6,5 A	Appareil totalement autonome. Monté sur roulettes. Équipé de thermostat. Sélecteur de fonctionnement. Installation rapide et aisée. Fonctionnement bruyant Faible rendement	
-		Puissance froid : 1 220 W  Intensité froid : 5,7 A	Appareils totalement autonomes. Montés sur roulettes. Fonctionnement silencieux. Équipés de thermostat. Sélecteur de fonctionnement. Installation rapide et aisée. Deux éléments séparés.	
-	 <b>SECTION EXTERIEURE SXE</b>	Puissance froid : 1 360 W  Intensité froid : 6,7 A	Faible encombrement. Section intérieure : - traitement d'air à deux vitesses, - filtre d'air type cassette accessible et régénéralable, - télécommande infra-rouge : Marche-Arrêt, - thermostat. Section extérieure : - compresseur rotatif, - moto-ventilateur hélicoïdale. Deux éléments séparés.	
1 800	 <b>SECTION EXTERIEURE SR</b>	Puissance froid : 870 W Intensité froid : 7,6 A	Traitement d'air : - esthétique, intégration facile, peut être installé verticalement (parois) ou horizontalement (plafond) ; - commande à distance avec thermostat ; - ventilateur centrifuge. Groupe de condensation : - compact, léger, s'installe aussi à l'intérieur à proximité du local à climatiser (buanderie, cellier...) - compresseur hermétique. Deux éléments séparés.	
280		1 695 W 13,6 A		
4 500		2 580 W 23,7 A		
-	 <b>SECTION EXTERIEURE SD</b>	Puissance froid : 985 W Intensité froid : 5,8 A	Confort et bien-être exceptionnels. Section intérieure : - intégration facile dans tout local, - peut être installé verticalement (parois) ou horizontalement (plafond). Section extérieure : - mise en place facile, - encombrement réduit, - raccordement et accessibilité aisés, - maintenance facile. Deux éléments séparés.	
-		1 310 W 7 A		
-		1 970 W 10,3 A		
-		2 185 W 11,3 A		
-		3 040 W 15,4 A		

## 8.16.5. MISE EN PLACE DES ÉQUIPEMENTS – SCHÉMAS ARCHITECTURAUX



### POSITIONNEMENT D'UNE SECTION INTERNE



- 1 – Raccordement frigorifique tube liquide
- 2 – Raccordement frigorifique tube aspiration
- 3 – Alimentation électrique
- 4 – Évacuation dense condensats

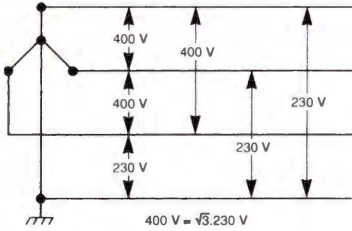
# 9. ÉQUIPEMENTS ET INSTALLATIONS BT EN MILIEU DOMESTIQUE ET TERTIAIRE

## 9.1. LA DISTRIBUTION PUBLIQUE BT

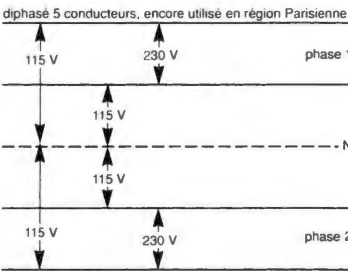
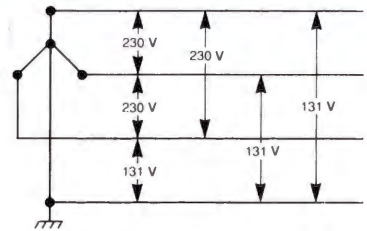
- LA DISTRIBUTION D'ÉNERGIE par le RÉSEAU BT convient principalement aux USAGERS DOMESTIQUES, ARTISANS, PETITES ET MOYENNES ENTREPRISES, TERTIAIRE et EXPLOITATIONS AGRICOLES.

(D'après SCHNEIDER ELECTRIC)

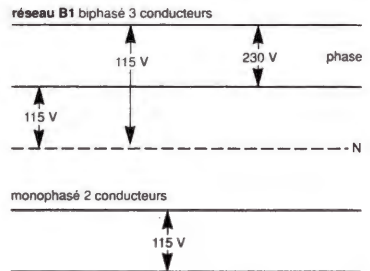
### 9.1.1. LES TYPES DE RÉSEAUX



Réseaux de distribution normalisés en France



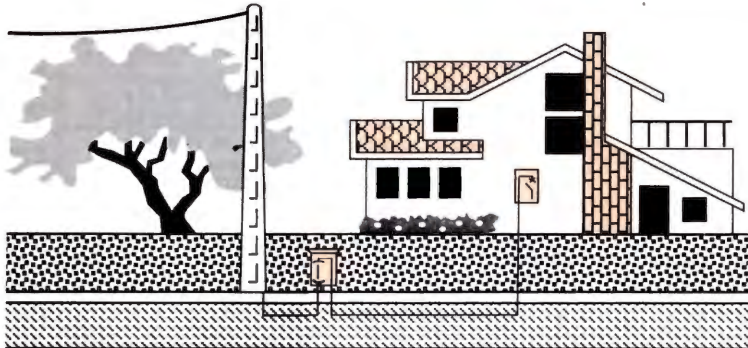
Réseaux encore existants



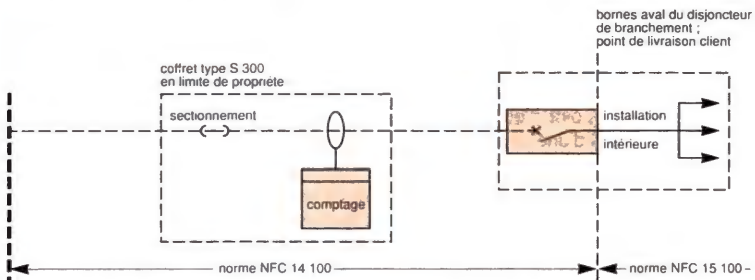
monophasé 2 conducteurs



### 9.1.2. LE BRANCHEMENT TARIF BLEU

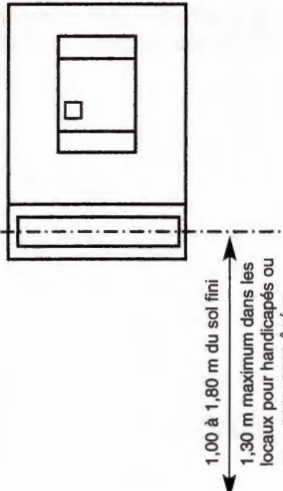


Branchement tarif bleu



La responsabilité du distributeur d'énergie s'étend jusqu'au point de livraison client.

## 9.2. RÈGLES D'INSTALLATION ÉLECTRIQUES DOMESTIQUES

	Nature des circuits		Section des conducteurs en cuivre (mm <sup>2</sup> )	Courant assigné maxi I <sub>n</sub> (A)		Tableau de commande, de contrôle, de protection et de répartition :						
				Disjoncteur	Fusible (1)							
<b>9.2.1. PROTECTION À L'ORIGINE DES CIRCUITS</b>	Prise de courant 16 A		2,5 1,5	20 16	16 interdit	 <p>1,00 à 1,80 m du sol fini 1,30 m maximum dans les locaux pour handicapés ou pour personnes âgées</p>						
	Prise de courant commandée		1,5	16	10							
	Prise de courant spécialisée 16 A ou circuits spécialisés		2,5	20	16							
	Circuit d'asservissement VMC. Fil pilote Gestionnaire d'énergie		1,5	2	interdit							
	Plaques de cuisson Cuisinière		6 en mono 2,5 en tri	32 20	32 16							
	Four indépendant		2,5	20	16							
	Éclairage		1,5	16	10							
	Chauffe-eau		2,5	20	16							
	Convecteurs		2 250 W	1,5	10						10 16 (3500 W) 20 (4500 W) 25	
	panneaux radiants en monophasé		4 500 W	2,5	20							
			5 720 W	4	25							
			7 250 W	6	32							
Planchers chauffants (PRE) en monophasé		1 700 W 3 400 W 4 200 W 5 400 W 7 500 W	1,5 2,5 4 6 10	16 25 32 40 50	interdit dans les locaux d'habitation							
<b>9.2.2. NOMBRE MINIMUM DE FOYERS LUMINEUX ET DE PRISES DE COURANT</b>	PIÈCE OU FONCTION	FOYERS LUMINEUX	PRISES DE COURANT 16A	CIRCUITS SPÉCIALISÉS				Recommandations :				
				PRISES		PRISES ou BÔTES						
				16A	16A	20A	32A	(1) nombre minimum placé en plafond (2) peut être complété par des appliques ou des prises de courant commandées ne se substituant pas aux socles spécialisés ou non spécialisés (3) une prise de courant supplémentaire par tranche de 4 m <sup>2</sup> au delà de 20 m <sup>2</sup> (4) réparties en périphérie (5) dont 4 réparties au dessus du plan de travail (6) pour le lave-vaisselle (7) une prise rasoir de puissance comprise entre 20 et 50 VA peut être installée dans le volume 2 (8) peut être placé soit au plafond, soit en applique (9) une prise de courant 16 A + T au moins pour les locaux d'une surface supérieure à 4 m <sup>2</sup> (10) suivant le type de récepteur (VMC, congélateur, climatisation, chauffe-eau électrique, chaudière et ses auxiliaires, appareil de chauffage de salle de bain, pompe à chaleur, circuits extérieurs, piscine, automatismes)				
	Salle de séjour	1 (1) (2)	5 (3) (4)	-	-	-	-					
	Chambres	1 (1) (2)	3 (4)	-	-	-	-					
	Cuisine	1 (1) (2)	6 (5)	1 (6)	2	-	1					
	Salle d'eau	1 (2) (8)	1 (7)	-	-	-	-					
	Toilettes	1 (8)	-	-	-	-	-					
	Entrée	1 (2) (8)	- (9)	-	-	-	-					
	Lavage	1 (2) (8)	- (9)	1	-	-	-					
Autre	1 (2) (8)	- (9)	- (10)	- (10)	- (10)	- (10)						
• Chaque point d'éclairage équipé d'un socle DLC (Dispositif de Connexion pour Luminaire) doit être pourvu soit d'une douille DLC munie d'une fiche récupérable 2P + T pour la connexion ultérieure d'un luminaire, soit d'un luminaire équipé d'une fiche DLC.												
• Lorsque des socles de prise de courant sont montés dans un même boîtier, ils sont décomptés selon le tableau ci-dessous. Ce tableau ne s'applique pas aux socles de prise de courant commandés pour lesquels chaque socle est compté comme un point d'utilisation.												
Nombre de socles par boîtier				1	2	3	4	> 4				
Nombre de socles retenus				1	1	2	2	3				

<b>9.2.3. NOMBRE DE POINTS D'UTILISATION SUIVANT LA SECTION</b>	<b>Équipements</b>	<b>Section en mm<sup>2</sup> Cu</b>		<b>Nombre</b>	<b>Conditions d'utilisation</b>	
	Prise de courant 16 A + T	2,5 1,5		8 socles 5 socles	Les socles de prise de courant doivent être du type à obturation. (Obligatoire au 1/07/04)	
	Prise de courant commandée 16 A + T	1,5		8 socles destinés à l'alimentation exclu- sive d'appareils d'éclairage mobiles	Un interrupteur commande au maximum 2 socles situés dans la même pièce. Chaque socle commandé est considéré comme un point d'éclairage.	
	Prise de courant spécialisée 16 A ou circuits spécialisés	2,5		3 circuits	Circuits destinés à alimenter le lave- linge, le lave-vaisselle, le four, le congé- lateur et le sèche-linge. Un circuit doit être prévu pour chaque gros appareil supplémentaire.	
	Plaque de cuisson Cuisinière	6 en mono 2,5 en tri		1 circuit	Boîte de connexion ou socle de prise de courant spécialisée.	
	Four indépendant	2,5		1 circuit	Boîte de connexion ou socle de prise de courant spécialisée.	
	Éclairage	1,5		8 points lumineux	2 circuits minima pour logement > 35 m <sup>2</sup> .	
	Chauffe-eau	2,5		1 circuit	Boîte de connexion spécialisée.	
	Appareils de chauffage	1,5 à 10		Le nombre d'appareils par circuit est limité par la puissance absorbée.		
<b>9.2.4. CHOIX DES INTERRUPTEURS OU DISJONCTEURS DIFFÉRENTIELS</b>	<b>Monophasé P ≤ 18 kVA</b>	<b>25 A type AC</b>	<b>40 A type AC</b>	<b>40 A type A</b>	L'interrupteur (ou disjoncteur) différentiel de type A doit protéger le circuit spécialisé cuisinière, plaque de cuisson ou lave-linge. En cas de chauffage électrique P > 8 kW, l'interrupteur différentiel AC 30 mA calibre 40 A doit être remplacé par un disjoncteur différentiel AC 30 mA calibre 63 A.	
	Surface ≤ 35 m <sup>2</sup>	1	–	1		
	35 < Surface ≤ 100 m <sup>2</sup>	–	2	1		
	Surface > 100 m <sup>2</sup>	–	3	1		
	Si l'emplacement d'un congélateur est défini, il est recommandé de le protéger par un disjoncteur différentiel de préférence de type HI ou SI.					
<b>Type de différentiels à associer aux disjoncteurs ou aux interrupteurs</b>	Type AC	Type de différentiel ne détectant que les courants de défaut sinusoïdaux				
	Type A	Type de différentiel détectant également les courants de défaut à composante continue (Courants pouvant être générés par l'électronique de puissance)				
	Type HI ou SI	Type de différentiel à Haute Immunité, réduisant les déclenchements intempestifs dus à des perturbations haute fréquence.				
<b>9.2.5. MODE DE POSE DES CANALISATIONS</b>	<b>Gaine Technique Logement (GTL)</b>	La GTL est prescrite dans tous les locaux d'habitation (individuels ou collectifs) et doit contenir toutes les arrivées des réseaux de puissance et de communication, le tableau de répartition principal, le tableau de communication, deux socles de prise de courant 16 A + T, l'équipement multiservice à l'habitat (domotique), la protection anti-intrusion... Les dimensions sont de 600 mm en largeur et de 200 mm en profondeur (respectivement 450 mm et 150 mm pour les logements d'une surface ≤ 35 m <sup>2</sup> ) sur la hauteur du sol au plafond.				
	<b>Vide de construction</b>	Les conducteurs, câbles ou conduits pouvant être posés directement dans le vide des constructions doivent satisfaire aux essais de non propagation de la flamme. Les conduits doivent pénétrer librement dans ce vide. La plus petite dimension du vide doit être d'au moins 1,5 fois le diamètre extérieur du câble de la plus grande section.				
	<b>Goulotte</b>	Les goulottes posées en plinthe doivent posséder une protection mécanique IK07 et le conducteur isolé le plus bas doit se trouver à au moins 1,5 cm du sol fini.				
	<b>Moulure</b>	La partie inférieure des moulures doit être à au moins 10 cm du sol fini.				
<b>9.2.6. POSE DES CONDUCTEURS OU CÂBLES DANS DES RAINURES OU CLOISONS OU HUISSERIES</b>	<b>POSE DES CONDUCTEURS OU CÂBLES</b>		<b>CONDUCTEURS ET CÂBLES</b>		<b>POSE EN FONCTION DE LA HAUTEUR DU CONDUCTEUR LE PLUS BAS AU-DESSUS DU SOL</b>	
	Dans des rainures d'au moins 6 mm de largeur, de cloisons ou d'huisseries en bois.  (1) Pose du H 07 RN-F seule autorisée. (2) Pose du U 1000 R 12 N ou U 1000 R 2 V seule autorisée.		<b>CONDUCTEURS ISOLÉS</b>		≤ 5 cm	> 5 cm
					autorisée	interdite
	<b>CÂBLES</b>			<b>SOUPLES</b>	sous conduit sans conduit	autorisée (1)
<b>RIGIDES</b>				sous conduit sans conduit	autorisée (2)	autorisée autorisée

**9.2.7.  
POSE DES  
CANALISATIONS  
DANS LES VIDES  
DE  
CONSTRUCTION**

Les vides intérieurs de certains éléments de la construction peuvent être utilisés pour le passage des canalisations sous certaines conditions.

– VIDE : espace existant dans les parois des bâtiments (murs, cloisons, planchers, plafonds, etc.).

– Les conduits doivent être étanches et non propagateurs de la flamme.

– Les huisseries métalliques sont considérées comme des vides de construction.

– Dans les salles d'eau, n'utiliser que des conduits isolants.

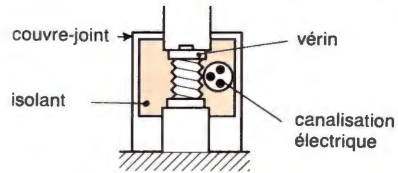
– La surface intérieure des vides ne doit pas présenter d'aspérités pointues ou tranchantes susceptibles d'endommager les canalisations.

(1) Câble FR-N 07 RN-F et H 07 RN-F seul admis.

(2) Si le vide entre lisse et cloison n'est pas rempli de matériau isolant (laine de verre...).

EXEMPLE :

POSE DANS LES LISSES



SÉRIES	PROTECTION MÉCANIQUE	POSE EN FONCTION DE LA HAUTEUR DU CONDUCTEUR LE PLUS BAS AU-DESSUS DU SOL FINI			
		LISSES MUNIES DE COUVERCLES DÉMONTABLES		LISSES NON ACCESSIBLES	
		≤ 5 cm	> 5 cm	≤ 5 cm	> 5 cm
H 07 U-V R ou K	AVEC CONDUIT	autorisé	autorisé	autorisé	autorisé
	SANS CONDUIT	interdit	autorisé	interdit	interdit
FR-N 05 VV-U, R ou A 05 VV-F	AVEC CONDUIT	autorisé	autorisé	autorisé	autorisé
	SANS CONDUIT	interdit (1)	autorisé	autorisé (2)	autorisé (2)
U 1000 R 2 V	AVEC CONDUIT	autorisé	autorisé	autorisé	autorisé
	SANS CONDUIT	autorisé	autorisé	autorisé (2)	autorisé (2)

**9.2.8.  
CONDITIONS  
D'ENCASTREMENT  
DE  
L'APPAREILLAGE**

– La protection mécanique de la canalisation doit être assurée jusqu'à sa pénétration dans la boîte d'encastrement.

– Le vide réservé à l'encastrement des appareils doit permettre de loger librement une longueur de 10 cm de chaque conducteur.

NATURE DE LA PAROI	APPAREILLAGE POUR POSE EN ENCASTRÉ	
	AVEC BOÎTE	SANS BOÎTE
Maçonnerie (pierres, moellons, briques, béton, plâtre...)	autorisé	interdit
Huisseries métalliques	autorisé	interdit
Cloison comportant un vide contenant des matières combustibles, conductrices ou poussiéreuses	autorisé	interdit
Cloisons comportant un vide ne contenant ni poussières, ni matières combustibles ou conductrices	autorisé	interdit

**9.2.9.  
ENCASTREMENT  
DANS LES  
CLOISONS  
NON PORTEUSES  
D'ÉPAISSEUR  
≤ 100 MM**

Le diamètre maximal extérieur du conduit à encastrent doit être choisi en fonction de l'épaisseur finie de la cloison, enduits éventuels compris.

Matériaux constitutifs de la cloison	Épaisseur de cloison terminée enduit compris (mm)	Profondeur de la saignée possible (mm)	Diamètre extérieur maximal du conduit (mm)
– Briques creuses de 35 enduites	50	1 alvéole	15
– Briques creuses de 50 enduites	70	1 alvéole	20
– Briques creuses de 80	100	1 alvéole	20
– Briques pleines ou perforées de 55	70	18	16
– Blocs pleins en béton de 75	90	18	16
– Blocs creux en béton de 75	90	18	16
– Carreaux plâtre			
– de 60	60	20	16
– de 70	70	20	16
– de 80	80	20	16
– de 100	100	25	20

## 9.2.10. POSE DES SOCLES DE PRISES DE COURANT

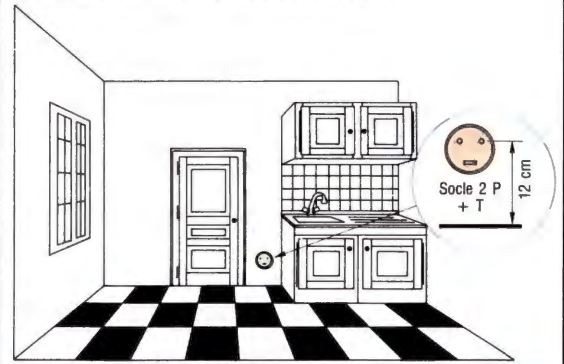
- Tous les socles de prises de courant sont du type (2P + T).
- Tous les socles de prises de courant (16 A) doivent être à obturateurs par construction.

- Protection des prises de courant (16, 20, 32 A) par un dispositif différentiel (30 mA) ou moins.
- Les prises extérieures ont un IP 25 et sont placées à 1 m du sol fini.

### SOCLES DE PRISES DE COURANT 16 A ET 20 A

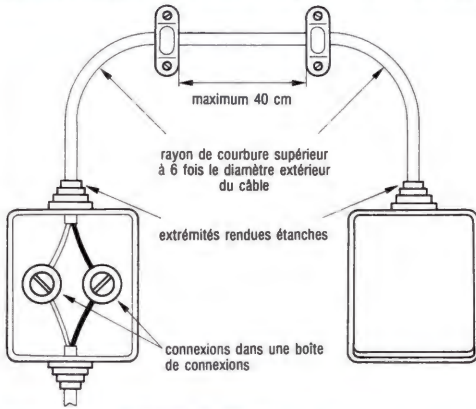


### SOCLES DE PRISES DE COURANT 32 A



## 9.2.11. POSE DES CÂBLES EN APPARENT

### CONDITIONS DE POSE DES CANALISATIONS EN CÂBLE



### TYPES DE CÂBLES

- Les séries FR. N 05 VV. U, R et A05 VV. F sont le plus souvent utilisées.

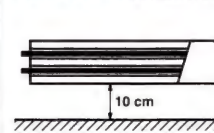
### CONDITIONS DE POSE

- L'encastrement des câbles ne peut se faire que dans des conduits.
- Les câbles doivent être fixés à l'aide de dispositifs appropriés ne les déformant pas.

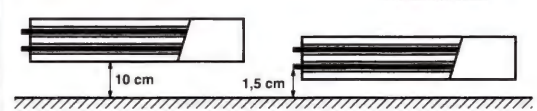
## 9.2.12. POSE DE MOULURE, PLINTHE ET CHAMBRANLE

- Un seul conducteur isolé par rainure en bois, toutefois, il est admis d'en poser plusieurs si les conducteurs appartiennent à un seul et même circuit.
- Les moulures sont fixées sur des matériaux secs.
- Il est interdit de les encastrer et de les recouvrir de papier peint.
- Il est interdit de poser les moulures à moins de 6,5 cm de l'intérieur d'un conduit de fumée.

### POSE DE MOULURE



### POSE DE PLINTHE RAINURÉE



SECTION NOMINALE DES CONDUCTEURS (mm <sup>2</sup> )	NOMBRE DE CONDUCTEURS PAR RAINURE			
	1	2	3	4
1,5	6 mm	6 mm	8 mm	8 mm
2,5	6	6	8	10
4	6	8	10	12
6	6	10	12	15
10	8	12	15	20
16	8	15	20	20
25	10	20	25	25
35	12	20	25	30
50	15	25	30	35

## 9.3. CANALISATIONS SOUS CONDUITS ENCASTRÉS

### 9.3.1. POSE AVANT ET PENDANT LA CONSTRUCTION

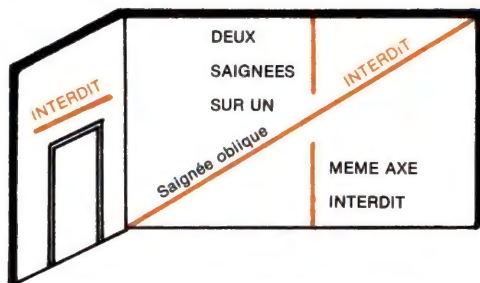
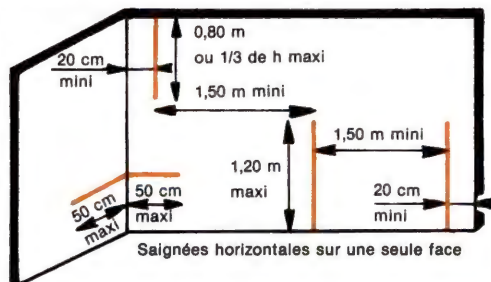
DANS LES MURS ET CLOISONS PORTEUSES				DANS LES PLANCHERS			
Nature des matériaux	Pose avant ou pendant la construction		Pose dans une réservation préparée à la construction (tous conduits)	Nature des matériaux	Pose avant ou pendant la construction		Pose dans une réservation préparée à la construction (tous conduits)
	ICTL ICTA	IRL ICA			ICTL ICTA	IRL ICA	
<b>MURS DE FAÇADE</b>				Dalles pleines en béton	autorisée	interdite	(1)
Pierre de taille	interdite	interdite	(1)	Béton nervuré	autorisée	autorisée	(1)
Moellons divers	interdite	interdite	(1)	Béton nervuré avec hourdis	autorisée (2)	autorisée (3)	(1)
Briques pleines ou perforées à plat	interdite	interdite	(1)	Planchers préfabriqués	autorisée	autorisée	autorisée
Briques creuses et blocs creux de terre cuite				Planchers chauffants	autorisée	interdite	(1)
Blocs pleins en béton	interdite	interdite	(5)	Chapes	autorisée (4)	interdite	interdite
Blocs creux en béton				Chainages	(5)	interdite	interdite
Blocs en béton cellulaire				(1) Difficilement réalisable dans la pratique ou irréaliste. (2) Dans le vide des hourdis creux et dans les auges des hourdis. Conduits orange ICTL et ICTA interdits dans les vides. (3) Autorisé seulement si le conduit est prévu à la fabrication en usine. (4) Interdite dans les chapes flottantes. Les traversées de ces chapes doivent faire l'objet de précautions particulières. (5) À résoudre cas par cas avec le concepteur de l'ouvrage. (6) En parcours verticaux avant construction.			
Béton armé	autorisée	interdite	autorisée				
Béton banché	autorisée	autorisée (6)	autorisée				
Panneaux préfabriqués en béton	autorisée	autorisée	autorisée				
Éléments de remplissage léger (murs rideaux)	interdite	interdite	interdite				
<b>MURS INTER. PORTEURS</b>				<b>DANS LES CLOISONS NON PORTEUSES</b>			
Briques creuses et blocs creux de terre cuite	interdite	interdite	(5)	- La pose sous conduits ICTL, ICTA, IRL, ICA est INTERDITE.			
Blocs pleins en béton	interdite	interdite	(1)				
Blocs creux en béton							
Blocs en béton cellulaire							
Béton armé	autorisée	interdite	autorisée				
Béton banché	autorisée	autorisée (6)	autorisée				
Panneaux préfabriqués en béton	autorisée	autorisée	autorisée				

### 9.3.2. POSE EN SAIGNÉE APRÈS CONSTRUCTION

DANS LES MURS ET CLOISONS PORTEUSES		DANS LES CLOISONS NON PORTEUSES		
Nature des matériaux	Pose dans saignée faite après construction (tous conduits)	Nature des matériaux	Épaisseur $e$ de la paroi finie mm	Pose dans saignée faite après construction (tous conduits)
<b>MURS DE FAÇADE</b>		Briques pleines ou perforées sur chant		(1)
Pierre de taille		Briques creuses à 2 ou 3 alvéoles	$100 < e \leq 140$	autorisée
Moellons divers	autorisée (1)	Briques creuses à 2 alvéoles	$65 < e \leq 100$	autorisée (2)
Briques pleines ou perforées à plat		Briques creuses à 1 alvéole	$\begin{cases} e > 50 \\ e \leq 50 \end{cases}$	autorisée (2) interdite
Briques creuses et blocs creux de terre cuite		Blocs creux en béton	$70 < e \leq 150$	autorisée (3)
Blocs pleins en béton	(2)	Blocs pleins en béton	$e \leq 100$	autorisée (2)
Blocs creux en béton		Carreaux pleins de plâtre	$e > 80$	
Blocs en béton cellulaire			$e \leq 80$	
Béton armé		Carreaux alvéoles de plâtre	$e > 80$ $e \leq 80$	
Béton banché	(3)			
Panneaux préfabriqués en béton				
Éléments de remplissage léger (murs rideaux)	interdite			
<b>MURS INTÉRIEURS PORTEURS</b>				
Briques creuses et blocs creux de terre cuite	(2)	Dalles pleines en béton		interdite
Blocs pleins en béton		Béton nervuré		interdite
Blocs creux en béton	autorisée (4)	Béton nervuré avec hourdis		interdite
Blocs en béton cellulaire		Planchers préfabriqués		interdite
Béton armé		Planchers chauffants		interdite
Béton banché	(3)	Chapes	(4)	interdite
Panneaux préfabriqués en béton.		Chainages		interdite
(1) Admise pour les surfaces revêtues. Avec couvre-joint sur les faces apparentes pour dissimuler les fissures éventuelles.		(1) Difficilement réalisable ou irréaliste.		
(2) À résoudre cas par cas avec le concepteur de l'ouvrage.		(2) Sous réserve de respecter les conditions particulières aux cloisons d'épaisseur finie au plus égale à 100 mm lorsque c'est le cas.		
(3) Difficilement réalisable dans la pratique ou irréaliste.		(3) En parcours vertical seulement interdit au droit des huisseries.		
(4) En parcours vertical seulement. Interdit au droit des huisseries.		(4) À résoudre au cas par cas avec le concepteur de l'ouvrage l'incorporation de canalisations électriques est interdite dans les chapes flottantes (isolation acoustique). Toute traversée de chape doit faire l'objet de précautions particulières.		
<b>CLOISONS NON PORTEUSES, ÉPAISSEUR <math>\leq 100</math> mm</b>		Toutefois pour le cas de chape flottante sur lit de sable, la pose est autorisée dans ce lit de sable si celui-ci a une épaisseur suffisante.		
- La référence du conduit à encastrer ne doit pas dépasser celle indiquée au tableau § 9.2.9.				

### POSE DES CONDUITS

- L'encastrement en tracé oblique n'est pas admis.
- Au-dessus des baies, les encastrements horizontaux ne sont pas admis.
- Les conduits ne doivent pas comporter de raccords sur leurs parcours encastrés, à l'exception de ceux nécessaires à la jonction avec les planchers (changement de type de conduit, etc.).
- La longueur d'encastrement des conduits rigides (R) est limitée à celle de la longueur de fabrication (pratiquement 3 m).
- Les conduits ne peuvent être logés que dans les vides longitudinaux constitués par les trous ou alvéoles en prolongement les uns des autres.
- Les conduits sont mis en position préalablement au montage de la cloison.
- En tracé horizontal, les conduits B peuvent comporter des raccords sur leurs parcours, réalisés exclusivement à l'aide de manchons.



### APRÈS L'EXÉCUTION DES CLOISONS

- Les saignées se font uniquement dans les alvéoles en alignement.
- Les saignées sont exécutées à l'aide de machines spéciales à rainurer.
- Le recouvrement du conduit après rebouchage doit être au minimum de 4 mm.

### EN TRACÉ HORIZONTAL

- L'encastrement par saignée ne peut intéresser qu'une seule face de la cloison.
- L'encastrement ne peut être exécuté que sur une longueur de 0,50 m de part et d'autre de l'intersection de deux cloisons, ou d'une cloison ou d'un mur.

### EN TRACÉ VERTICAL

- L'encastrement ne peut dépasser 0,80 m au-dessous du plafond et 1,20 m au-dessus du sol fini. La longueur de 0,80 m peut être portée au 1/3 de la hauteur de la cloison s'il n'est réalisé dans celle-ci qu'un seul encastrement.
- Dans une même cloison, la distance horizontale entre les axes de deux saignées verticales est d'au moins 1,50 m. Il est interdit d'exécuter, sur un même axe, un encastrement sous plafond et un encastrement au-dessus du sol.
- Les saignées ne peuvent être exécutées qu'à une distance minimale de 20 cm de l'intersection de deux parois (murs, poteaux, cloisons).

### SAIGNÉES DANS DES CLOISONS EN CARREAUX DE PLÂTRE À PAREMENTS LISSES

- Les saignées doivent être exécutées à 5 cm au moins des joints.
- Pour les cloisons d'épaisseur supérieure à 8 cm, la limitation du développé des saignées est étendue comme indiquée ci-après :
- en tracé horizontal, la longueur de 0,50 m est portée à 1 m.
- en tracé vertical, la longueur au-dessous du plafond est portée de 0,80 m à 2 m, la longueur au-dessus du sol fini de 1,20 m à 2 m.
- En outre, les longueurs peuvent être portées à hauteur d'étage s'il n'est exécuté qu'une seule saignée verticale dans la cloison.

### CHAPES FLOTTANTES (ISOLATION ACOUSTIQUE)

- L'incorporation de canalisations électriques y est interdite.
- Toute traversée de chape doit faire l'objet de précautions particulières.

## 9.4. CANALISATIONS SOUS CONDUITS APPARENTS

	Nature des conducteurs	Règles générales article norme NF C 15-100	LOCAUX								
			Sans risques spéciaux (AD1) séjours, chambres, dégagements, greniers combles	Temporairement humides (AD2) cuisines, cabinets de toilette, garages de 10 m <sup>2</sup> au plus, caves celliers	Humides (AD3), locaux vide-ordures, stockage des ordures ménagères et auvents	Mouillés (AD4) ; buanderie et locaux de surpresseur	Emplacements extérieurs (AD5)	Salle d'eau	Garages de plus de 100 m <sup>2</sup> (1)	Chaufferies et sous-stations	Soutes à charbon, à scories
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
9.4.1. CANALISATIONS FIXÉES AUX PAROIS	H07V – U R ou K – sous moulure en bois – sous moulure en plastique	529,2	a a	x a	x x	x x	x a	x x	x (4)	x x	x x
	H07V – U R ou K – sous conduit en montage apparent (2)	529,1	a	a	l	IE	IE + air salin (3)	l	P	PE	PE
	A05 VV U R ou F	529,3	a	a	a	a	a	a	(4)	x	x
	U100 R 2 V	529,3	a	a	a	a	a	a	a	a	a
	H07 RN-F	529,3	a	a	a	a	a	a	a	a	a
	Canalisations préfabriquées	529, 11	a	(5)	x	x	x	x	(5)	x	x
	<p>– Les plinthes, moulures, chambranles en bois sont conformes à la norme C 68-091.                      – Les plinthes et moulures en matière thermoplastique sont conformes à la norme C 68-093.                      – Les conduits servant au passage des conducteurs sont conformes aux normes C 68-100, C 68-111 à C 68-161.                      – Les canalisations préfabriquées domestiques font l'objet de la norme C 61-306.                      La classification AD (présence d'eau) est définie par la norme C 15-100 (321-4).</p> <p>(1) Si le garage comporte une aire de lavage, celle-ci doit répondre en outre aux prescriptions de la colonne relative aux locaux mouillés (colonne 6).                      (2) L'indication de une ou plusieurs lettres signifie que ne sont admis que les conduits comportant les qualités correspondantes.                      (3) Air salin, s'il y a lieu.                      (4) Autorisé seulement au plafond.                      (5) Autorisé si elles possèdent le degré de protection IP 31 ; sinon, admises seulement au plafond</p> <p><b>Légende</b> : x : interdit.                      a : Autorisé dans les conditions générales précisées dans les articles de la norme NFC 15-100 cités dans la colonne 2.</p>										
9.4.2. DÉSIGNATION ET CHOIX DES CONDUITS EN MONTAGE APPARENT	NATURE DES LOCAUX										
	Nature des conduits (montage apparent)	Sans risques spéciaux (AD1)	Temporairement humides (AD2)	Humides (AD3)	Mouillés (AD4)	Emplacements extérieurs (AD5)	Salles d'eau	Garages de + de 100 m <sup>2</sup>	Chaufferies en soutes		
	IRL	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	
	MRL	oui	oui	non	non	non	non	non	oui	oui	
	ICA	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	
	CSA	oui	oui	non	non	non	non	non	oui si P	oui si P	
	ICTA	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	
ICTL	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui		
<p>Les principales catégories de conduits sont désignées comme suit :</p> <p>ICTL et ICTA : Conduits de section droite circulaire, isolants, cintrables, déformables et transversalement élastiques : NF C 68-105.                      ICA : Conduits de section droite circulaire, isolants cintrables, non propagateurs de la flamme : NF C 58-106.                      IRL : Conduits de section droite circulaire isolants lisses rigides non filetables, non propagateurs de la flamme NF C 68-107.                      MRL : Conduits de section droite circulaire, métalliques, lisses, rigides, très lourds, filetables et non filetables, non propagateurs de la flamme : NF C 68-108.                      CSA : Conduits de section droite circulaire, métalliques, flexibles, souples, lourds : NF C 68-109.</p>											

**9.4.3.  
PASSAGE DE  
PLUSIEURS  
CIRCUITS  
DANS UN MEME  
CONDUIT**

SECTIONS TOTALES, ISOLANTS COMPRIS DES CONDUCTEURS H07V (mm <sup>2</sup> )			SECTIONS INTERIEURES UTILES DES CONDUITS (mm <sup>2</sup> )					
Section de l'âme (mm <sup>2</sup> )	Section totale		Référence $\varnothing$ extérieur (mm)	ICA ICTL ICTA	IRL	MRL		CSA
	H07V-U ou R	H07V-K				non filetable	filetable	
1,5	8,55	9,6	16	30	44	51	45	30
2,5	11,9	13,85	20	52	75	85	74	52
4	15,2	18,1	25	88	120	134	124	88
6	22,9	31,2	32	155	202	230	217	155
10	36,3	45,4	40	255	328	370	354	255
16	50,3	60,8	50	411	514	593	573	411
25	75,4	95	63	724	860	961	923	724

**Exemple :** Passage dans un conduit de 3 circuits de conducteurs H07V-U :

- 1 circuit 2 x 1,5 mm<sup>2</sup> → 17,1 mm<sup>2</sup> (2 x 8,55)
- 1 circuit 3 x 2,5 mm<sup>2</sup> → 35,7 mm<sup>2</sup> (3 x 11,90)
- 1 circuit 3 x 4 mm<sup>2</sup> → 45,6 mm<sup>2</sup> (3 x 15,20)

Section totale : 98,4 mm<sup>2</sup>

Référence des conduits utilisables : ICA, ICTL, ICTA de 32 mm.  
IRL de 25 mm.

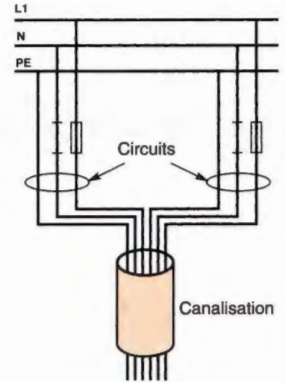
**Remarques :**

- Une **canalisation** peut être constituée des conducteurs d'un ou plusieurs circuits.
- Un **circuit** est l'ensemble des matériels (conducteurs, appareillage...) de différentes phases alimentés par la même source d'énergie et protégés par le ou les mêmes dispositifs.
- Le **circuit terminal** est celui protégé par le dernier dispositif de protection.

Un câble, un conduit, ne doivent contenir que les conducteurs d'un seul et même circuit sauf si les quatre conditions suivantes sont simultanément remplies :

1. Tous les conducteurs doivent être isolés pour la plus grande tension de service.
2. Tous les circuits sont issus d'un même appareil général de commande et de protection, sans interposition d'appareils transformant le courant électrique (transformateur, redresseur...)
3. Les sections des conducteurs de phase doivent être identiques ou ne pas différer de plus d'un double intervalle séparant trois valeurs normalisées successives (**Exemple** : 1,5 + 2,5 + 4 et non 1,5 + 4 + 6).
4. Chaque circuit doit être protégé séparément contre les surintensités.

**Note :** si les différents circuits intéressent une même machine il suffit de respecter les conditions (1) et (4).



**9.4.4.  
SECTION DES  
CONDUCTEURS  
EN FONCTION  
DU COURANT  
NOMINAL DE  
LA PRISE  
DE COURANT**

Concernant les câbles souples, leur longueur peut être supérieure à 10 m ou leur section peut être inférieure à celle indiquée ci-contre, à condition d'y adjoindre un dispositif de protection à courant différentiel résiduel (de préférence  $I_{\Delta n} \leq 30$  mA).

SECTION DES CONDUCTEURS (mm <sup>2</sup> )	SOCLE DE PRISE DE COURANT (A)
1,5	16
2,5	20 ou 25
4	32
6	40 ou 50
10	63
16	80 ou 100
25	125

**9.4.5.  
PUISSANCE  
ADMISE EN  
FONCTION  
DU TYPE  
DE DOUILLE**

Ces valeurs sont valables pour des douilles métalliques ou en matière céramique. Pour les douilles en autres matériaux des valeurs plus faibles doivent être fixées. Ces valeurs ne sont pas applicables aux douilles incorporées à des appareils d'éclairage.

TYPE		COURANT NOMINAL (A)	PUISSANCE MAXI DE LA LAMPE (W)
DOUILLES À BAÏONNETTE	B 15	2	60
	B 22	4*	150
DOUILLES À VIS	E 14	1	200
	E 27	2	400
	E 40	15	3 000

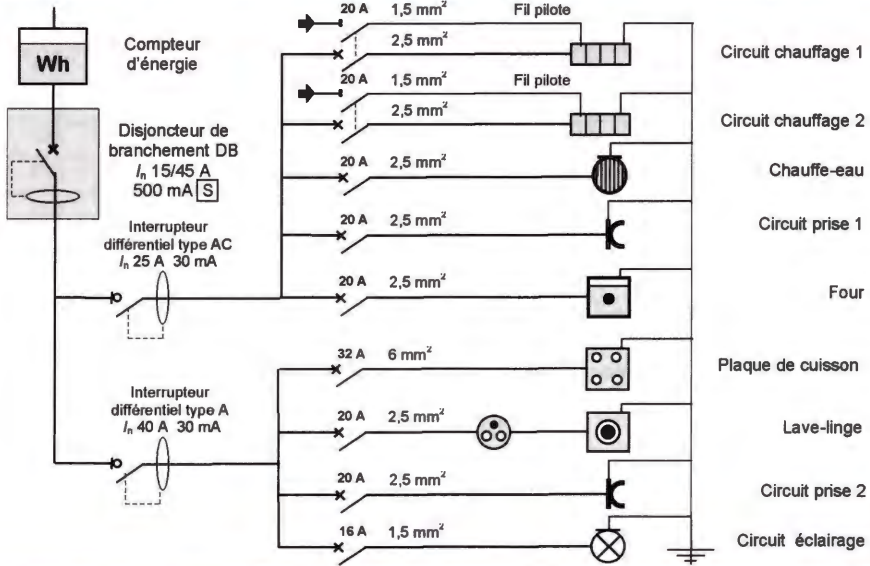
\* Réduit à 2,6 A pour les douilles à interrupteur

## 9.5. SCHÉMAS DE PRINCIPE D'UNE INSTALLATION

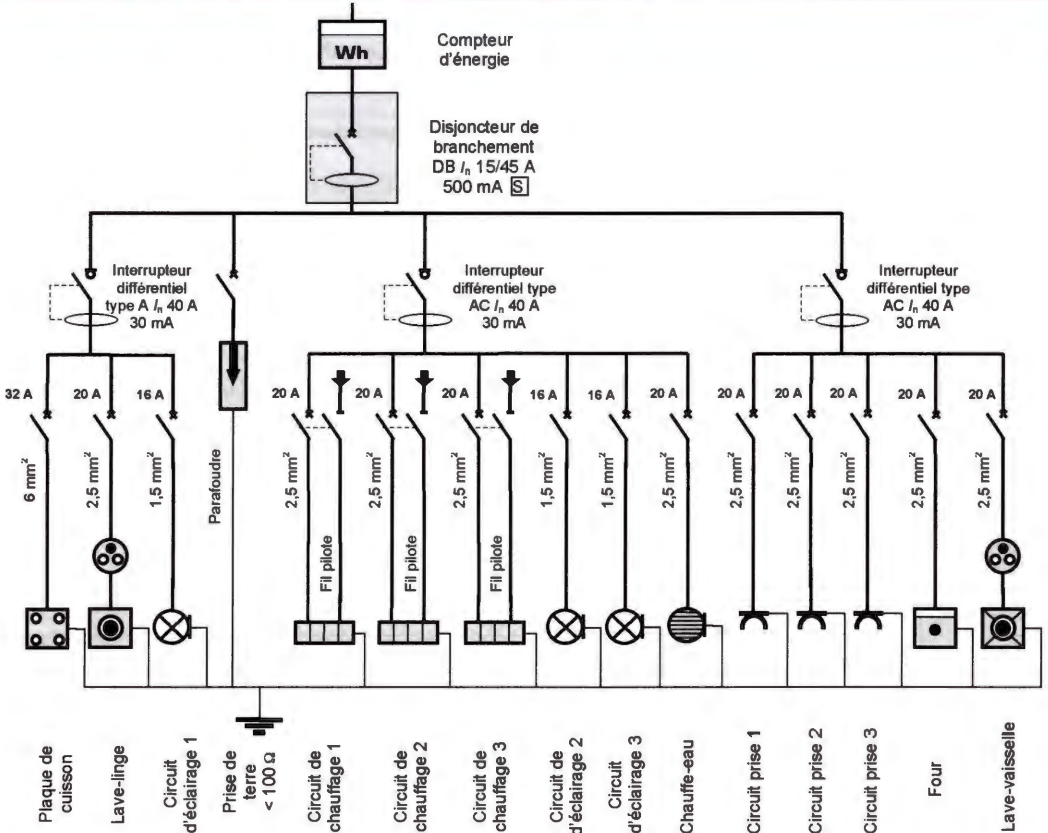
(NFC 15 100 du 5 décembre 2002 applicable à compter du 1<sup>er</sup> juillet 2004)

### 9.5.1. SURFACE DE LOGEMENT $\leq$ À 35 m<sup>2</sup>

D'après HAGER-TEHALIT

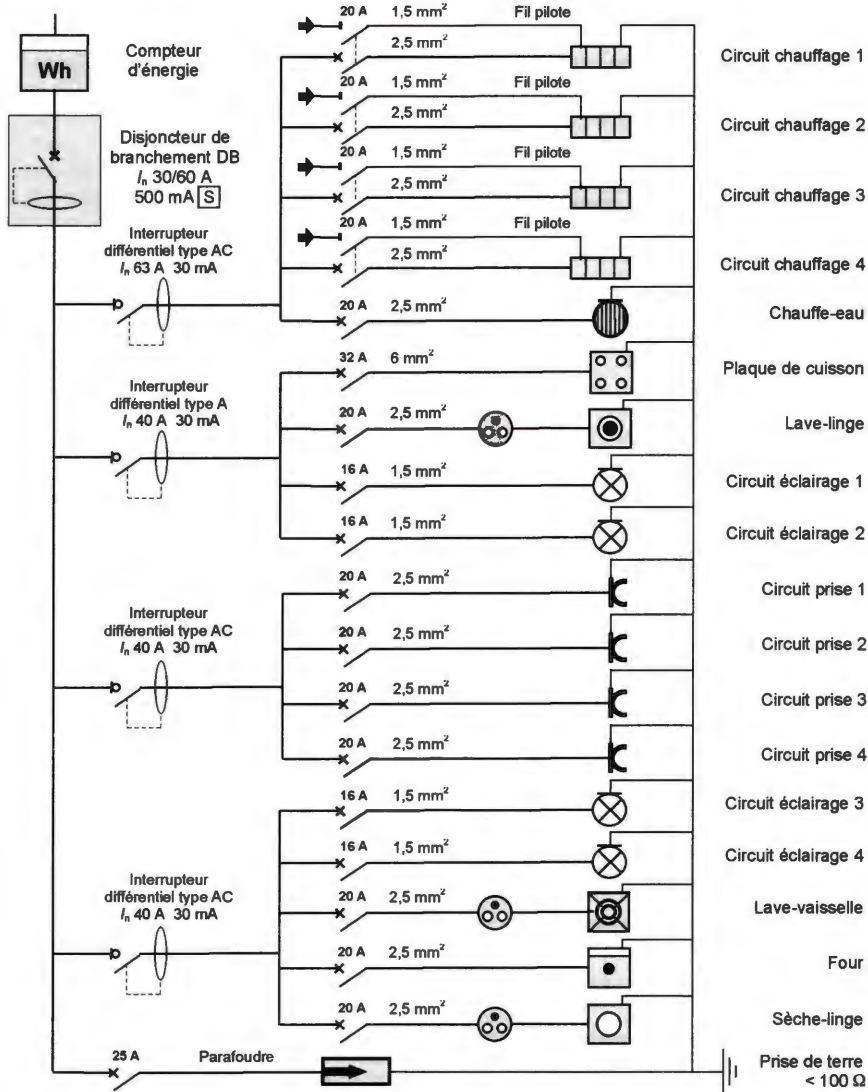


### 9.5.2. SURFACE DE LOGEMENT DE 35 À 100 m<sup>2</sup>



**Note** : parafoudre § 9.10.

### 9.5.3. SURFACE DE LOGEMENT OU DE MAISON INDIVIDUELLE $\geq 100 \text{ m}^2$



#### Dispositions complémentaires :

- Le conducteur de protection est obligatoire sur tous les circuits.
- Tout circuit terminal doit disposer, à son origine, d'un dispositif de sectionnement de tous les conducteurs actifs, y compris le conducteur de neutre. (Les disjoncteurs ou coupe-circuits portant la marque NF remplissent la fonction de sectionnement)
- Toutes les prises de courant  $\geq 16 \text{ A}$  doivent être du type à obturateur.
- Le tableau de répartition principal doit disposer d'une réserve minimale de 20 %.
- Si le disjoncteur de branchement (DB) est différentiel, il doit être du type S (sélectif) et sa sensibilité doit être au plus égale à 500 mA conformément aux règles de la norme N FC 14-100. Il assure ainsi une sélectivité différentielle totale avec les interrupteurs différentiels (ou les disjoncteurs différentiels) 30 mA placés en aval.
- Les circuits spécialisés doivent être mis en œuvre pour les applications suivantes lorsqu'elles sont prévues : les circuits extérieurs, piscines, chaudière, pompe à chaleur, climatisation, appareil de chauffage des salles de bains, toutes les fonctions d'automatismes domestiques...
- La mise en œuvre d'un parafoudre est obligatoire dans les régions où le niveau kéraunique est supérieur à 25 (influence externe AQ2). Dans ce cas, il est recommandé d'installer un parafoudre sur les circuits de communication.
- La résistance de la prise de terre à laquelle sont reliées toutes les masses de l'installation doit être inférieure à 100  $\Omega$ .
- Le sectionnement du fil pilote est obligatoire pour les installations de chauffage électrique.

**Note** : parafoudre § 9.10.

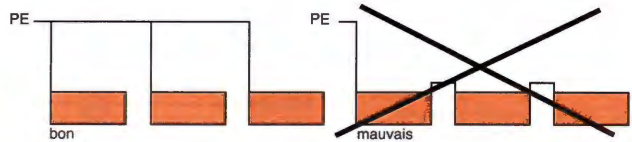
## 9.6. LES CONDUCTEURS DE PROTECTION (PE) (D'après SCHNEIDER ELECTRIC)

### 9.6.1. RACCORDEMENT ET CHOIX

- Les CONDUCTEURS DE PROTECTION assurent l'interconnexion des masses d'utilisation d'une installation BT et l'écoulement des courants de défaut d'isolement. Ils sont reliés à la terre en un point (ou plusieurs en schéma TN) par un conducteur de terre. Ce dernier doit comporter un dispositif (démontable seulement à l'aide d'un outil) pour permettre la mesure de la résistance de la prise de terre.
- Ils doivent être :
  - repérés par la double coloration vert-jaune lorsqu'ils sont isolés ;
  - protégés contre les risques mécaniques et chimiques.
- En schémas IT et TN, il est fortement recommandé de faire cheminer le conducteur de protection dans les mêmes canalisations que les conducteurs actifs du circuit correspondant.

#### CONNEXION

- Les conducteurs de protection (PE) doivent :
  - ne pas comporter d'appareillage ou organe de coupure (coupe-circuit, disjoncteurs, interrupteurs, relais, etc.) ;
  - relier les masses en parallèle et non en série ;
  - dans les tableaux on prévoira une borne par conducteur PE.
- En schéma TT, le conducteur de protection peut suivre un parcours autre que celui des conducteurs actifs.
- En schémas IT et TN, le conducteur PE ou PEN doit cheminer à côté des phases, sans interposition de matériau ferromagnétique. Il doit toujours être raccordé à la borne masse d'un récepteur.
- En schéma TN-C le neutre et le conducteur de protection sont réunis en un seul conducteur : PEN.



Obligation de brancher les récepteurs en parallèle



Raccordement du PEN à la borne masse du récepteur



Dédoublement du PEN au passage de TN-C au TN-S

#### CHOIX DU CONDUCTEUR DE PROTECTION

Type de conducteur de protection		Schéma IT	Schéma TN	Schéma TT	Condition de mise en œuvre
Conducteur supplémentaire	appartenant au même câble que les phases ou empruntant la même canalisation	fortement recommandé	fortement recommandé	bon	Le conducteur de protection doit être isolé de la même manière que les phases.
	indépendant des conducteurs de phase	possible <sup>(1)</sup>	possible <sup>(1) (2)</sup>	bon	
Enveloppe métallique de canalisations préfabriquées <sup>(5)</sup>		possible <sup>(3)</sup>	PE possible <sup>(3)</sup> PEN <sup>(8)</sup>	bon	– Le conducteur de protection peut être nu ou isolé <sup>(2)</sup> . – La continuité électrique doit être assurée de façon à être protégée contre les détériorations mécaniques, chimiques et électrochimiques. – Leur conductibilité doit être suffisante.
Gaine extérieure des conducteurs blindés à isolant minéral		possible <sup>(3)</sup>	PE possible <sup>(3)</sup> PEN déconseillé <sup>(2) (3)</sup>	possible	
Certains éléments conducteurs <sup>(6)</sup> tels que : – charpentes – bâtis de machines – conduites d'eau <sup>(7)</sup>		possible <sup>(4)</sup>	PE possible <sup>(4)</sup> PEN interdit	possible	
Chemins de câbles métalliques		possible <sup>(4)</sup>	PE possible <sup>(4)</sup> PEN déconseillé <sup>(2) (4)</sup>	possible	

Sont interdits : les conduits métalliques, les canalisations de gaz et de chauffage, les cuirasses de câbles.

(1) En schémas TN et IT, l'élimination des défauts d'isolement est généralement confiée aux dispositifs de protection de surintensité (disjoncteurs ou fusibles) et l'impédance des boucles de défaut doit être aussi faible que possible. Le meilleur moyen pour arriver à ce résultat est encore d'utiliser comme conducteur de protection un conducteur supplémentaire appartenant au même câble (ou empruntant la même canalisation que les phases).  
 (2) Le conducteur PEN remplit également la fonction de neutre. Il peut donc être parcouru par un courant important en permanence. Il

est par conséquent recommandé d'utiliser un conducteur isolé.  
 (3) Le constructeur indique les valeurs des composantes  $R$  et  $X$  des impédances nécessaires (phase/PE, phase/PEN). Cela permet de s'assurer des conditions pour le calcul des composantes de boucle.  
 (4) Possible mais déconseillé car l'impédance des boucles de défaut ne peut pas être connue au moment de l'étude. Seules des mesures sur le site, une fois l'installation terminée, permettront de s'assurer de la protection des personnes.  
 (5) Elle doit permettre le raccordement

d'autres conducteurs de protection. Attention : ces éléments doivent comporter une indication visuelle individuelle vert/jaune de 15 à 100 mm de long (ou des lettres PE à moins de 15 cm de chaque extrémité).  
 (6) Ces éléments ne doivent pouvoir être démontés que s'il est prévu des mesures compensatrices pour assurer la continuité de protection.  
 (7) Sous réserve de l'accord du distributeur d'eau.  
 (8) Dans les canalisations préfabriquées, l'enveloppe métallique peut être utilisée comme conducteur PEN, en parallèle avec la barre correspondante.

## 9.6.2. DIMENSIONNEMENT DU CONDUCTEUR DE PROTECTION (PE)

- Le NEUTRE et le CONDUCTEUR DE PROTECTION ne peuvent être confondus que si la section du conducteur PEN est  $\geq 10 \text{ mm}^2$  Cu ou  $\geq 16 \text{ mm}^2$  Alu.
- Un conducteur PEN est interdit en câble souple.
- Le conducteur PEN assurant la fonction de neutre ne peut avoir sa section inférieure à celle nécessaire pour le neutre.
- Cette section ne peut être inférieure à celle des phases que si :
  - la puissance des récepteurs monophasés ne dépasse pas 10 % de la puissance totale ;
  - l'intensité maximale susceptible de parcourir le neutre en service normal est inférieure à l'intensité admissible.

Section des conducteurs de phase $S_{Ph}$ (mm <sup>2</sup> )	Section du conducteur PE		Section du conducteur PEN	Section des conducteurs de terre (entre la prise de terre et la borne principale de terre)
	Cu	Alu		
méthode simple	$\leq 16$	$\leq 16$	$S_{PE} = S_{PH}^{(1)}$  $S_{PEN} = S_{PH}$ avec mini $10 \square$ Cu, $16 \square$ Alu	- en présence de protection mécanique : $S = \frac{I\sqrt{t}^{(2)}}{k}$ - sans protection mécanique mais avec protection contre la corrosion par la gaine mini $16 \text{ mm}^2$ pour Cu ou acier galvanisé : - sans protection mécanique et sans protection contre la corrosion mini de $25 \text{ mm}^2$ pour Cu nu et $50 \text{ mm}^2$ pour acier galvanisé.
		25		
	25, 35	35		
	> 35	> 35	$S_{PE} = S_{PH}/2$	
méthode adiabatique	quelconque		$S_{PE} = \frac{I\sqrt{t}^{(1)(2)}}{k}$	

Fig. 1 - Sections minimales des conducteurs de protection et des conducteurs de terre.

(1) Lorsque le conducteur PE ne fait pas partie de la canalisation d'alimentation, les valeurs minimales doivent être respectées :

- $2,5 \text{ mm}^2$  si le PE a une protection mécanique,
- $4 \text{ mm}^2$  si le PE n'a pas de protection mécanique.

(2) Voir les tableaux (Fig. 2 et 3) pour l'utilisation de cette formule.

(3) De manière à respecter les conditions indiquées ci-dessus.

S (mm <sup>2</sup> )	PVC		PR		Valeur de k	Nature de l'isolant polychlorure de vinyle (PVC)	Polyéthylène réticulé (PR) éthyène propylène (EPR)
	Cu	Alu	Cu	Alu			
k	115	76	143	94	Température finale (°C)	160	250
k <sup>2</sup>	13225	5776	20449	8836			
1,5	0,0297	0,0130	0,0460	0,0199	Conducteurs isolés non incorporés aux câbles	température initiale 0 initial = 30 °C	température initiale 0 initial = 30 °C
2,5	0,826	0,0361	0,1278	0,0552			
4	0,2116	0,0924	0,3272	0,1414			
6	0,4761	0,2079	0,7362	0,3181	ou nus en contact avec le revêtement des câbles		
10	1,3225	0,5776	2,0450	0,8836			
16	3,3856	1,4786	5,2350	2,2620			
25	8,2656	3,6100	12,7806	5,5225	Conducteurs constitutifs d'un câble multi-conducteur	température initiale 0 initial = 30 °C	température initiale 0 initial = 30 °C
35	16,2006	7,0756	25,0500	10,8241			
50	29,839	13,032	46,133	19,936			
					cuivre	143	176
					aluminium	95	116
					acier	52	64
					cuivre	115	143
					aluminium	76	94

Fig. 2 - Contrainte thermique admissible maximum dans les conducteurs des câbles ( $A^2 \cdot \text{Sec} \cdot 10^6$ ).

Fig. 3 - Valeurs du coefficient k à retenir dans les formules (2) ci-dessus.

## 9.6.3. SECTION DES CONDUCTEURS DE PROTECTION ENTRE LE TRANSFORMATEUR HT/BT ET LE TABLEAU GÉNÉRAL BT EN FONCTION DE LA PUISSANCE DU TRANSFORMATEUR ET DU TEMPS DE FONCTIONNEMENT DE LA PROTECTION

La puissance à prendre en considération est celle de tous les transformateurs en parallèle.

La NFC 15-100 indique la section des conducteurs (en mm<sup>2</sup>) entre transformateur HT/BT et tableau général BT en fonction :

- de la puissance nominale des transformateurs HT/BT (P en kVA) ;
- du temps d'élimination du courant de court-circuit par la protection Haute Tension (t en secondes) ;
- de l'isolation et de la nature du métal des conducteurs.

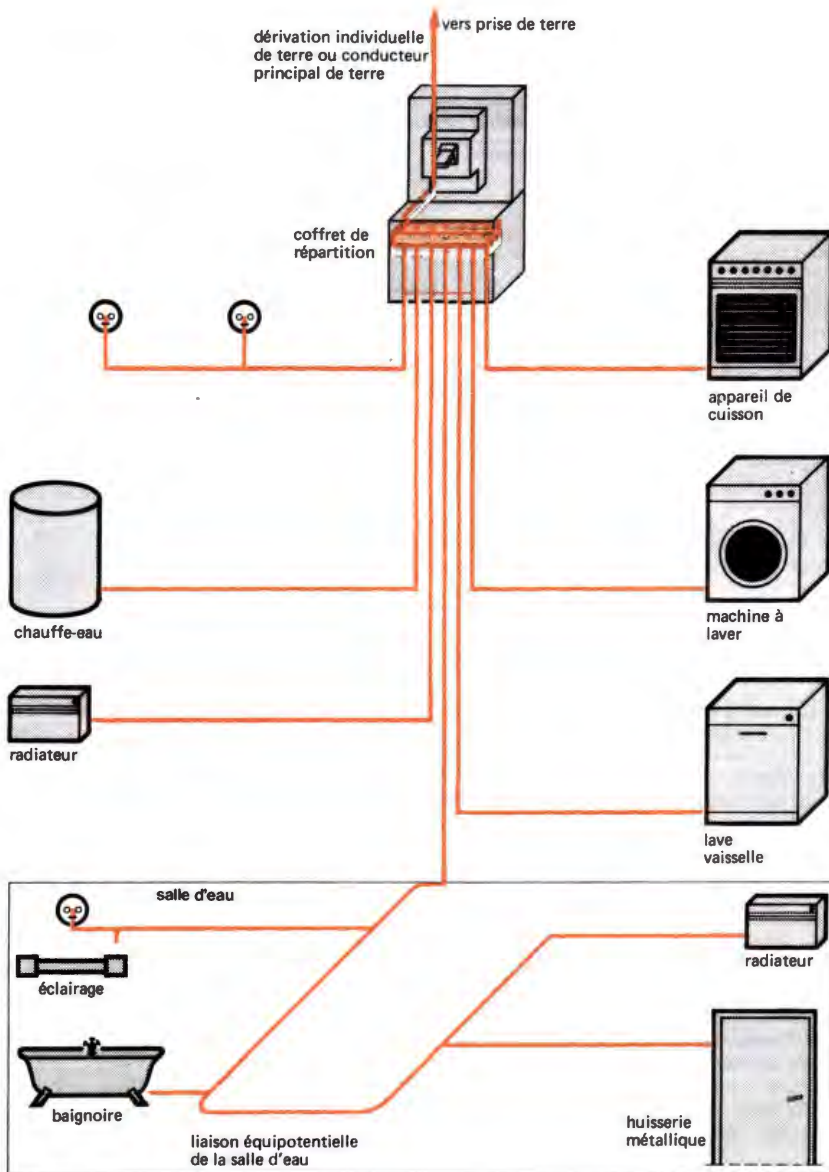
Si la protection est assurée par fusible HT, on utilisera les colonnes 0,2 s.

En schéma IT, si un dispositif de protection contre les surtensions (cardew) est inséré, le même dimensionnement s'applique à ses conducteurs de raccordement.

P (kVA)	Nature des conducteurs	Conducteurs nus			Conducteurs isolés au PCV			Conducteurs isolés au PR			
		Tension BT			0,2 s			0,2 s			
		130/230 V	230/400 V	Alu t (s)	0,2 s	0,5 s	0,2 s	0,5 s	0,2 s	0,5 s	
$\leq 63$	$\leq 100$	Section des conducteurs de protection $S_{PE}$ (mm <sup>2</sup> )	25	25	25	25	35	50	25	25	25
100	160		25	25	50	25	35	50	25	35	50
125	200		25	35	50	35	50	70	25	35	70
160	250		25	50	70	35	50	95	35	50	70
200	315		35	50	95	50	70	120	35	70	95
250	400		50	70	95	70	95	150	50	70	120
315	500		50	95	120	70	120	185	70	95	150
400	630		70	95	150	95	150	240	70	120	150
500	800		70	120	185	95	150	240	95	120	185
630	1000		95	120	185	120	185	300	95	150	185
800	1250	95	150	240	120	240	300	120	185	240	

## 9.6.4. EXEMPLE DE DISTRIBUTION D'UN CONDUCTEUR DE PROTECTION

- Le coffret de répartition comporte un bornier de terre auquel doit être raccordée la dérivation individuelle de terre (immeuble collectif) ou le conducteur principal de protection (construction individuelle).
- Les conducteurs de protection sont distribués dans toute l'installation, repérés « vert-jaune », ils ne peuvent être affectés chacun qu'à un seul circuit.
- Éléments à relier à un conducteur de protection :
  - Les masses métalliques des appareils électriques (de classe 01 et I) installés à poste fixe : radiateurs, appareils d'éclairage, chauffe-eau...
  - Les contacts de terre des MRL et CSA.
  - Les conduits métalliques (MRL et CSA).
  - La liaison équipotentielle des salles d'eau.
  - Les huisseries métalliques si elles servent au passage de canalisations électriques sous conduit métallique, ou si elles servent de support à l'appareillage électrique (prises de courant, interrupteurs...).



## 9.7. LE CONDUCTEUR NEUTRE

### 9.7.1. DIMENSIONNEMENT DU CONDUCTEUR NEUTRE

- La section et la protection du conducteur neutre, outre l'intensité à véhiculer, dépendent :
  - du schéma des liaisons à la terre,
  - du mode de protection contre les contacts indirects.
- INFLUENCE DU SCHÉMA DES LIAISONS A LA TERRE
- SCHÉMAS TT, TNS et IT
  - Circuits monophasés ou de section  $\leq 16 \text{ mm}^2$  en cuivre ou  $\leq 25 \text{ mm}^2$  en aluminium : la section du neutre doit être égale à celle des conducteurs de phase.
  - Circuits triphasés de section  $> 16 \text{ mm}^2$  en cuivre ou  $25 \text{ mm}^2$  en aluminium : égale à celle des conducteurs de phase ou inférieure à condition que :
    - le courant susceptible de parcourir le neutre en service normal soit inférieur au courant admissible dans le conducteur,
    - la puissance transportée par le circuit soit effectivement absorbée par des appareils alimentés entre phases,
    - le conducteur neutre soit protégé contre les courts-circuits.

### 9.7.2. PROTECTION DU CONDUCTEUR NEUTRE

Elle dépend des schémas des liaisons à la terre (voir chapitre 4).

## 9.8. LES PRISES DE TERRE

(D'après SCHNEIDER ELECTRIC)

### 9.8.1. LES LIAISONS À LA TERRE

#### DÉFINITIONS :

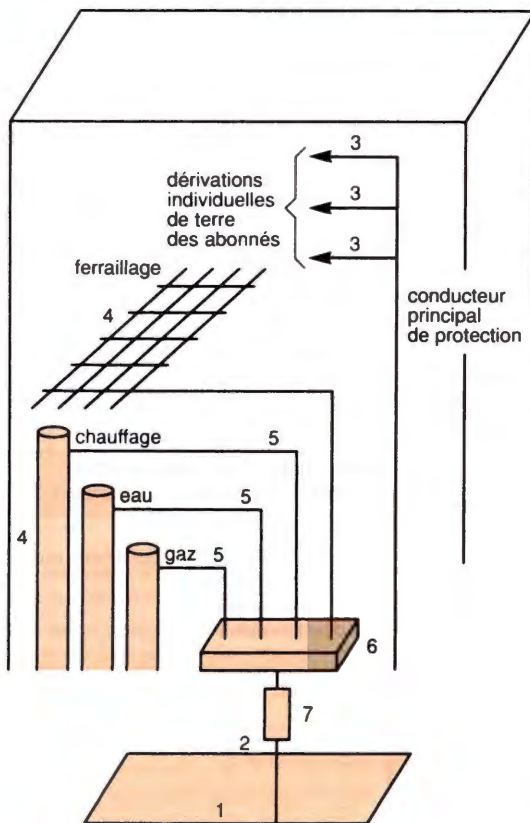
- (1) : Prise de terre.
- (2) : Conducteur de terre reliant la borne principale de terre à la prise de terre.
- (3) : Conducteur de protection reliant électriquement certaines parties : masses, éléments conducteurs, prises de terre, point de mise à la terre de la source d'alimentation au point neutre artificiel.
- (4) : Élément conducteur étranger à l'installation électrique.
- (5) : Conducteur d'équipotentialité.
- (6) : Borne principale ou barre principale de terre assurant la liaison équipotentielle.
- (7) : Barrette de coupure permettant de vérifier la valeur de la résistance de terre.

#### Terre :

masse conductrice de la terre dont le potentiel électrique en chaque point est considéré comme égal à zéro (référence théorique).

#### Masse :

partie conductrice d'un matériel électrique susceptible d'être touchée par une personne et qui pourrait être accidentellement sous tension.



## 9.8.2. MISE À LA TERRE DES HUISSERIES MÉTALLIQUES

NATURE DES LOCAUX OU EMPLACEMENTS		L'HUISSERIE MÉTALLIQUE			
		CONTIENT DES CANALISATIONS ÉLECTRIQUES SOUS CONDUITS		SUPPORTE DE L'APPAREILLAGE	NE SUPPORTE ET NE CONTIENT AUCUN ÉQUIPEMENT ÉLECTRIQUE
		ISOLANTS ICA-IRL	MÉTALLIQUES MRL CSA		
SECS ET NON CONDUCTEURS (a)	à moins de 2 m de tout élément conducteur ou d'une masse (b)	NON	OUI	NON (d)	NON
	à plus de 2 m de tout élément conducteur ou d'une masse (c)	NON	NON	NON	NON
SALLES D'EAU		OUI	INTERDIT	OUI	OUI
AUTRES LOCAUX		NON	OUI	OUI	NON

OUI : l'huisserie métallique doit être reliée au conducteur de protection de l'installation.

NON : l'huisserie métallique n'est pas reliée à un conducteur de protection.

(a) Tels que les salles de séjour, salles à manger, chambres...

(b) Ces masses sont celles des équipements fixes ou installés à poste fixe.

(c) Tels que cuisines, séchoirs, caves...

(d) À condition que l'appareillage soit du type huisserie avec capot (C 15-100 § 531-2-4).

<b>9.8.3. MASSES ET ÉLÉMENTS CONDUCTEURS</b>	<b>Composants à considérer comme des éléments conducteurs</b>	<b>Composants à considérer comme des masses</b>
	<b>1. Éléments utilisés dans la construction des bâtiments</b> – métalliques ou en béton armé : – charpente, – armature, – panneaux préfabriqués armés ; – revêtement des surfaces : – sols et murs en béton armé sans autre revêtement, – carrelages, – revêtements métalliques, – parois métalliques.	<b>1. Canalisations</b> – conduits M (MRL – CSA) ; – câbles isolés au papier imprégné sous plomb nu ou sous plomb armé sans autre revêtement ; – conducteurs blindés à isolant minéral.
	<b>2. Éléments entrant dans l'environnement de la construction des bâtiments</b> – canalisations métalliques de gaz, d'eau, de chauffage ; – les appareils non électriques qui y sont reliés (fours, cuves, réservoirs, radiateurs) ; – huisseries métalliques dans salle d'eau ; – papiers métallisés.	<b>2. Appareillage</b> – châssis de débouchage.
	<b>Composants à ne pas considérer comme des éléments conducteurs</b>	<b>Composants à ne pas considérer comme des masses</b>
– parquets en bois ; – revêtement de sol en caoutchouc ou en linoléum ; – parois en plâtre sec ; – murs en briques ; – tapis et moquettes.	<b>3. Appareils d'utilisation</b> – parties métalliques extérieures des appareils de classe I.  <b>4. Éléments non électriques</b> – huisseries métalliques si elles servent au passage des canalisations avec des conduits MRL – CSA ; – objets métalliques : – à proximité des conducteurs aériens ou jeux de barres, – au contact d'équipement électrique.	
	<b>1. Canalisations</b> – conduits I (IRL – ICA – ICTL – ICTA) ; – moulures en bois ou matière isolante ; – conducteurs et câbles ne comportant aucun revêtement métallique : H07V, H07 RN. F, 05VV, R2V. R12N.	
	<b>2. Appareillage</b> – les enveloppes isolantes extérieures des matériels électriques lorsqu'elles ne sont pas en contact avec un élément conducteur.	
	<b>3. Appareils d'utilisation</b> – tous les appareils de la classe II quel que soit le type d'enveloppe extérieure.	

**9.8.4.  
PRISES  
DE TERRE  
DE FAIT**

Les canalisations métalliques d'eau peuvent être utilisées comme prise de terre, sous réserve de l'accord du distributeur.

Les gaines de plomb des câbles en contact direct avec le sol peuvent être utilisées comme prise de terre sous réserve de l'accord de l'utilisateur des câbles.

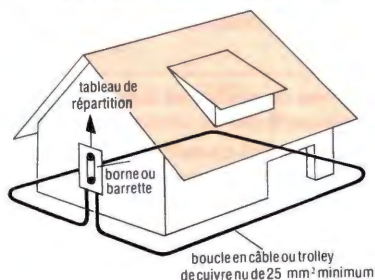
Il est INTERDIT d'utiliser comme PRISE DE TERRE les canalisations : de gaz de chauffage central, de conduits de vidange, de fumée ou d'ordures ménagères.

**9.8.5.  
CHOIX DE LA  
PRISE DE TERRE**

**• BÂTIMENTS NEUFS**

- Boucle à fond de fouille pendant la construction des bâtiments, constituée :
  - soit par un conducteur en cuivre nu d'au moins 25 mm<sup>2</sup>,
  - soit par un feuilard en acier d'au moins 100 mm<sup>2</sup> de section et de 3 mm d'épaisseur, ou par un câble d'acier de 95 mm<sup>2</sup> noyé dans le béton de propreté de la fondation. Le feuilard sera placé sur chant et enrobé de 3 cm de béton.

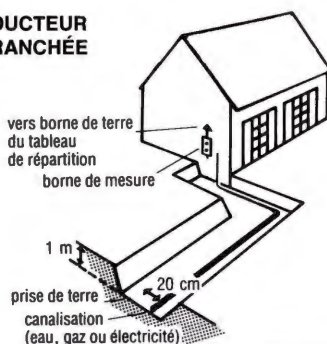
**BOUCLE À FOND DE FOUILLE**



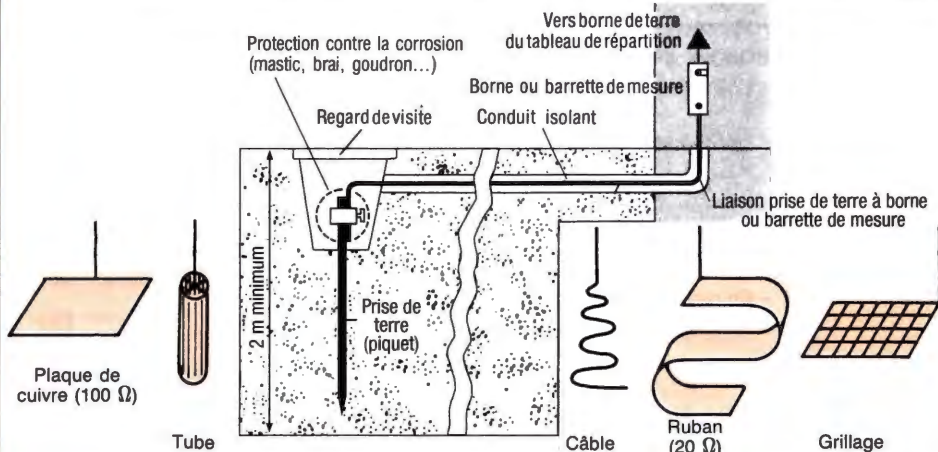
**• BÂTIMENTS DÉJÀ CONSTRUITS**

- Profiter de la pose de raccordements divers (eau, gaz, électricité) pour poser dans la même tranchée le câble de terre à condition de ménager un espace d'au moins 20 cm par rapport aux autres canalisations.

**CONDUCTEUR  
EN TRANCÉE**



**9.8.6.  
NATURE  
DES PRISES  
DE TERRE**



- Piquets ou tubes – rubans ou fils – plaques – ceinturage à fond de fouille – armatures du béton noyées dans le sol – conduits métalliques d'eau dans les conditions du § 9.8.5.
- Autres structures enterrées appropriées dans les conditions du § 9.8.5.

**9.8.7.  
SECTIONS  
MINIMALES  
CONVENTION-  
NELLES DES  
CONDUCTEURS  
DE TERRE**

	PROTÉGÉ MÉCANIQUEMENT	NON PROTÉGÉ MÉCANIQUEMENT
Protégé contre la corrosion par la gaine	Suivant l'article 543.1	16 mm <sup>2</sup> : Cuivre 16 mm <sup>2</sup> : Acier galvanisé
Non protégé contre la corrosion		25 mm <sup>2</sup> : Cuivre 50 mm <sup>2</sup> : Acier galvanisé

Sont considérés comme sols isolants les parquets en bois, les sols revêtus de moquette ou avec revêtements plastique ou en linoléum.  
Par contre, les sols en béton ou revêtus de carrelage ne sont pas considérés comme isolants. Il en est de même de tous les revêtements métalliques (C 15-100, article 234-2).

**9.8.8.  
MISE À LA  
TERRE DE  
L'APPAREILLAGE  
ET DES  
APPAREILS**

Locaux	Appareils d'éclairage	Autres appareils	Prises courant
<b>Parties privatives</b> Salles de séjour, chambres, couloirs, dégagements, escaliers intérieurs, greniers, combles à : - sols isolants - sols non isolants  Cuisines** Salles d'eau (en dehors du volume de protection), caves, garages individuels	A B	A B	A B*
<b>Parties communes des bâtiments collectifs</b> Escaliers, couloirs et locaux analogues Locaux techniques (chaufferies, machineries d'ascenseurs, surpresseurs)	B B	B B	B B

A Pas de pose à la terre. Les socles de prises de courant ne comportent pas de contact de terre. Il est admis que le circuit correspondant ne comporte pas de conducteur de protection.

B Mise à la terre ou classe II. Les socles de prises de courant doivent comporter un contact de terre. Les circuits correspondants doivent comporter un conducteur de protection.

\* Des prises de courant sans contact de terre peuvent être installées si elles sont alimentées individuellement par un transformateur de séparation ou si elles sont protégées individuellement par un dispositif différentiel à haute sensibilité.

\*\* Les sorties de conducteurs en appliques installées dans les cuisines doivent comporter un conducteur de protection.

**9.8.9.  
RÉALISATION  
DES PRISES  
DE TERRE**

**BOUCLE À FOND DE FOUILLE (§ 9.8.5.)**

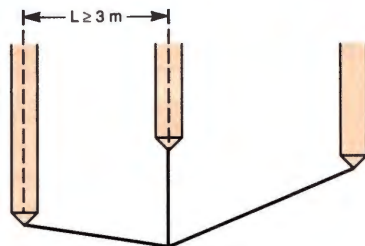
- C'est la meilleure solution.

- Résistance obtenue en  $\Omega$   $R = \frac{2\rho}{L}$   $\rho$  : résistivité du sol ( $\Omega \cdot m$ ).  
 $L$  : longueur de la boucle (m).

**PIQUETS**

- Solution retenue pour les bâtiments existants.
- En cuivre rond  $\varnothing \geq 15$  mm.
- En acier galvanisé :
  - rond  $\varnothing \geq 15$  mm.
  - tube  $\varnothing \geq 25$  mm.
  - profilé de 60 mm de côté minimum.
- Longueur  $\geq 2$  m

$R = \frac{1}{n} \frac{\rho}{L}$   $n$  : nombre de piquets.

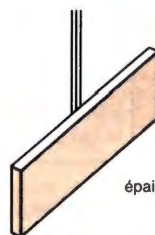


piquets reliés en parallèle

**PLAQUES VERTICALES**

- Plaques carrées ou rectangulaires ( $L \geq 0,5$  m).
- Enterrées (centre de la plaque  $\geq 1$  m de profondeur).
- Cuivre de 2 mm d'épaisseur.
- Acier galvanisé de 3 mm d'épaisseur.

$R = \frac{0,8\rho}{L}$

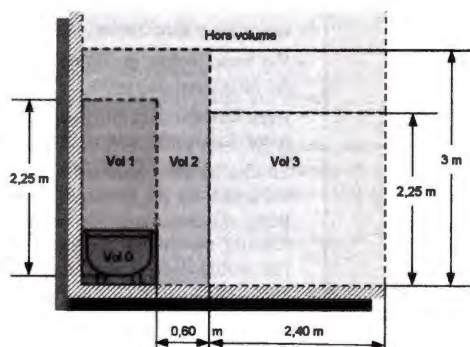
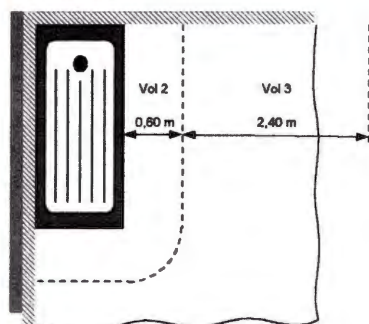


épaisseur 2 mm (Cu)

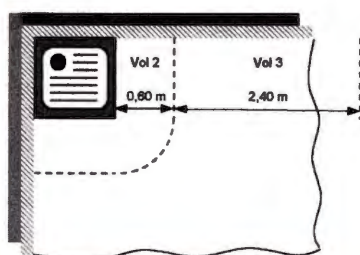
## 9.9. ÉQUIPEMENT ÉLECTRIQUE D'UNE SALLE D'EAU

### 9.9.1. CLASSIFICATION DES VOLUMES

#### BAIGNOIRE



#### DOUCHE



- Volume 0** : Volume intérieur de la baignoire ou du receveur de douche.
- Volume 1** : Volume situé au-dessus du volume 0 et sur une hauteur de 2,25 m à partir du fond de la baignoire ou du receveur de douche.
- Volume 2** : Volume situé hors volumes 0 et 1 dans un rayon au plus égal à 0,60 m et sur une hauteur de 3 m à partir du sol.
- Volume 3** : Volume situé hors volume 2 dans un rayon au plus égal à 2,40 m et sur une hauteur de 2,25 m à partir du sol.

VOLUMES	0	1	2	3
CANALISATIONS	X	II (a)	II (a)	II
APPAREILLAGE	X	X (b)	X (b) (e)	Séparation TBTS (d) DR 30 mA
MATÉRIELS D'UTILISATION	X	X (b) (c)	II (b) (c) (e)	Séparation TBTS (d) DR 30 mA (e)
INDICE DE PROTECTION	IPx7	IPx4	IPx3	IPx1

- X : interdit  
II : matériel de classe II
- (a) : limitées à celles nécessaires à l'alimentation des appareils situés dans ce volume
- (b) : sauf en TBTS  $\leq 12\text{ V}\sim$
- (c) : chauffe-eau électrique admis
- (d) : TBTS  $\leq 50\text{ V}\sim$
- (e) : radiateur électrique admis

### 9.9.2. PRESCRIPTIONS CONCERNANT L'INSTALLATION DES APPAREILS

#### CANALISATIONS ÉLECTRIQUES :

- Il est interdit d'employer des conduits autres qu'isolants.
- Même interdiction pour les conduits encastrés dans les parois de la salle d'eau.

#### MATÉRIELS D'UTILISATION :

Les chauffe-eau doivent être installés dans le volume 3 ou hors volume. Si les dimensions de la salle d'eau ne permettent pas de les installer dans ces volumes, ils peuvent être installés dans :

- le volume 2, à la condition que les canalisations d'eau soient en matériau conducteur,
- le volume 1, à la condition qu'ils soient du type horizontal et placés le plus haut possible et que les canalisations d'eau soient en matériau conducteur.

Lorsqu'un faux plafond ajouré est disposé dans le volume 2 (hauteur comprise entre 2,25 m et 3 m par rapport au sol, l'espace situé au dessus de ce plafond, est assimilé au volume 2 ; dans le cas d'un plafond fermé disposé dans les volumes 1 et 2, cet espace est assimilé au volume 3.

L'espace situé au-dessous de la baignoire ou de la douche est assimilé au volume 3 s'il est fermé et accessible par une trappe pouvant être ouverte seulement à l'aide d'un outil. Dans le cas contraire, les règles du volume 1 s'appliquent à cet espace.

#### LIAISON ÉQUIPOTENTIELLE :

Elle doit relier tous les éléments conducteurs de la salle d'eau et des masses des matériels électriques situés dans les volumes 0, 1, 2 et 3.

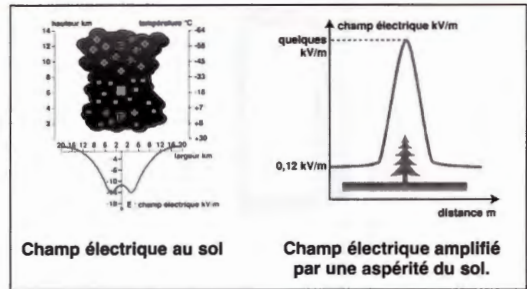
# 9.10. PROTECTION DES INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES CONTRE LA Foudre

(D'après SCHNEIDER ELECTRIC)

## 9.10.1. PHÉNOMÈNES DE Foudre

### - Le champ électrique

- Par beau temps, le champ électrique naturel au sol est de l'ordre de **120 V/m**.
- Avec l'arrivée d'un nuage chargé électriquement, il peut atteindre et dépasser **15 kV/m**.
- Le champ électrique est accentué par les aspérités au sol (collines, arbres, habitations) qui constituent de véritables amplificateurs de champ électrique qui peuvent l'accroître localement jusqu'à **300 fois**.
- Ce phénomène est appelé **effet couronne**. Il favorise l'apparition du coup de foudre à cet endroit.



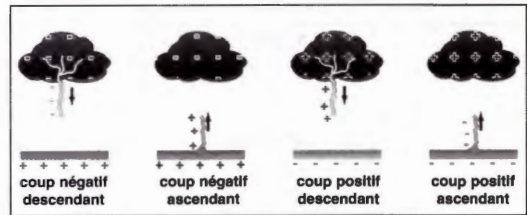
### - Caractéristiques des coups de foudre.

- Le tableau ci-contre résume les principales caractéristiques des coups de foudre négatifs.
- **50 %** dépassent **38 kA** crête, **1 %** sont au-delà de **140 kA**. On remarque que les énergies mises en jeu sont importantes. Le courant de foudre est un courant impulsif de haute fréquence (**HF**) de l'ordre du mégahertz.

probabilité de dépassement	crête de courant	pente	durée totale	nombre de décharges
P (%)	I (kA)	S (kA/μs)	T(s)	n
50	38	48	0,09	1,8
10	68	74	0,56	5
1	140	97	2,7	12

### - Classification des coups de foudre.

- On classe les coups de foudre selon le sens de leur développement et la partie positive ou négative du nuage qui se décharge.
- En terrain plat, les coups de foudre descendants (à partir du nuage) sont les plus fréquents.
- En montagne ou en présence d'une promontorie importante, des coups de foudre ascendants peuvent se développer. Ce sont les plus dangereux, surtout ceux de type positif.



### - Principe d'une décharge électrique

- Exemple d'un coup de foudre négatif descendant (le plus courant) :

1. Le coup de foudre commence par un traceur qui se développe à partir du nuage et progresse par bonds successifs de **30 à 50 m** vers le sol.

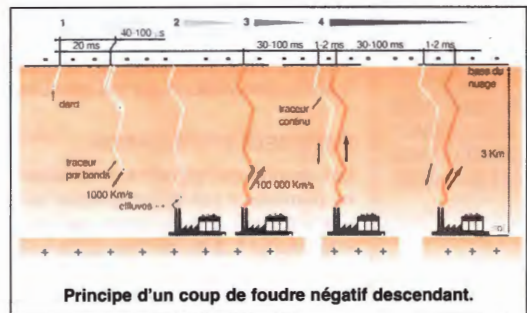
Le traceur est constitué de particules électriques arrachées du nuage par le champ électrique nuage-sol. Ces particules forment un canal lumineux qui se dirige vers le sol.

2. Cela favorise la formation d'un canal ionisé qui va se ramifier.

Arrivé à environ **300 m** du sol des effleures (ou étincelles) vont partir du sol et l'une d'entre elles entrera en contact avec le dard (pointe du traceur).

3. Il apparaît alors un arc électrique très lumineux. Celui-ci provoque le tonnerre, et permet l'échange des charges du condensateur nuage-sol.

4. Une succession d'arcs suivra, appelés arcs subséquents de moins en moins intenses. Entre ces arcs, un traceur continu subsiste faisant circuler un courant de l'ordre de **200 A**, fournissant la décharge d'une partie importante des charges du condensateur.



Principe d'un coup de foudre négatif descendant.

**- Définitions des effets de la foudre.**

Le courant de foudre est donc un courant électrique haute-fréquence. En plus des effets d'induction et de surtension importants, il provoque les mêmes effets que tout autre courant basse fréquence circulant dans un conducteur :

- **les effets thermiques** : fusion aux points d'impacts de la foudre et effet Joule dû à la circulation du courant, provoquant des incendies
- **les effets électrodynamiques** : lorsque les courants de foudre circulent dans des conducteurs parallèles, ils provoquent des forces d'attraction ou de répulsion entre les câbles entraînant des ruptures ou des déformations mécaniques (câbles écrasés ou aplatis)
- **les effets de déflagration** : le canal de foudre engendre une dilatation de l'air et une surpression jusqu'à une dizaine de mètres de distance. Un effet de souffle brise les vitres ou cloisons et peut projeter des animaux ou des personnes à plusieurs mètres. Cette onde de choc se transforme simultanément en onde sonore : le tonnerre
- **Les surtensions** conduites à la suite d'un impact sur des lignes aériennes d'alimentation électrique ou téléphonique
- **les surtensions induites par** l'effet de rayonnement électromagnétique du canal de foudre qui est une antenne de plusieurs kilomètres traversée par un courant impulsionnel très important
- **l'élévation du potentiel de terre** par circulation de courant de foudre dans le sol. Cela explique les foudroiements indirects par tension de pas et les claquages de matériel.

**- Classification des effets de la foudre.**

- En plus des effets produits pour tout courant électrique, la foudre provoque des rayonnements électromagnétiques très importants, qui peuvent induire des surtensions dangereuses dans les réseaux et circuits électriques.
- Ces deux aspects du courant de foudre conduisent à dire qu'il y a deux grandes catégories d'effets à considérer : les **effets directs** et les **effets indirects**.
- Cette classification est résumée dans le tableau ci-contre.

Effets	Manifestations	Types de protection
<b>Directs</b>	La foudre frappe directement la structure, causant des incendies, brûlures et destructions, etc.	Paratonnerres (installés sur ou autour des structures à protéger).
<b>Indirects</b>	La foudre frappe ailleurs, sans toucher la structure (bâtiment ou installation concerné) : les ondes de choc et surtensions arrivent à l'installation par conduction ou par rayonnement.	Parafoudres (installés sur les circuits électriques).

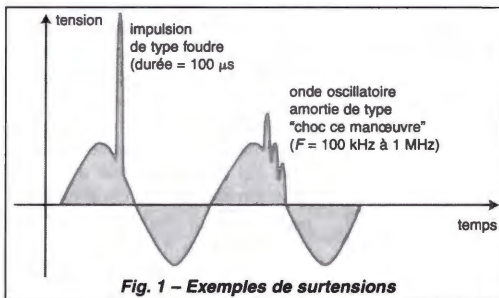
**- Différents types de surtension**

**- Définition**

- Une surtension est une impulsion ou une onde de tension qui se superpose à la tension nominale.
- Exemple de surtension : *Fig. 1.*

**- Caractéristiques d'une surtension.**

- Ce type de surtension est caractérisé par :
  - le **temps de montée ( $t_r$ )** mesuré en  $\mu s$
  - la **pente S** mesurée en  $kA/\mu s$
- Ces deux paramètres vont perturber les équipements et provoquer un rayonnement électromagnétique. D'autre part, la durée de la surtension ( $T$ ) engendre de l'énergie injectée dans les circuits électriques, risquant de détruire du matériel.

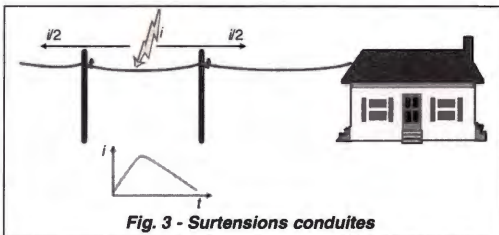
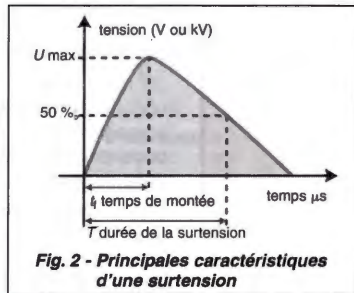


**- Les quatre types de surtension**

- On peut distinguer quatre types de surtension pouvant perturber les installations électriques et les récepteurs :
  - 1 d'origine atmosphérique
  - 2 de manœuvre
  - 3 temporaires à fréquence industrielle
  - 4 par décharges électrostatiques.

**1) Les surtensions d'origine atmosphérique.**

- Les surtensions conduites sont dues à la chute de la foudre sur une, ou près d'une ligne aérienne. Les impulsions générées vont se propager jusqu'à l'habitation.
- Elles vont être amorties par la longueur des lignes et par les éclateurs ou parafoudres **HTA de 75 ou 22 kV**, les transformateurs qu'elles vont rencontrer sur leur chemin. Mais une partie de l'onde parviendra jusqu'aux récepteurs sensibles.



- Les surtensions induites ou rayonnées

- Un coup de foudre indirect qui tombe n'importe où sur le sol est l'équivalent d'une antenne de grande longueur qui rayonne un champ électrique.

- Le rayonnement est d'autant plus important que le front de montée du courant est raide (50 à 100 kA/μs). Les effets se feront sentir à plusieurs centaines de mètres voire plusieurs kilomètres.

- Conséquences :

- Le couplage champ à câble : le champ électromagnétique va se coupler sur tout câble rencontré et générer des surtensions de mode commun et/ou de mode différentiel. Ces surtensions se propagent ensuite par conduction Fig. 4.

- Le couplage câble à câble : diaphonie inductive : de la même façon, le courant de la surtension circulant dans un câble, va générer à son tour un champ électromagnétique dont la composante magnétique H va induire une surtension dans tout câble qui forme une boucle. C'est la diaphonie inductive, diaphonie capacitive : de la même façon, le champ électromagnétique apparaissant lors d'une surtension va induire une surtension sur les câbles voisins à cause des capacités parasites existant entre ces câbles.

- Ce phénomène se rencontre surtout dans les chemins de câbles. Il a des effets néfastes lorsqu'un câble de puissance voisine avec des câbles de courants faibles.

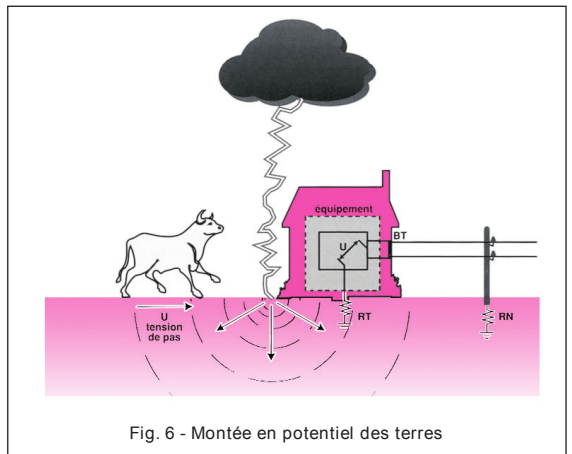
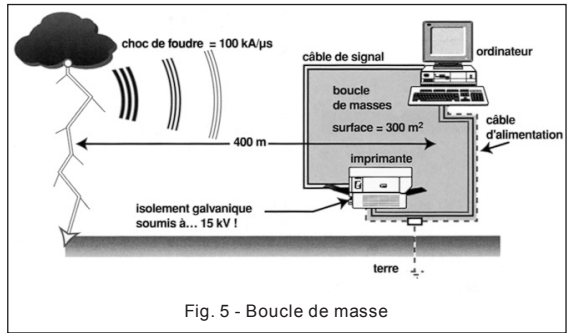
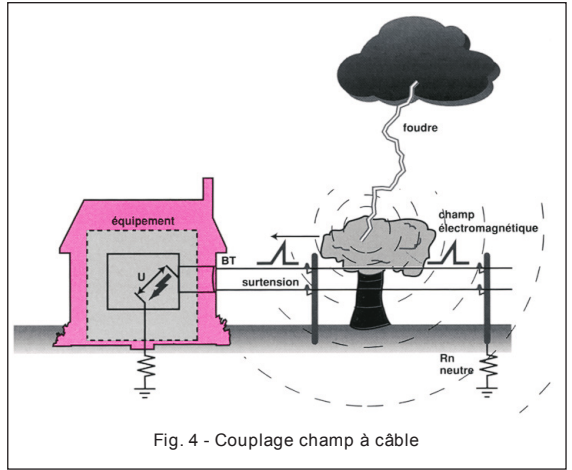
- Induction dans les boucles de masse : un câble de signal relie un micro-ordinateur et son imprimante isolés galvaniquement. Chaque appareil est relié à la terre par un câble d'alimentation qui emprunte un chemin différent du câble de signal. La surtension engendrée est proportionnelle à la surface ainsi formée par les deux câbles. Par exemple, pour une surface de 300 m<sup>2</sup> et un coup de foudre de 100 kA/μs tombant à 400 mètres, la surtension induite en mode commun sur la liaison signal sera de 15 kV environ.

- Montée en potentiel de la prise de terre :

- Un coup de foudre qui frappe le sol engendre un courant de foudre qui se propage dans le sol suivant une loi dépendant de la nature du sol et de la prise de terre.

- Une surtension apparaît entre deux points du sol, provoquant une différence de potentiel de 500 V entre les pattes d'un animal espacées de 1 m, à plus de 100 m de l'impact.

- De même, pour un courant moyen de 30 kA et une prise de terre excellente de 20 ohms, la montée en potentiel des masses sera, selon la loi d'Ohm, de 60 kV par rapport au réseau. La montée en potentiel des équipements se réalise indépendamment du réseau, qui peut être aérien ou souterrain.



## 2) Les surtensions de manœuvres

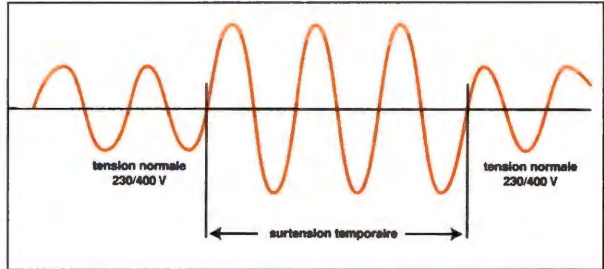
- Une modification brusque du régime établi dans un réseau électrique provoque l'apparition de phénomènes transitoires. Ce sont généralement des ondes de surtensions haute fréquence ou oscillatoire amortie.
- Elles sont dites à front lent ; leur fréquence varie de quelques dizaines à quelques centaines de kilohertz. Les surtensions de manœuvre peuvent être créées par :
  - les surtensions d'organes de coupure ou la fermeture d'appareils de commande (relais, contacteurs...)
  - les surtensions des circuits inductifs dues aux démarrages et arrêts de moteurs, ou les déclenchements de transformateurs comme les postes HTA/BT par exemple,
  - les surtensions des circuits capacitifs dues à l'enclenchement de batteries de condensateurs sur les réseaux,
- tous les appareils qui contiennent une bobine, un condensateur ou un transformateur à l'entrée de l'alimentation : relais, contacteurs, téléviseurs, imprimantes, ordinateurs, filtres...

## 3) Les surtensions temporaires à fréquence industrielle

- Ce sont celles qui ont les mêmes fréquences que le réseau (50, 60 ou 400 Hz) :

- Les surtensions provoquées par les défauts d'isolement phase/masse ou phase/terre sur un réseau à neutre isolé ou impédant ou par la rupture du conducteur.

À ce moment là, les appareils monophasés vont être alimentés en 400 V au lieu de 220 V, ou en



tension composée en moyenne tension :  $U_g \times \sqrt{3}$

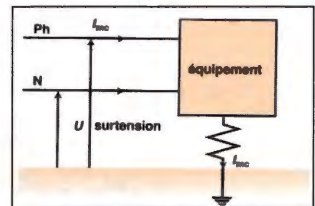
- les surtensions dues à la rupture d'un câble. Par exemple, un câble moyenne tension qui tombe sur une ligne basse tension,
- l'amorçage d'un éclateur haute ou moyenne tension provoque une montée en potentiel de la terre le temps que les protections agissent. Ces protections suivent des cycles de réenclenchement automatique qui vont recréer le défaut si celui-ci persiste.

## 4) Les surtensions par décharges électrostatiques

Dans un milieu sec, des charges électriques vont s'accumuler et créer un champ électrostatique très élevé. Par exemple, une personne marchant sur une moquette avec des semelles isolantes va se charger électriquement à une tension de plusieurs kilovolts. Si elle s'approche d'une structure conductrice, elle va se décharger en provoquant une étincelle de quelques ampères dans un temps de montée très court de quelques nanosecondes. Si la structure contient de l'électronique sensible, par exemple un micro-ordinateur, il peut y avoir destruction de composants ou de cartes électroniques.

### - Mode commun

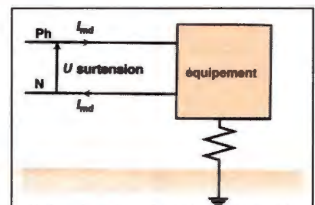
- Les surtensions en mode commun apparaissent entre les parties actives et la terre : phase/terre ou neutre/terre.
- Elles sont dangereuses surtout pour les appareils dont la masse est connectée à la terre en raison des risques de claquage diélectrique.



Mode commun

### - Mode différentiel

- Les surtensions en mode différentiel circulent entre les conducteurs actifs : phase/phase ou phase/neutre.
- Elles sont particulièrement dangereuses pour les équipements électroniques, les matériels sensibles de type informatique...
- Le tableau ci-après résume les principales caractéristiques des surtensions.



Mode différentiel

**DIFFÉRENTS  
MODES DE  
PROPAGATION**

**Principales caractéristiques des surtensions.**

type de surtension	coefficient de surtension	durée	raideur de front ou fréquence
à fréquence industrielle (défaut d'isolement)	$\leq 1,7$	longue 30 à 1000 ms	fréquence industrielle (50-60-400 Hz)
de manœuvre et décharge électrostatique	2 à 4	courte 1 à 100 ms	moyenne 1 à 200 kHz
atmosphérique	$> 4$	très courte 1 à 100 $\mu$ s	très élevée 1 à 1000 kV/ $\mu$ s

**En résumé : Il faut retenir trois points essentiels :**

- Le coup de foudre direct ou indirect peut avoir des conséquences destructrices sur les installations électriques à plusieurs kilomètres du point de chute.
- les surtensions industrielles ou de manœuvre occasionnent également des dégâts importants.
- Le fait qu'une installation de site soit souterraine ne protège nullement l'installation mais limite le risque de foudroiement direct.

**• Moyens de protection**

Deux grands types de protection permettent de supprimer ou limiter les surtensions, on les appelle **IEPF (Installation Extérieure de Protection Foudre)** ou **protections primaires** et **IIPF (Installation Intérieure de Protection Foudre)** ou **protections secondaires**.

**• Protections primaires**

- Leur but est de protéger les installations contre les coups de foudre directs. Ces protections permettent de capter et d'écouler le courant de foudre vers le sol.
- Le principe est basé sur une zone de protection déterminée par une structure plus haute que les autres.
- Il en est de même pour tout effet de pointe provoqué par un poteau, un bâtiment ou une structure métallique très haute. Il existe trois grands types de protection primaire :

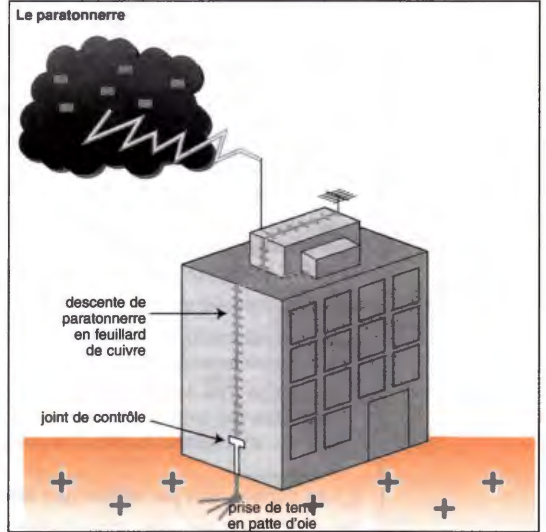
- **Le paratonnerre** qui est la protection la plus ancienne et la plus connue,
- **les fils tendus**,
- **la cage maillée ou cage de Faraday**.

**• Fils tendus ou fils de garde :**

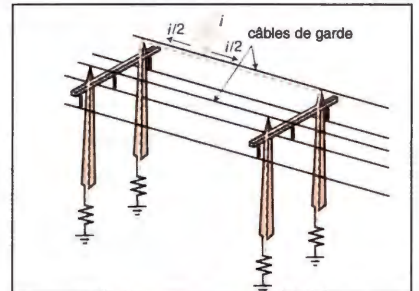
Ce sont des câbles tendus au-dessus de l'ouvrage à protéger. Ils sont utilisés pour des ouvrages spéciaux : pas de tir de fusées, applications militaires et surtout câbles de garde au-dessus des lignes haute tension (figure ci-contre)

**• Cage maillée ou cage de Faraday :**

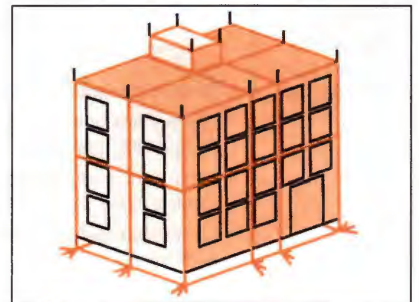
- Ce principe est utilisé pour les bâtiments très sensibles abritant du matériel informatique ou la fabrication de circuits intégrés. Il consiste à multiplier les feuillards de descente à l'extérieur du bâtiment de façon symétrique. On ajoute des liaisons horizontales si le bâtiment est haut, par exemple tous les deux étages (voir figure ci-contre). Les conducteurs de descente sont reliés à la terre par des pattes d'oies. Le résultat consiste à obtenir des mailles de 15 m x 15 m ou de 10 m x 10 m. L'effet résulte en une meilleure équipotentialité du bâtiment et la division des courants de foudre, réduisant ainsi fortement les champs et les inductions électromagnétiques.



**Principe du paratonnerre**



**Fils de garde ou fils tendus**



**Cage maillée ou cage de Faraday**

**9.10.4.  
MOYENS DE  
PROTECTION**

### Protections secondaires

– La protection des récepteurs électriques contre les surtensions d'origine atmosphérique la plus communément employée est la **protection par parafoudre**.

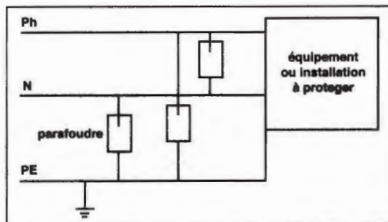
– Le parafoudre est généralement placé entre un conducteur et la terre, et parfois, entre conducteurs actifs.

– Les deux cas sont représentés dans la figure ci-contre.

– Sous une tension normale, le parafoudre se comporte pratiquement comme une résistance infinie et le courant qui le traverse est nul ou négligeable (courant de fuite).

Par contre, à l'apparition d'une surtension, dès que la tension aux bornes du parafoudre dépasse une certaine limite, le parafoudre devient conducteur, laissant écouler un courant, ce qui limite la tension à ses bornes et protège ainsi l'installation et les récepteurs. Pour chaque cas d'utilisation, le parafoudre est choisi principalement en fonction des paramètres suivants :

- la surtension admissible par les appareils à protéger,
- l'intensité du courant que le parafoudre devra supporter pendant la durée de la surtension.



Utilisation des parafoudres

### Réglementation française sur les parafoudres Basse Tension.

– Jusqu'en **2002**, l'emploi des parafoudres pour la protection des matériels connectés au réseau basse tension n'était jamais obligatoire, seul un certain niveau de recommandation pouvait être prescrit.

– Cette situation change avec la modification de la norme **NFC 15-100 (décembre 2002)** : dans la **section 4.443** de cette nouvelle version, il y a désormais obligation d'installation de parafoudre à l'origine de l'installation en fonction de certaines conditions.

#### Situation normative

– Les documents normatifs pertinents régissent les performances, la sélection et les conditions d'utilisation des parafoudres basse-tension :

– **NFC 15-100 (décembre 2002)**

– **Section 4.443** : « Surtensions d'origine atmosphérique ou dues aux manœuvres »

– Partie de la **norme NFC 15-100** traitant des moyens pouvant limiter les surtensions transitoires dans une installation Basse Tension. Dans cette section, on définit les niveaux d'obligation d'utilisation des parafoudres :

– **Cas d'une installation alimentée en basse tension souterraine ou aérienne isolée avec écran métallique à la terre** :

– la tension de tenue aux chocs est présumée suffisante et une protection supplémentaire ne serait nécessaire que dans le cas où le risque de surtension entraînerait un préjudice important lié à une utilisation de l'installation.

– **Cas d'une installation alimentée totalement ou partiellement en conducteurs nus ou torsadés aériens** :

– Une protection contre les surtensions est recommandée à l'origine de l'installation.

#### Description des différentes catégories de matériel

Le choix des matériels dans l'installation devra respecter le tableau ci-contre. Si des matériels ont une tension de tenue aux chocs inférieure à celle indiquée dans le tableau, on respectera les règles décrites précédemment dans la section **443** de la NFC 15-100.

tension nominale de l'installation (V)	tension assignée de tenue aux chocs (kV)			
	matériels de tenue aux chocs très élevée	matériels de tenue aux chocs élevée	matériels de tenue aux chocs normale	matériels de tenue aux chocs réduite
réseaux triphasés	<ul style="list-style-type: none"> <li>• compteur électrique</li> <li>• appareil de télémessure</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• appareil de distribution</li> <li>• disjoncteur</li> <li>• interrupteur</li> <li>• matériel industriel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• appareil électrodomestique</li> <li>• outil portatif</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• matériel avec circuit électronique</li> </ul>
230/440	6	4	2,5	1,5
400/690 1000	8	6	4	2,5

• **Obligation et recommandation d'emploi des parafoudres**

– Les sections 4-443 et 7-771. 443 de la NFC 15. 100 définissent les situations déterminant l'utilisation obligatoire des parafoudres :

1 – **L'installation est équipée de paratonnerre :**

– Parafoudre obligatoire, à l'origine de l'installation : il doit être de **type 1** avec un courant  $I_{imp}^*$  de **12,5 kA** minimum. (voir tableau page suivante)

2 – **L'installation est alimentée par un réseau Basse Tension aérien et le niveau kéraunique local  $N_k$  est supérieur à 25 (ou la densité de foudroiement  $N_g > 1,25$ ) :**

– Parafoudre obligatoire, à l'origine de l'installation : il doit être de **type 2** avec un courant  $I_n^{**}$  de **5 kA** minimum.

3 – **L'installation est alimentée par un réseau Basse Tension aérien et le niveau kéraunique local  $N_k$  est inférieur à 25.**

– Parafoudre non obligatoire.

4 – **L'installation est alimentée par un réseau Basse Tension souterrain :**

– Parafoudre non obligatoire.

**Note :** néanmoins la norme précise que pour les deux cas précédents (3 et 4) que :

«... une protection contre les surtensions peut être nécessaire dans les situations où un plus haut niveau de fiabilité ou un plus haut risque est attendu ».

– **Niveaux Kérauniques en France (NFC 15 100)**

**Note :**

\*  $I_{imp}$

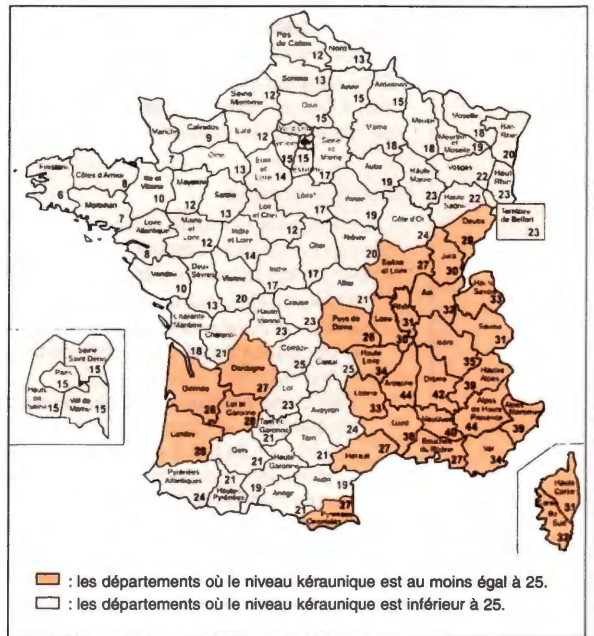
Ce paramètre définit les parafoudres de Type 1. La valeur minimale du courant de choc  $I_{imp}$  est définie par les **normes (CE 60364-5-534 et NF C 15-100 section 534) : 12,5 kA (onde 10/350  $\mu$ s)** par pôle. Cette valeur est tout à fait adaptée à la réalité du phénomène.

\*\*  $I_{max} / I_n$

Ces paramètres, définissant les parafoudres de **Type 2**, sont en fonction du risque « surtensions » de l'installation à protéger.

La valeur minimale du courant nominal de décharge  $I_n$  est définie par les réglementations : **5 kA (onde 8/20  $\mu$ s)**.

Toutefois des valeurs supérieures sont recommandées en fonction du risque « **foudre** » de l'installation concernée.



– **Section 5-534 : « Dispositifs de protection »**

– Contient les règles générales de sélection et de mise en œuvre des parafoudres Basse Tension

– **Emplacement et niveau de protection**

– Les parafoudres protègent l'ensemble de l'installation. Ils sont disposés en aval du dispositif de sectionnement situé en tête d'installation.

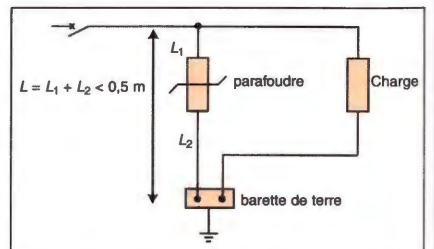
– Le niveau de protection des parafoudres doit correspondre à la tension de tenue aux chocs des matériels à protéger et aux courants de décharge.

– Les parafoudres sont montés en tête d'installation (dans ce cas le courant de décharge recommandé est de  $I_n = 5 \text{ kA}$ , sous onde 8/20, et un niveau de protection  $U_p \leq 2,5 \text{ kV}$  à  $I_n$  et près du matériel lorsque celui-ci est particulièrement sensible).

– **Mise en œuvre des parafoudres.**

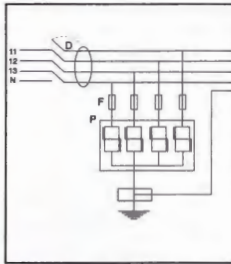
– Les parafoudres se connectent entre phase et terre ou **phase et PE (schéma TN-C et IT)** et entre **phase et PE** et aussi **neutre et PE (schéma TT et TNS)**.

– Les conducteurs reliant les bornes du parafoudre aux conducteurs actifs et à la barrette de terre (voir figure ci-contre) doivent être les plus courts possibles (< 0,5 m).

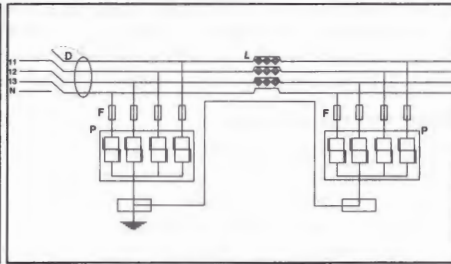


**Schéma de connexion d'un parafoudre**

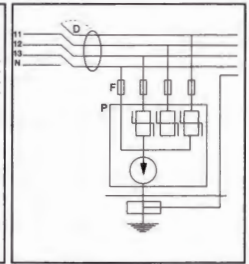
- Exemples de raccordement des parafoudres.



Connexion en mode commun



Coordination de parafoudres



Connexion en mode commun et différentiel (schéma 3 + 1 ou type CT2 suivant CEI 60364-5-534)

P : Parafoudre  
G : Parafoudre à base d'éclateur  
D : Disjoncteur  
F : Déconnecteur associé (Fusible ou Disjoncteur)  
L : Inductance

- Exemple d'une gamme de parafoudres d'après CITEI

	Versions	Description	$I_{max}^*$ (8/20 $\mu$ s)	$I_{imp}^*$ (10/350 $\mu$ s)	Spécificités	Commentaires
<b>Type 1</b>	DS250E	Parafoudre unipolaire renforcé	140 kA	25 kA	Très haute énergie	<b>Parafoudres de Type 1</b> Conçus pour être utilisés sur des installations où le risque «Foudre» est très important, notamment en cas de présence de paratonnerre sur le site. Les parafoudres sont soumis aux essais de Classe I, caractérisés par des injections d'ondes de courant foudre de type 10/350 $\mu$ s. Ces parafoudres devront donc être particulièrement puissants pour écouler cette onde très énergétique.
	DS250VG	Parafoudre unipolaire renforcé	70 kA	25 kA	Très haute énergie Faible Up	
	DS150E	Parafoudre unipolaire	140 kA	15 kA	Très haute énergie	
	DS150VG	Parafoudre unipolaire renforcé	40 kA	15 kA	Très haute énergie Faible Up	
	DS100EG	Parafoudre N/PE	100 kA	50-100kA	Très haute énergie Faible Up	
	DUT250VG	Parafoudre triphasé	100 kA	25 kA	Compact Très haute énergie	
	DUM125	Parafoudre mono/triphasé	100 kA	12,5 kA	Compact, haute énergie, économique	
<b>Type 2</b>	DS70R	Parafoudres uni et multipolaires	70 kA		Débranchable haute énergie	<b>Parafoudres de Type 2</b> Destinés à être installés en tête d'installation, généralement au niveau du TGBT, sur des sites où le risque d'impact direct est considéré comme inexistant, les parafoudres «Primaires» de type 2 protègent l'ensemble de l'installation. Ces parafoudres sont soumis à des tests en onde de courant 8/20 $\mu$ s (essais de Classe II).
	DS40	Parafoudres uni et multipolaires	40 kA		Débranchable	
	DS4x/G	Parafoudre mono et triphasé	40 kA		Débranchable Mode commun/diff.	
	DS240/G	Parafoudre monophasé	40 kA		Débranchable Compact MC/MD	
	DUT40	Parafoudre triphasé	40 kA		Monobloc Mode commun/diff.	
<b>Type 2 (ou 3)</b>	DS10	Parafoudres uni et multipolaires	10 kA		Débranchable	<b>Parafoudres de Type 2 ou Type 3</b> En cas d'équipements particulièrement sensibles ou d'installation très étendue, il est recommandé d'utiliser des parafoudres de Type 2 ou de Type 3 à proximité des équipements sensibles.
	DS10/G	Parafoudre mono et triphasé	10 kA		Débranchable Mode commun/diff	
	DUT10	Parafoudre triphasé	10 kA		Monobloc Mode commun/diff.	Les parafoudres de Type 3 sont testés avec une onde combinée 1,2/50 $\mu$ s-8/20 $\mu$ s (essais de Classe III) et seront «coordonnés» avec les parafoudres de Type 2 en amont.
	DS215/G	Parafoudre monophasé	15 kA		Débranchable Mode commun/diff.	
	DS-HF	Parafoudre + Filtre monophasé	10 kA		Filtrage RFI Faible Up	
	DS210DC	Parafoudre unipolaire	6 kA		Débranchable	
	CB.	Coffrets Parafoudre mono et triphasés	40-140 kA	15 kA	Schémas multiples	Coffrets Parafoudre de Type 1 ou Type 2 3 configurations de protection
	DS..PV	Parafoudres pour photovoltaïque	40 kA	12,5 kA	de 500 à 1000 Vdc	Parafoudres de Type 1 et 2 pour installation photovoltaïque
DSH	Inductances de coordination			Courant nominal : 16 A, 35 A, 63 A et 100 A	Éléments à connecter en série sur la ligne pour assurer la coordination de 2 étages de parafoudres	

\* Courant de décharge par pôle

• **Le câblage des conducteurs d'équipotentialité et de mise à la terre.**

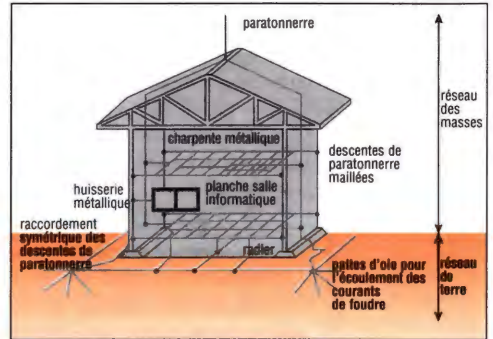
– La protection des installations et des équipements électriques contre la foudre doit se traiter de manière globale. Pour obtenir une protection efficace, il est nécessaire tout d'abord de réaliser une installation de mise à la terre dans les règles de l'art, puis de choisir les protections primaires (paratonnerre) et secondaire (parafoudre) adaptées au niveau de risque préalablement calculé.

• **Installation de mise à la terre**

– Une installation de mise à la terre est composée d'un réseau équipotentiel commun appelé communément « réseau de masse » et d'un réseau des prises de terre (figure ci-contre)

– Lorsque la foudre frappe une installation protégée, le courant de foudre s'achemine le long du paratonnerre et des conducteurs de descente vers la terre en patte d'oie. La prise de terre s'élève alors en tension, atteignant fréquemment quelques dizaines de kV alors que le réseau des prises de terre est encore au potentiel de la terre, ce qui peut entraîner des déséquilibres importants dans le réseau des prises de terre et les conducteurs qui lui sont raccordés.

– La solution consiste à relier toutes les masses et la liaison équipotentielle principale à une même borne principale de terre, ce qui réduit les effets des déséquilibres évoqués ci-dessus.



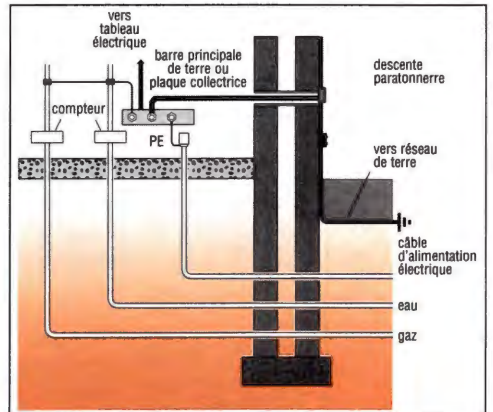
**Réseau équipotentiel commun et réseau des prises de terre**

• **Les règles de câblage.**

– **La liaison équipotentielle des réseaux :** les réseaux concernent les canalisations métalliques d'eau, de gaz, les câbles d'alimentation électrique, de télécommunication, de signaux... Il est souhaitable qu'ils entrent ou sortent d'un bâtiment par le même endroit. Dès leur entrée, il faut réaliser une liaison équipotentielle à une même barre de terre pour éviter les différences de potentiel entre les différents réseaux (figure ci-contre)

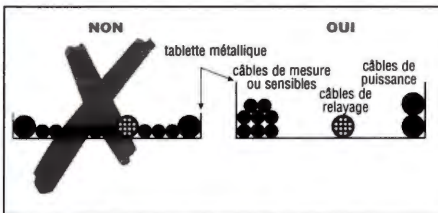
– **Le cheminement des câbles :** après avoir réalisé l'équipotentialité du site, il faut prendre soin du câblage et de son cheminement. Cela consiste à :

- répartir correctement les câbles dans une tablette,
- éloigner les câbles de puissance et les câbles courants faibles et les croiser à angle droit aussi bien dans les chemins de câbles que dans les armoires électriques.

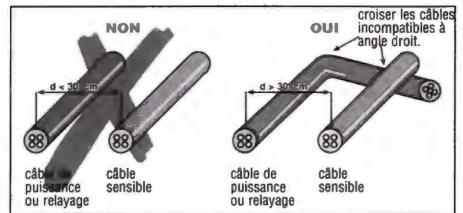


**Liaison équipotentielle d'arrivée des réseaux**

• **Exemples de répartition et d'installation des câbles :**

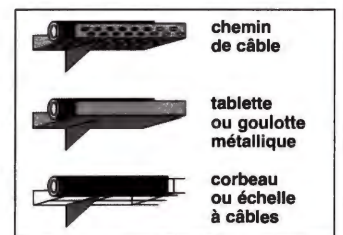


**Répartition des câbles**



**Éloigner les câbles incompatibles**

– plaquer toutes les liaisons internes (câbles, nappes...) de bout en bout contre les structures équipotentielles de masse (tôles, masse des coffrets, conducteur d'accompagnement, tablettes...). On obtiendra ainsi un effet réducteur très important contre les couplages câble à câble et contre les perturbations des champs électromagnétiques. Pour cela, il faut assurer la continuité électrique de bout en bout. Raccorder régulièrement les chemins de câbles aux structures du bâtiment



**Pose avec effet réducteur**

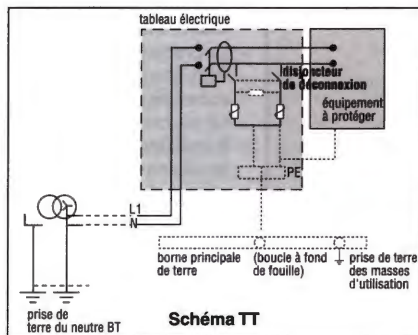
• **Choix d'un schéma des liaisons à la terre.**

– Ce choix est dicté par la réglementation en vigueur dans chaque pays en tenant compte de la sécurité des personnes. **C'est l'association de trois choix techniques simultanés réalisés dans le cadre de la normalisation :**

- choix de la mise à la terre du point neutre du transformateur qui alimente l'installation. Le point neutre est relié à une prise de terre qui est elle-même, soit celle du bâtiment, soit celle couplée électriquement à la prise de terre du bâtiment, soit distincte,
- choix de la réalisation du conducteur de protection **PE**. Il peut être distinct ou confondu avec le conducteur neutre,
- choix des dispositifs de coupure utilisés pour la protection contre les contacts indirects.

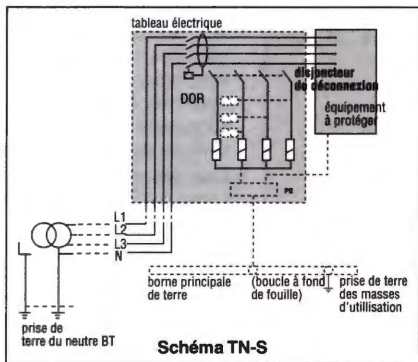
• **Schéma TT**

- C'est le schéma utilisé en distribution publique.
- Le neutre est raccordé à la terre du poste de distribution.
- Les masses des matériels sont reliées par des conducteurs de protection à la prise de terre de l'installation, distincte de la prise de terre du neutre du transformateur.
- En cas de coup de foudre, l'existence de deux prises de terre distinctes fait apparaître une différence de potentiel entre la prise de terre du bâtiment et le neutre raccordé à la prise de terre du transformateur.
- Les parafoudres basse tension sont installés, à l'origine de l'installation, entre les conducteurs actifs et le conducteur de protection. L'installation d'une protection supplémentaire entre phase et neutre peut s'avérer nécessaire car une surtension en mode différentiel peut apparaître du fait de la dissymétrie introduite par la mise à la terre du neutre côté transformateur **HTA/BT**.



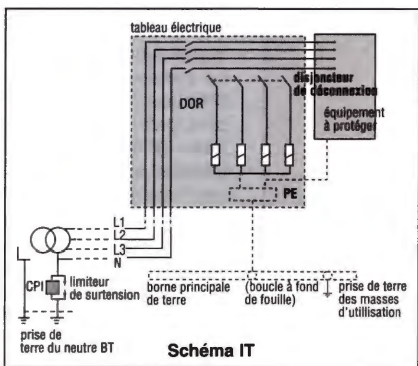
• **Schéma TN-S**

- Le schéma TN-S est souvent utilisé par des abonnés HTA. Dans ce cas, le transformateur **HTA/BT** est intégré ou dans l'environnement proche du bâtiment alimenté en **BT**.
- Le neutre du transformateur est mis à la terre une seule fois au niveau du poste. Les masses sont reliées au conducteur de protection. Le conducteur neutre et le conducteur de protection sont distincts.
- Les parafoudres sont installés à l'origine de l'installation **BT** entre les conducteurs actifs et le conducteur de protection. L'installation d'une protection supplémentaire peut être nécessaire car une surtension de mode différentiel peut apparaître du fait de la longueur de câblage entre le transformateur et la tête d'installation.



• **Schéma IT**

- Le neutre du transformateur est isolé de la terre. En pratique, il lui est relié par les capacités à la terre des canalisations et des matériels, et souvent par une impédance additionnelle élevée. Les masses des matériels et les éléments conducteurs sont reliés à la prise de terre **BT** par des conducteurs **PE**.
- Un limiteur de surtension doit être installé pour empêcher toute élévation de tension entre les parties actives et les masses au-delà de la tension de tenue du matériel **BT**, en cas de défaut provenant de la moyenne tension.
- Les parafoudres sont installés à l'origine de l'installation entre conducteurs actifs et conducteur de protection.



• La mise en cascade des parafoudres.

– Cas du site très exposé.

– L'étude de la protection d'une installation contre la foudre peut mettre en évidence que le site est fortement exposé et que le matériel est sensible.

– Le parafoudre devra être capable d'écouler des courants importants et d'avoir un niveau de protection faible (le niveau de protection est la tension qui caractérise les performances de protection du parafoudre. C'est la tension résiduelle des bornes du parafoudre lors du passage du courant de foudre). Cette double contrainte est irréalisable par un seul parafoudre. Il faudra donc en prévoir un deuxième.

– Le premier dispositif P1 est placé en tête d'installation (figure ci-contre). Son rôle est d'écouler un maximum d'énergie à la terre avec un niveau de protection  $\leq 2000$  V supportable par les équipements électrotechniques (contacteurs, moteurs...).

– Le second dispositif P2 est placé dans un coffret divisionnaire, au plus près des récepteurs sensibles.

– Il possède un faible niveau de protection compatible avec la tension de tenue aux chocs des matériels sensibles ( $\leq 1500$  V).

– Coordination des parafoudres.

– La protection P2 est installée en parallèle à P1. Si la distance L est trop faible, à l'arrivée de la surtension, P2 de niveau de protection  $U_2 = 1500$  V fonctionnera avant P1 de niveau  $U_1 = 2000$  V. P2 ne résistera pas à un courant trop important.

Il faut donc coordonner les protections de façon que P1 amorce avant P2. On utilisera pour cela la longueur L de câble entre P1 et P2 qui jouera le rôle d'inductance s'opposant au passage du courant dans P2 au bénéfice de P1.

La longueur L est donnée par le constructeur des parafoudres. Elle est déterminée par des essais en laboratoire. Dans l'exemple, en prenant des varistances ZnO ayant les caractéristiques indiquées et en supposant que le câble ait une inductance linéique de l'ordre de  $1 \mu\text{H/m}$ , la longueur L du câble doit être au moins de 10 mètres.

– Cas des matériels éloignés.

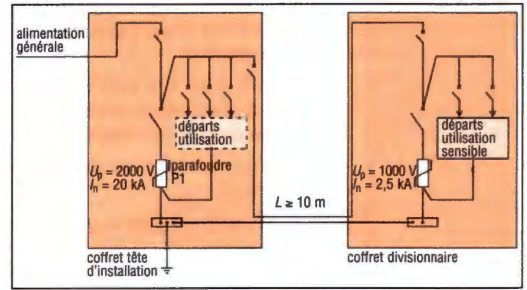
– Lorsqu'un parafoudre, situé en tête d'installation, se trouve à une distance supérieure à 30 m des récepteurs à protéger, il n'est plus efficace en raison d'oscillations et de réflexions d'ondes pouvant amplifier le niveau de surtension dans l'installation.

– Il convient dans ce cas d'installer un second parafoudre à proximité des récepteurs.

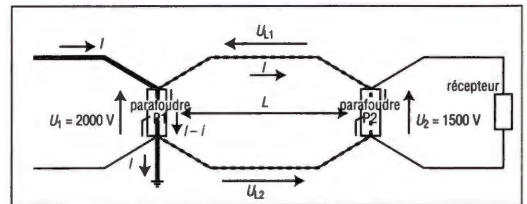
– Tableaux indiquant l'influence de la distance séparant les parafoudres en cascade. Les tableaux ci-contre montrent l'influence de la distance séparant des parafoudres en cascade, sur la répartition des courants entre P1 et P2, l'optimum étant de 10 m au moins.

– Installation.

Le parafoudre « protection principale » (PF1) est mis dans le coffret de distribution principale. Le parafoudre « protection fine » (PF2) est mis dans le coffret de distribution secondaire. Si les deux coffrets sont côte à côte, on fera cheminer le câble aller-retour entre les parafoudres dans une goulotte ou chemin de câble de 5 m de façon à respecter la règle des 10 mètres. On pourra installer plusieurs « protection fine » derrière une « protection principale » si la configuration de l'installation l'exige. Ne pas oublier la liaison équipotentielle à laquelle on raccordera les protections parafoudres courants faibles, téléphone... (PRC).



Protection en cascade



Coordination des parafoudres

La règle  $\Delta U = L \frac{di}{dt}$  donne une chute de tension d'environ

100 V/m/kA en ordre de 8/20  $\mu\text{s}$ .

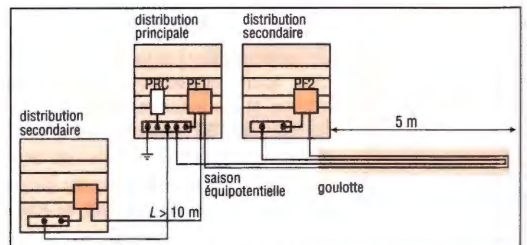
Pour  $L = 10$  m, on aura  $U_{L1} = U_{L2} \approx 1000$  V.

Pour que P2 fonctionne avec un niveau de protection de 1500 V, il faut que

$$U_1 = U_{L1} + U_{L2} + U_2 = 1000 + 1000 + 1500 \text{ V} = 3500 \text{ V}.$$

Or, P1 fonctionne bien avant 2000 V et protège ainsi P2.

distance entre les parafoudres (m)	courant dans P1 (kA)	courant dans P2 (kA)
pour $I = 20$ kA		
1 m	16,7	3,3
10 m	19	1
50 m	19,7	0,3
distance entre les parafoudres (m)	courant dans P1 (kA)	courant dans P2 (kA)
pour $I = 10$ kA		
1 m	7,4	2,6
10 m	2,2	0,8
50 m	9,7	0,3



Installation en cascade

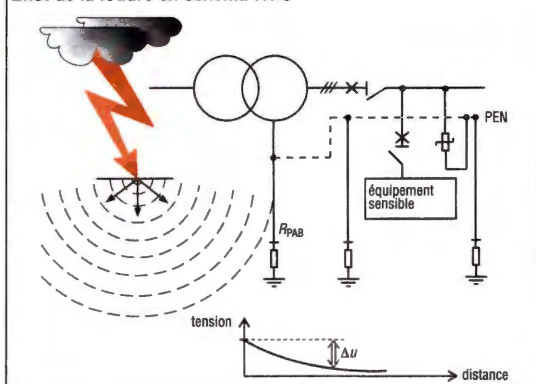
– **Cas particulier du schéma TN-C**

– Le **schéma TN-C** demande une connexion fréquente du conducteur **PEN** à la terre afin d'assurer le mieux possible son équipotentialité.

– En effet, en cas de coup de foudre, une des mises à la terre de ce conducteur **PEN** peut se trouver piégée dans un gradient de potentiel important. Le déséquilibre de tension aura lieu entre la résistance de cette prise de terre et les autres prises de terre, amenant une chute de tension le long du **conducteur PEN**.

– Des **parafoudres en mode commun** s'imposent ici également.

Effet de la foudre en schéma TN-C



– **Solutions :**

- Pour réduire les perturbations internes, quel que soit le **SLT**, une installation de haut niveau kéraunique nécessite une protection par parafoudre.
- En **schéma TT** et **TN. S**, une protection de **mode commun** et de **mode différentiel**
- En **schéma IT** et **TN. C**, une protection de **mode commun**.

– **Rayonnement**

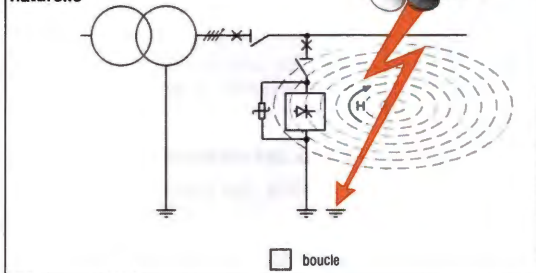
- les perturbations électromagnétiques peuvent provenir de sources externes par rayonnements.
- les champs électromagnétiques émis induisent des tensions parasites dans des boucles (**CEI 364-444**) et peuvent perturber certains équipements électroniques.
- les solutions mises en jeu sont générales et indépendantes des **SLT**.

– **Foudre au sol en schéma TT :**

– En cas de coup de foudre proche d'une installation **BT**, le champ électromagnétique engendre un flux au travers de la boucle naturelle du **schéma TT**.

– Cette boucle est constituée par la ligne **BT** aérienne de distribution publique, la prise de terre individuelle d'une maison en milieu rural, la terre et la prise de terre du point neutre du transformateur **EDF**. Cette boucle peut être de grande surface, surtout si l'habitation est très éloignée du poste de livraison. Ici aussi, un parafoudre est nécessaire près des équipements sensibles aux surtensions.

Le chemin TT introduit une boucle naturelle



– **Foudre au sol en schéma TN**

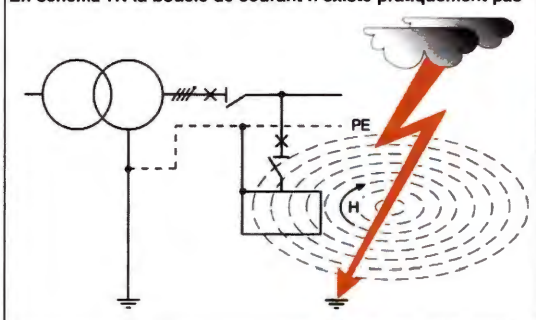
– La boucle décrite en **schéma TT** peut ne pas exister si le conducteur **PE** est posé à proximité des conducteurs actifs et que l'ensemble est interconnecté à une seule prise de terre.

– **Foudre au sol en schéma IT**

– Le phénomène décrit pour le **schéma TT** peut se retrouver en **schéma IT** si les prises de terre sont séparées et non interconnectées.

– Si les prises sont interconnectées, cette boucle n'existe pratiquement pas puisque le **PE** est posé à proximité des conducteurs actifs et que l'ensemble est interconnecté à une seule prise de terre.

En schéma TN la boucle de courant n'existe pratiquement pas



**9.10.8.  
DÉCONNEXION  
DES  
PARAFONDRES**

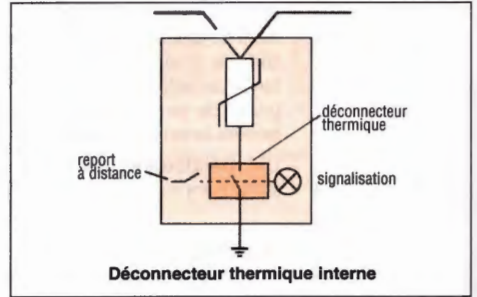
**- Principe**

- Trois types de protection sont à assurer avec un parafoudre :
  - la protection contre le vieillissement du parafoudre,
  - la protection contre les courants de court-circuit,
  - la protection contre les contacts indirects, si nécessaire.

**- Protection contre le vieillissement.**

- Le parafoudre à varistance est caractérisé par un courant de fuite très faible ( $< 1\text{mA}$ ). Comme il est à base de semi-conducteur, son courant de fuite augmente très légèrement à chaque choc de foudre. Cela entraîne un échauffement, et, au fur et à mesure des chocs, un vieillissement du composant par emballement thermique.

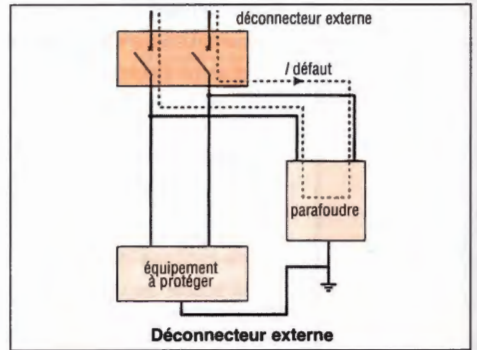
- Un système de déconnexion thermique (figure ci-contre) intégré au parafoudre permet de mettre hors circuit le parafoudre avant qu'il n'atteigne l'échauffement maximum admissible. Un voyant signale cet état à l'utilisateur. La durée de vie d'un parafoudre est importante et comparable aux autres produits de protection installés dans un tableau électrique s'il est correctement choisi.



**- Protection contre les courts-circuits**

- Un des paramètres du parafoudre est la valeur du courant maximum ( $I_{\text{max}}$  en onde 8/20) qu'il peut supporter sans dégradation. Si cette valeur est dépassée, le parafoudre se détruit et se met en court-circuit définitivement.

- Il doit être impérativement changé. Le courant de défaut sera alors éliminé par un dispositif de déconnexion du type disjoncteur (figure ci-contre) situé en amont et sur la branche du parafoudre.



**- Choix des parafoudres**

La gamme des parafoudres Basse Tension est conçue pour répondre à toutes les configurations. De nombreuses versions sont donc proposées, qui diffèrent par :

- le type ou classe d'essais (**1, 2 ou 3**)
- le courant maximum de décharge ( $I_{\text{imp}}$ ,  $I_{\text{max}}$  <sup>(1)</sup>).
- la tension de fonctionnement ( $U_c$ )
- le niveau de protection ( $U_p$ )
- la configuration du réseau (Mono/Triphasé).
- la technologie de protection (varistances, éclateurs, fibre)
- les fonctionnalités (redondance, mode différentiel, débouchabilité, télésignalisation...).

La sélection des parafoudres devra se faire en fonction des impératifs normatifs (exemple : valeur minimale de  $I_n$ ) et des contraintes spécifiques à l'installation (exemple : densité de foudroiement élevée).

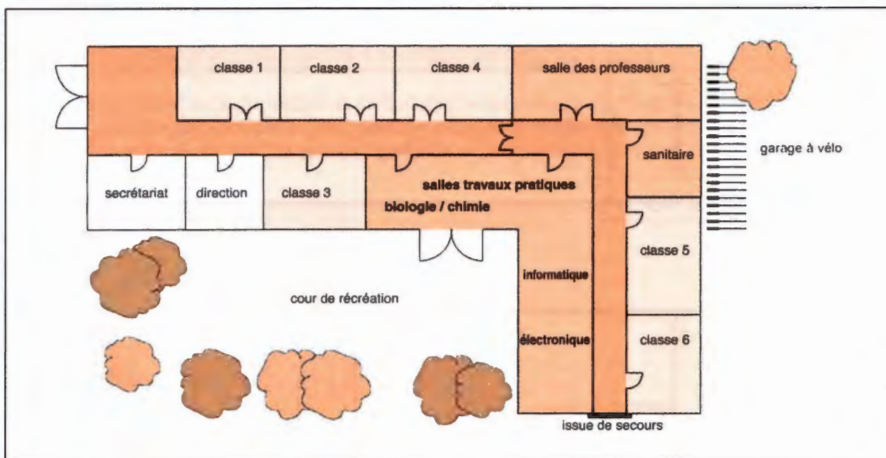
- Le choix du type de parafoudre s'effectue suivant les **contraintes de l'installation** à protéger

Configuration	Parafoudre	Localisation
Installation équipée de paratonnerre ou de structure pouvant être frappée par la foudre (pylône)	Type 1	Entrée réseau (Coffret ou TGBT)
Installation non équipée de paratonnerre	Type 2	TGBT
Protection secondaire (en aval de type 2)	Type 3	Proximité d'équipement

Configuration	$I_{\text{max}}$	$I_n$
Très forte densité de foudroiement ( $N_g > 2$ )	70 kA	30 kA
Densité de foudroiement élevée ou normale ( $1 < N_g < 2$ )	40 kA	15 kA
Parafoudre secondaire, Type 3 (en aval de type 2)	10 kA	5 kA

(1) § 9.10.5.

**- Exemple de protection d'un établissement scolaire**



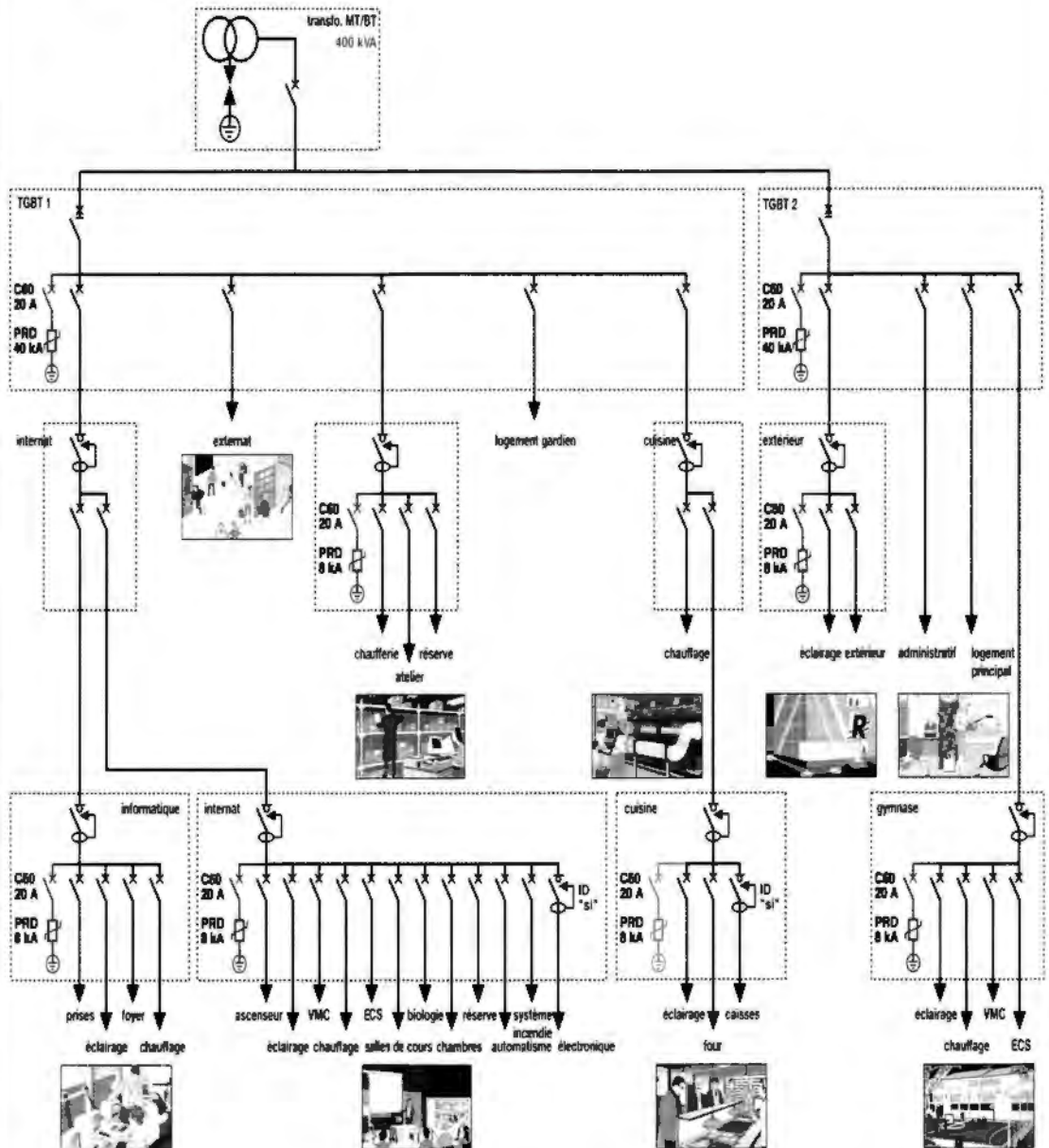
**- Les besoins**

- Le collège comprend plusieurs bâtiments abritant :
  - 2 bâtiments **externat** et **internat** de 2 étages avec ascenseur,
  - 1 gymnase : vestiaire et terrain de sport,
  - 1 bâtiment de demi-pension, restauration et cuisine,
  - 1 atelier technique et une chaufferie au gaz,
  - 1 bâtiment administratif et logement de fonction.
- Ce site est soumis à la réglementation de protection contre l'incendie ; il dispose d'un système de sécurité et d'alarme incendie comme tous les établissements scolaires ou colonies de vacances possédant des zones de sommeil.
- Il est recommandé de veiller à la continuité de service des dispositifs de détection automatiques et d'alarme incendie en toutes circonstances y compris en cas de surtensions d'origines atmosphériques.

**- L'environnement**

- Situé en périphérie d'une grande agglomération, cet établissement peut être soumis à des surtensions d'origines atmosphériques consécutives à des coups de foudre proches ou éloignés.
- La densité de foudroiement locale est moyenne ( $0,5 < N_g < 1,6$ )
- Le schéma des liaisons à la terre du réseau est en **TN-S**.
- Le matériel à protéger est d'un coût moyen, mais l'établissement ne disposant pas d'un gros budget de provision pour risques (remplacement), il est indispensable de bien protéger les appareils sensibles : microscopes, électroniques, appareils de mesures, équipements électroniques et informatiques.
- De nombreux matériels pédagogiques ont une tension de choc réduite ( $U_{choc} \leq 1,5 \text{ kV}$ ), en particulier pour les salles de travaux pratiques (biologie, chimie, électronique, informatique...) qui nécessitent une protection contre la foudre, adaptée au plus près des récepteurs. Il en est de même pour les dispositifs d'alarme et de détection incendie. Le bâtiment, de construction traditionnelle, ne comporte pas de dispositif particulier de mise à la terre, mais répond aux normes en vigueur.
- Le collège est alimenté par une ligne électrique souterraine basse tension triphasée + neutre, fournie par une régie municipale.
- Les autres réseaux d'alimentation : gaz (régie), télécommunications (France Télécom) et eau (régie municipale) sont également enterrés.

## - Schéma de principe



### - Solutions proposées par le constructeur.

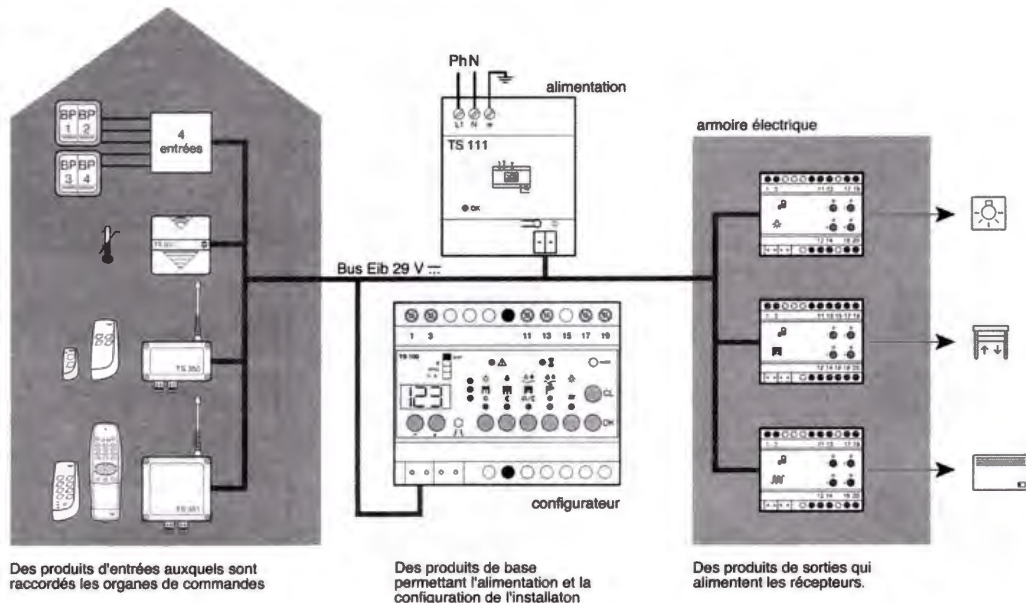
- L'armoire de distribution principale (TGBT) installée dans le local technique des bâtiments externes dispose d'une protection contre la foudre de 40 kA. (Parafoudre BT débrochable PRD 40 associé à un disjoncteur de déconnexion de 20 A).
- Les coffres secondaires de distribution, répartis à chaque étage des autres bâtiments, sont protégés par des parafoudres BT de 8 kA (parafoudre PRD8) associé à un disjoncteur de déconnexion de 20 A.
- Les appareils de télécommunication, de surveillance et d'alarme incendie sont protégés par des parafoudres de communication de type :
  - PRC pour les réseaux téléphoniques analogiques,
  - PRI 12/48 V pour les réseaux téléphoniques numériques et les automatismes,
  - PRD 6 V pour des réseaux informatiques (niveau de risque très élevé).

# 9.11. GESTION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE EN MILIEU DOMESTIQUE

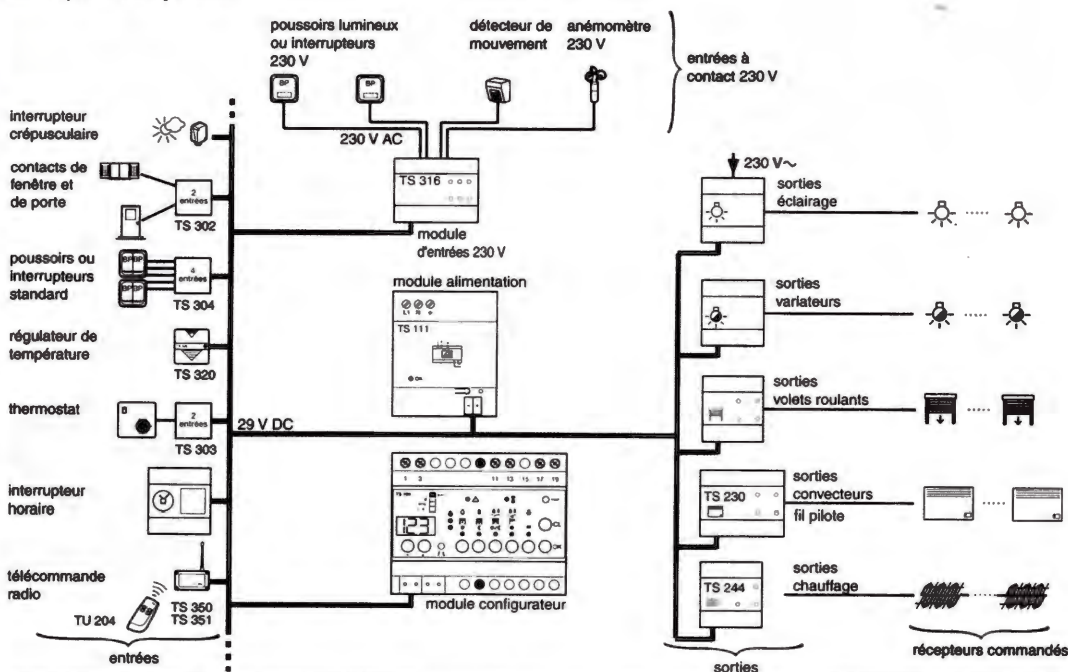
(D'après HAGER-TÉHALIT)

## 9.11.1. NOUVEAU SYSTÈME D'INSTALLATION ÉLECTRIQUE SYSTÈME D'INSTALLATION COMMUNICANT

- Le système **Tébis TS** permet de piloter de façon simple et confortable l'ensemble de l'éclairage des volets et du chauffage. Avec ce système, **n'importe quel bouton-poussoir peut délivrer n'importe quelle commande** (Marche, arrêt, variation montée, descente... en commande individuelle, de groupe, générale ou scénario) **vers n'importe quels récepteurs** de l'installation.
- Ce système simplifie la vie des occupants actuels et futurs, il les libère de certaines tâches tout en garantissant à l'installation électrique, un niveau élevé d'adaptation et d'évolutivité.
- **Structuration du système.**



### - Description du système

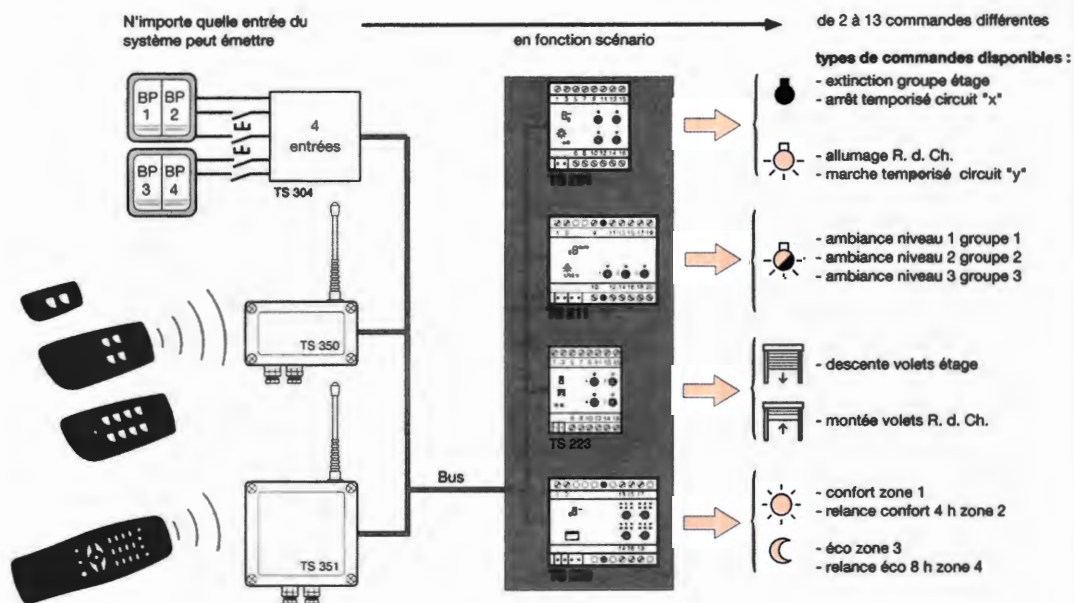


## - Le système Tébés TS : fonction scénario

- Fonctions **multi-action**, **multi-application**, qui permettent d'associer à n'importe quelle entrée du système jusqu'à **13 commandes** différentes :

- **Exemple** : Le soir, il fait nuit, vous quittez votre domicile. Par un appui sur le BP situé au niveau de la porte d'entrée, de la porte du garage et/ou par la télécommande radio porte-clefs, vous allez d'un seul geste pouvoir :

- allumer l'éclairage extérieur en minuterie,
- faire une extinction totale des luminaires de la maison,
- agir sur prise commandée pour simuler une présence (radio + lumière),
- faire baisser tous les volets,
- passer l'ensemble du chauffage en mode « éco »...



## Avantages et cas d'applications

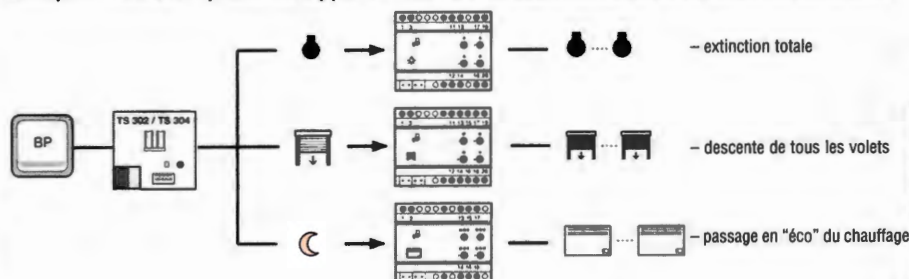
La fonction scénario libère l'utilisateur des **petites servitudes quotidiennes** chaque fois que celui-ci est obligé d'effectuer des **commandes multiples et répétitives**. C'est le cas notamment pour l'ensemble des petits commerces, il faut matin et soir commander la grille, l'éclairage du magasin, de la vitrine, du store, de l'enseigne, l'alimentation de la caisse, les caméras vidéo.

Une commande unique peut remplacer avantageusement ces opérations successives et évite ainsi tout oubli.

Dans une installation Tébés TS, la fonction scénario peut être affectée à n'importe quelle entrée du système y compris aux télécommandes.

Elle permet de réduire le nombre de points de commande tout en simplifiant l'utilisation et procure ainsi un véritable confort d'usage à l'utilisateur.

**Exemple : scénario "quitter"** un appui BP entraîne simultanément les trois actions suivantes :



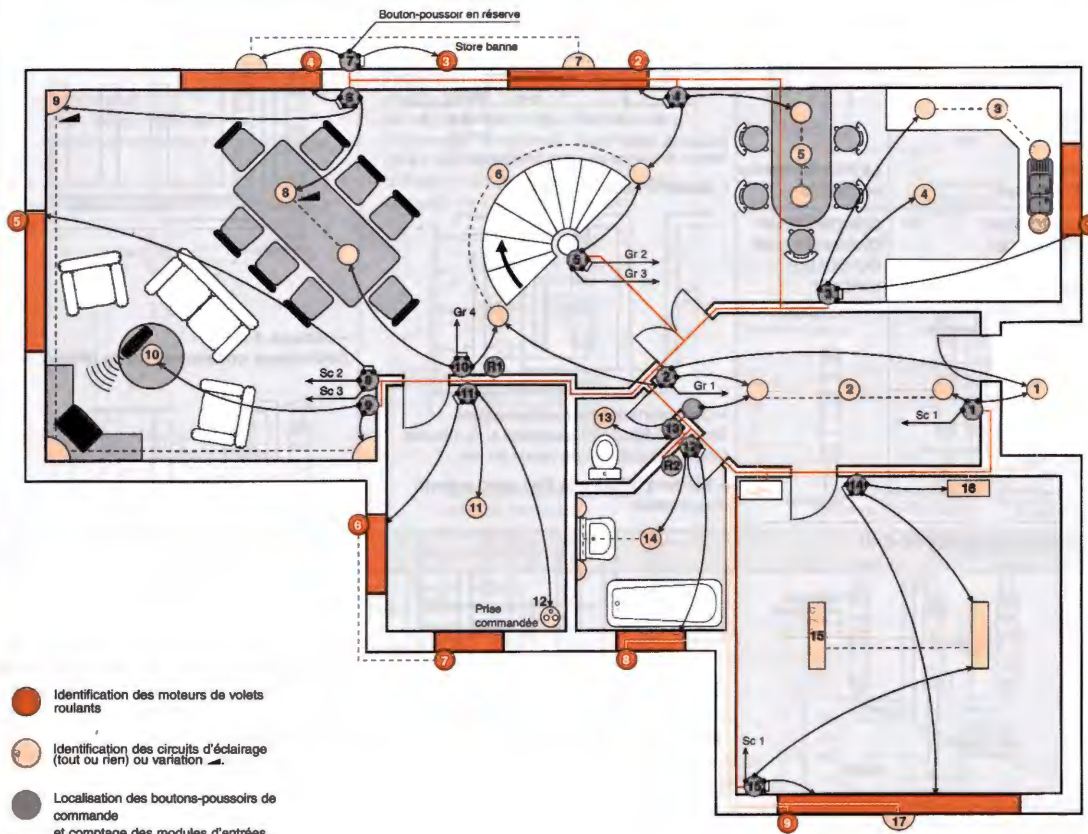
## Configuration

20 fonctions sont disponibles par installation

## Bus EIB



- Etude d'une installation électrique réalisée avec le système Tébis TS.



- Identification des moteurs de volets roulants
- Identification des circuits d'éclairage (tout ou rien) ou variation
- Localisation des boutons-poussoirs de commande et comptage des modules d'entrées.
- Régulateur de chauffage zone 1.
- Câblage du circuit de commande (Bus).
- Exemple de câblage puissances.
- Bouton-poussoir simple = TS 302
- Bouton-poussoir double = TS 302
- Bouton-poussoir triple = TS 304
- Bouton-poussoir quadruple = TS 304
- Bouton-poussoir quadruple avec une commande de volets = TS 304

**Légende des commandes de groupe et scénarios**

- a) Les commandes de groupe : exemples
- Gr1 = groupe n° 1 extinction des circuits 3 à 11
  - Gr2 = groupe n° 2 commande de groupe montée et descente des volets n° 1 à 8
  - Gr3 = groupe n° 3 extinction de tous les circuits sauf n° 6
  - Gr4 = groupe n° 4 commande de groupe montée et descente des volets n° 2-4-5
- b) Les commandes scénarios (voir exemples de scénarios)
- Sc1 = scénario n°1 "quitter le domicile"
  - Sc2 = scénario n°2 "regarder la télévision"
  - Sc3 = scénario n°3 "activité lecture"

**Comptage des sorties**

Il s'agit de compter par application, le nombre de sorties nécessaires afin de définir la liste du matériel.

- 15 éclairages TOR = 3 TS 206B )
- 6 sorties 10 A (réserve = 3 sorties),
- 2 variateurs = 2 TS 210A (300 W),
- 9 moteurs volets = 3 TS 223 à
- 4 sorties (réserve = 3 sorties),
- chauffage 2 zones = 1 TS 240 à
- 4 sorties 16 A.

**Comptage des entrées**

- 13 modules TS 304 à 4 entrées
- 2 modules TS 302 à 2 entrées.
- 1 module 6 entrées TS 310.
- 1 TU 230 télécommande domotique
- 1 TS 351 récepteur radio,
- 2 régulateurs TS 322 pour 3 zones de chauffage.

Le module TS 314 est capable de gérer 4 entrées 230 V. Il est utilisé pour récupérer sur le bus les 4 informations suivantes :

- 2 voies de programmation horaire pour gérer l'alternance confort/réduit des deux zones de chauffage,
- le contact de l'anémomètre,
- le contact de l'interrupteur "vacances" (voir scénario "quitter").

**La télécommande domotique TU 23** pilote en infrarouge jusqu'à 3 récepteurs audiovisuels. Associée au récepteur radio, elle permet d'émettre jusqu'à 24 commandes vers l'ensemble de l'installation électrique. Les touches de la télécommande peuvent ainsi se substituer à n'importe quel bouton-poussoir mural ou émettre des commandes spécifiques :

Exemple : scénario "regarder la télévision"

**Produits système**

- 1 TS 100 configurateur
- 1 TS 111 alimentation

**Câblage**

Les alimentations des récepteurs se font directement depuis les modules de sortie éliminant ainsi un grand nombre de boîtes de dérivation, gourmandes en temps de main d'œuvre.

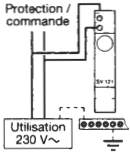
Au niveau de la commande, il suffira de faire cheminer le câble Bus vers tous les points d'implantations destinés à recevoir des boutons-poussoirs.

**La configuration**

Elle permet de définir le fonctionnement pilote de l'installation. Cette opération s'effectue en toute fin de chantier. A ce moment, il sera toujours possible d'intégrer les dernières modifications souhaitées par le client.

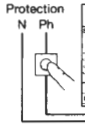
**9.11.2. PRODUITS D'ENTRÉE ET DE SORTIE POUR SYSTÈME D'INSTALLATION TRADITIONNELLE (D'après HAGER-THÉHALIT)**

**VOYANT DE SIGNALISATION**



Version vert ou rouge

**SONNERIE**

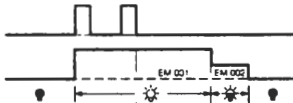


Le transformateur est inutile

**MINUTERIES**

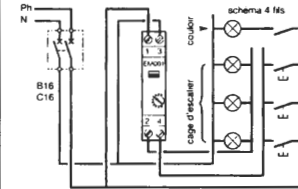
– Diagramme de fonctionnement

Minuterie et préavis d'extinction



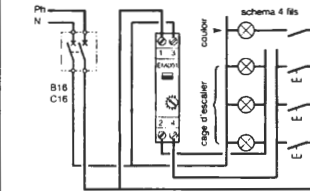
Courant de repos :  
Nombre de boutons-poussoirs lumineux (à 1mA) : 1 à 50

– Schéma bifilaire (4 fils)



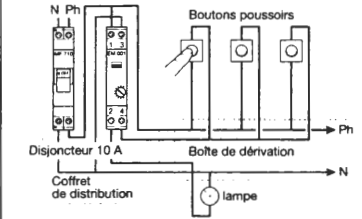
– Caractéristiques fonctionnelles  
Temporisation de 24 secondes à 12 minutes.  
Courant maximum de repos 50 mA.

– Schéma bifilaire (4 fils) avec préavis d'extinction

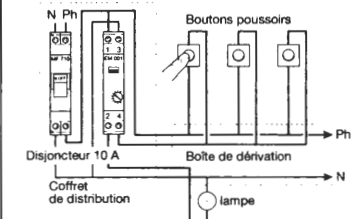


**– TÉLÉRUPTEURS**

câblage 3 fils (télérupteur commandé par le neutre)

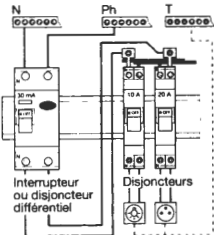


– câblage 4 fils (télérupteur commandé par la phase)

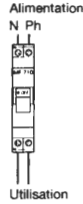


L'intérêt de ce câblage réside dans le fait que la distribution de la phase et du neutre dans la boîte de dérivation permet d'alimenter des points d'éclairage indépendants du télérupteur.

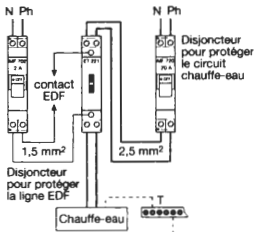
**DISJONCTEUR DIFFÉRENTIEL**



**DISJONCTEUR DIVISIONNAIRE OU COUPE-CIRCUIT**



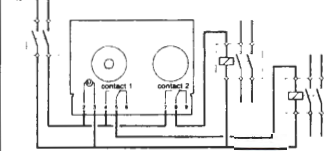
**CONTACTEUR CHAUFFE-EAU**



**INTERRUPTEUR HORAIRE**

– Schéma bifilaire

EH 266 - EH 267  
Ph 220 V

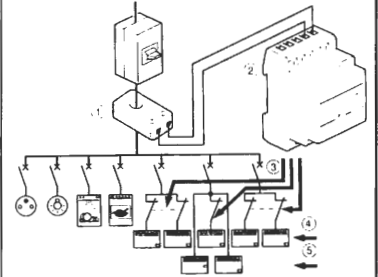


2 programmes indépendants

**Caractéristiques fonctionnelles**  
2 programmes indépendants.  
Technologie à quartz.  
Finesse de programmation : 30 min / 3 heures.  
Précision de fonctionnement : 6 min / an.  
Réserve de marche : 150 h après 70 h.  
Commande manuelle : OFF / Auto / ON.

**DÉLESTEUR MONOPHASE**

– Schéma unifilaire



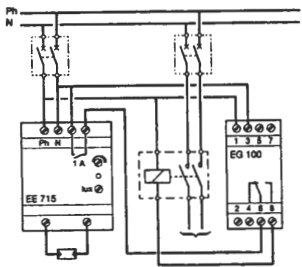
– Caractéristiques fonctionnelles

Calibres : 15 à 90 A.  
Cycle de délestage : 5 minutes.  
Temporisation de déclenchement : 0,5 à 2 secondes.

– Légende :

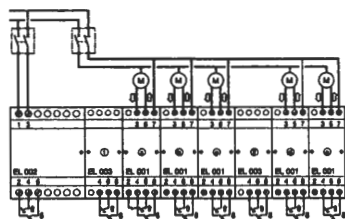
- ① Le capteur mesure en permanence l'intensité totale absorbée par l'installation.
- ② Le délestage compare l'intensité mesurée à la consigne affichée (15 à 90 A) et commande le cycle de délestage.
- ③ 1, 2 ou 3 contacts transmettent les ordres de délestage aux contacteurs, un voyant en façade visualise la sortie délestée.
- ④ Circuits délestés (chauffage, chauffe-eau).
- ⑤ Circuits non délestés (prioritaires).

**INTERRUPTEUR CRÉPUSCULAIRE**



**COMMANDE DE VOLETS ROULANTS ET DE STORES MOTORISÉS**

– Raccordement électrique



Commande générale de l'installation, commande de deux groupes (2 zones) et commande individuelle.

1 boîtier EL 002 peut alimenter au maximum 16 boîtiers EL 001.

1 boîtier EL 001 ne peut commander qu'un seul moteur.

– Légende :

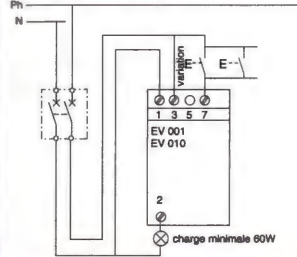
- La commande générale est réalisée à l'aide des boutons-poussoirs associés au boîtier EL 002.
- La commande de groupe EL 003 (1) agit sur tous les EL 001 à sa droite ((a)(b)(c)) jusqu'au prochain boîtier EL 003 (2) ; ce dernier (2) commande tous les EL 001 à sa droite ((d)(e)).
- Chaque store ou volet est commandé individuellement par un boîtier EL 001.

### TÉLÉVARIATEURS

#### - Variation

- Allumage / extinction, par appui bref sur le bouton-poussoir.
- L'allumage se fait au dernier niveau lumineux mémorisé.
- Par appui maintenu, la variation se fait progressivement jusqu'à la valeur maximale.
- Le sens de variation est inversé à chaque appui.

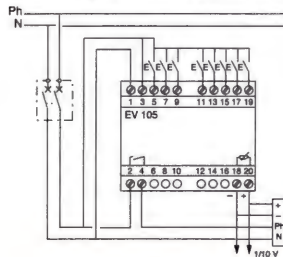
#### - Schémas de raccordement



Variation par boutons-poussoirs associés ou par bouton-poussoir en façade sur l'appareil

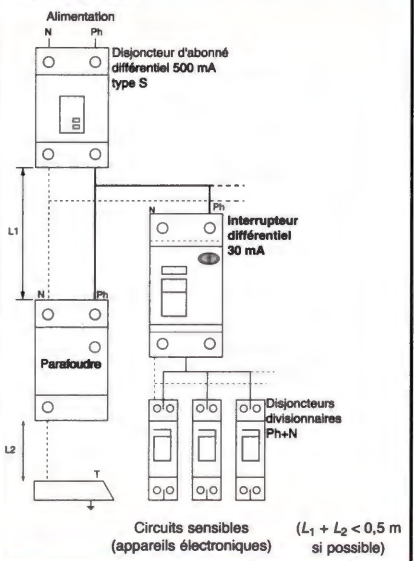
#### - Caractéristiques fonctionnelles

- Voyant de mise sous tension par LED rouge.
- Protection électronique de la surchauffe.
- Protection électronique contre les courts-circuits.
- Mémorisation du niveau d'éclairage.
- Démarrage progressif, augmente la durée des lampes :
- Utilisations diverses, éclairage modulé, éclairage de salles de spectacles.



Téléviateur pilote : 5 scénarios (salles de spectacles)

### PARAFOUDRE

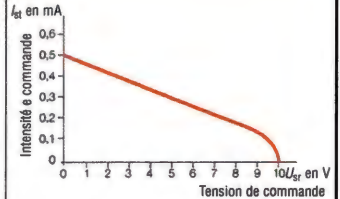
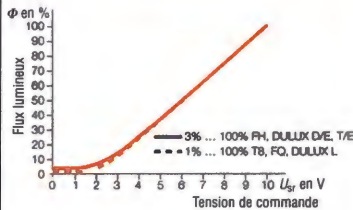


### COMMANDE DES LAMPES FLUORESCENTES \*

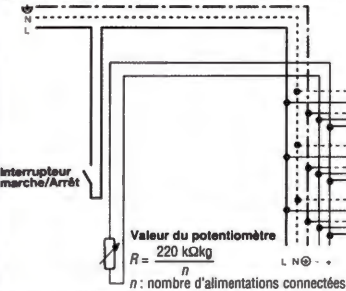
(D'après OSRAM)

- Gestion de l'éclairage par interface 1.10 volts
- Ballasts électroniques gradables pour tubes fluorescents Ø 16 mm (24. 39.49.54.80 W)
- Ballasts électroniques numériques pour gradation de 1 à 100 % des tubes fluorescents au moyen d'une interface fournissant un signal de commande ou une passerelle de conversion d'un signal de BUS.
- Les ballasts peuvent être gradés directement grâce à une fonction intégrée, par un bouton-poussoir.
- Un système est capable de stocker des informations (adresses, vitesse de variation) et de renvoyer des informations au système de gestion (état, défectuosité des lampes).

Courbes types en variation 1-10V



### FONCTIONNEMENT AVEC POTENTIOMÈTRE

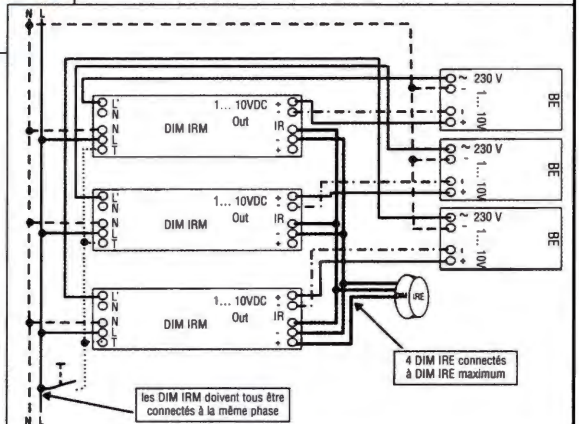
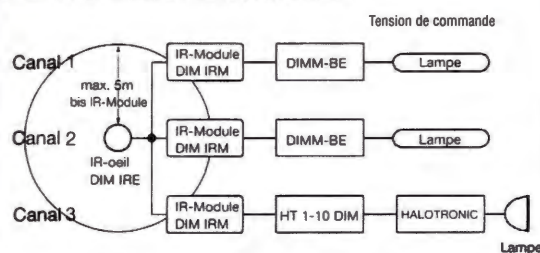


La fonction interrupteur marche/ arrêt du DIM MCUP est conçue pour couper au maximum 10 HF DIM ou 5 HF DIM duo

#### CONSEILS DE MONTAGE POUR VARIATION 1-10 V

1. Longueur maximum des câbles : 300 m
2. Section de fil recommandée : 1,5 mm<sup>2</sup>
3. Toute la filerie doit être capable de supporter la tension secteur.
4. Attention : ne pas inverser les bornes + et -, sinon le niveau maximum ne peut plus être atteint.
5. Les borniers 1-10 V sont prévus pour du fil de 1,5 mm<sup>2</sup> maximum.

### GESTION DE L'ÉCLAIRAGE PAR INTERFACE 1-10 V AVEC UN BP ET UNE TÉLÉCOMMANDE IR



\* D'autres schémas sont présentés dans le DVD Rom associé à l'ouvrage

## 9.12. MONTAGES LUMIÈRES

### PRINCIPAUX SCHÉMAS LUMIÈRES

<p><b>Simple Allumage (SA)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Établir ou interrompre un circuit d'un seul endroit.</li> </ul>	
<p><b>Simple Allumage (SA) Avec voyant de signalisation</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Signale l'état électrique du circuit principal.</li> <li>- Interrupteur avec voyant intégré.</li> </ul>	
<p><b>Double Allumage (DA)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Établir ou interrompre deux circuits différents d'un seul endroit.</li> </ul>	
<p><b>Va et Vient (VV)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Établir ou interrompre un circuit de deux endroits différents.</li> </ul>	
<p><b>Télérupteur</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Établir ou interrompre un circuit de plusieurs endroits.</li> <li>- Commande par impulsions sur des boutons-poussoir (S ... S<sub>x</sub>).</li> <li>- Les boutons-poussoirs peuvent être lumineux.</li> </ul>	
<p><b>Télérupteur à commande TBT</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Établir ou interrompre un circuit de plusieurs endroits.</li> <li>- Commande par impulsions sur des boutons-poussoir (S ... S<sub>x</sub>).</li> <li>- Le circuit de commande est alimenté en TBT.</li> </ul>	
<p><b>Minuterie boutons-poussoirs côté neutre</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Établir instantanément un circuit et l'interromptre automatiquement après un temps réglable.</li> <li>- Les boutons-poussoirs peuvent être lumineux.</li> </ul>	
<p><b>Minuterie boutons-poussoirs côté phase (Montage recommandé)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Établir instantanément un circuit et l'interromptre automatiquement après un temps réglable.</li> <li>- Avec voyant lumineux associé à une résistance, montés en parallèle sur les boutons-poussoirs.</li> </ul>	
<p><b>Commande par variateur électronique</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Faire varier l'intensité lumineuse d'un point à l'aide d'un variateur électronique.</li> <li>- Non utilisable pour les tubes fluorescents.</li> </ul>	
<p><b>Prises de courant commandées</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Montage de prise de courant en parallèle.</li> <li>- Protection par disjoncteur 16 A.</li> <li>- La section des conducteurs peut être de 1,5 mm<sup>2</sup>.</li> </ul>	

## 9.13. EXEMPLE D'INSTALLATION ÉLECTRIQUE DOMESTIQUE

### 9.13.1. ALIMENTATION ET PROTECTION (logement de 85m<sup>2</sup>)

#### CÂBLE D'ALIMENTATION

– U 1000 R 02 V 3 X 16 mm<sup>2</sup> (40 m). Poses du fourreau et des regards comprises dans le lot n° 1.

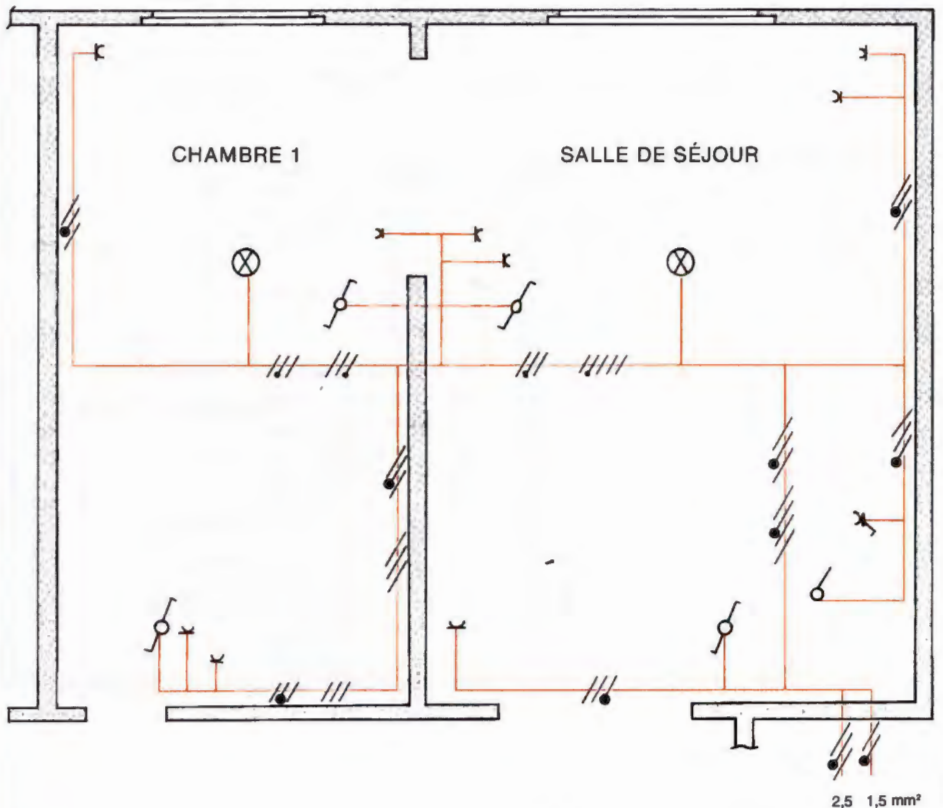
#### TABLEAU DE RÉPARTITION

- Un disjoncteur bipolaire 15 à 45 A réglé à 30 A – Différentiel 500 mA.
- Un interrupteur différentiel 30 mA, calibre 40 A, type A.
- Deux interrupteurs bipolaires différentiels 30 mA – Calibre 40 A, type AC
- Disjoncteur 16 A : lumière cuisine, entrée, dégagement WC.
- Disjoncteur 16 A : lumière chambres 1, 2, 3, salle de séjour.
- Disjoncteur 16 A : lumière cave, lingerie, garage, escalier, entrée garage.
- Disjoncteur 16 A : lumière salle d'eau.
- Disjoncteur 20 A : prises de courant chambre 1 et salle de séjour.
- Disjoncteur 20 A : prises de courant chambres 2 et 3, dégagement, entrée
- Disjoncteur 20 A : prises de courant salle d'eau, cuisine, sous-sol.
- Disjoncteur 20 A : prises de courant lave-vaisselle, cuisine.
- Disjoncteur 20 A : prises de courant machine à laver le linge cuisine.
- Disjoncteur 20 A : prises de courant lingerie et garage.
- Disjoncteur 32 A : départ cuisinière.

#### PRISE DE TERRE GÉNÉRALE

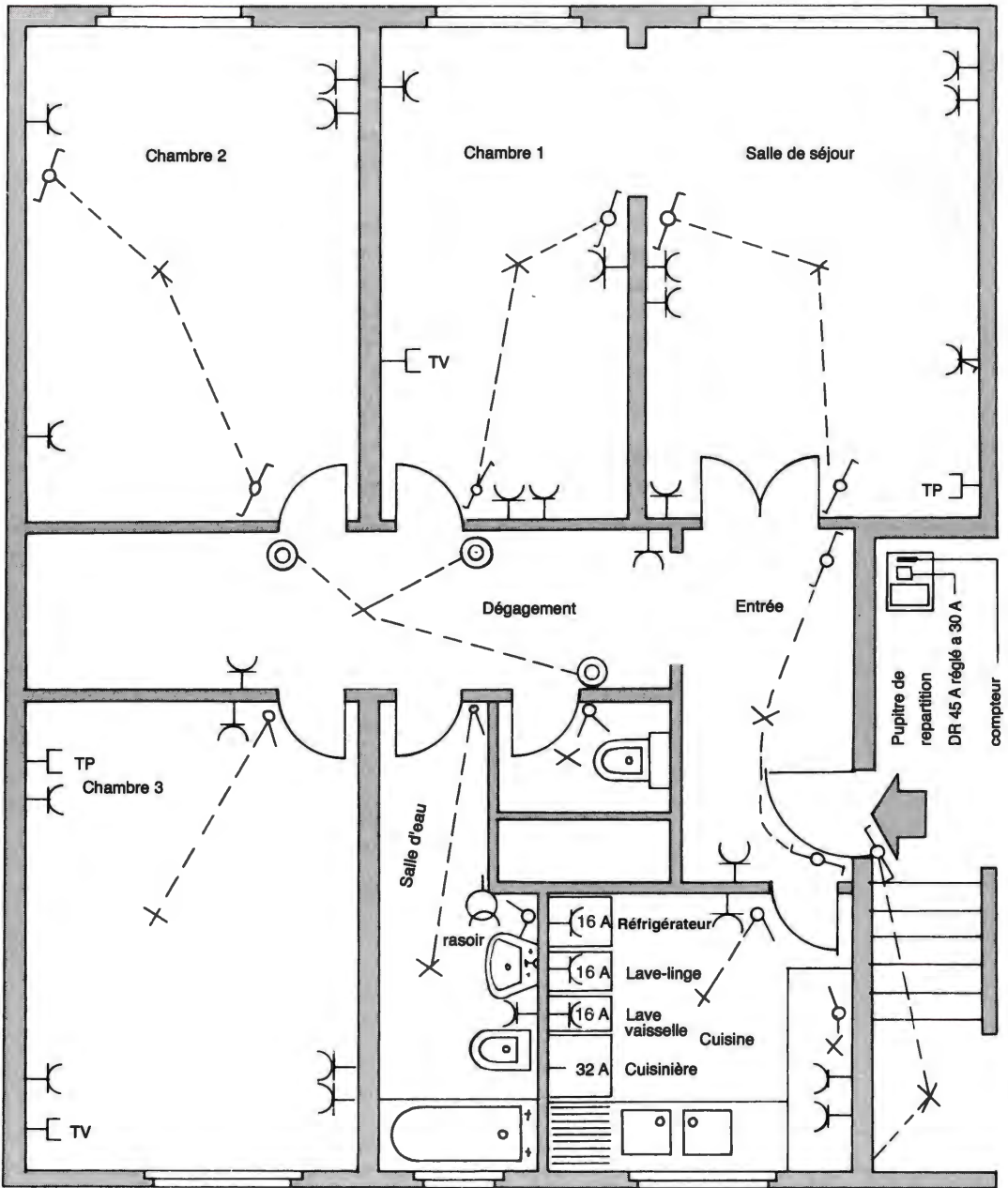
(câble en cuivre nu, S = 25 mm<sup>2</sup> en fond de fouille avec barrette de coupure).

### 9.13.2. SCHÉMA UNIFILAIRE PARTIEL



**Note** : le schéma unifilaire est le plus utilisé, il tient compte également du parcours des canalisations et doit fournir le maximum d'informations.

### 9.13.3. SCHÉMA ARCHITECTURAL HABITATION



# 10. SÉCURITÉ DANS LES BÂTIMENTS

## 10.1. DE LA CONCEPTION À LA MAINTENANCE

(D'après LEGRAND)

### DÉMARCHE

DÉTERMINER  
LE TYPE  
D'ÉTABLISSEMENT

CALCULER  
L'EFFECTIF  
ET LA CATÉGORIE

DÉFINIR LE TYPE  
D'ÉQUIPEMENT

CHOISIR LES  
PRODUITS  
CORRESPONDANTS

ÉTABLIR LES  
CERTIFICATS  
DE CONFORMITÉ

- On distingue trois sortes d'établissements principaux :
  - Les **ERP** (Établissements Recevant du Public)
  - Selon leur activité, Les ERP sont classés en types repérés par une ou plusieurs lettres (§ 10.2.3)
  - Les **ERT** (Établissements Recevant des Travailleurs).
  - Les locaux d'habitation.

- La catégorie se définit à partir du type de l'établissement et de son effectif (§10.2.2 à § 10.2.4)

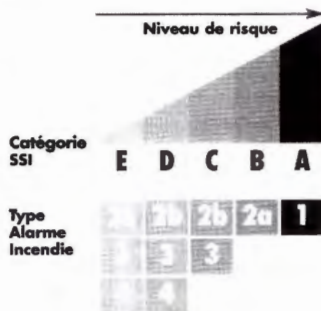
- Il existe cinq catégories d'établissements :
  - moins de 301 personnes : 5<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> catégorie,
  - de 301 à 700 personnes : 3<sup>e</sup> catégorie,
  - de 701 à 1 500 personnes : 2<sup>e</sup> catégorie,
  - au-dessus de 1 500 personnes : 1<sup>e</sup> catégorie

- La catégorie de l'établissement permet, à son tour, de choisir le type d'alarme incendie applicable au projet.

- Il existe 5 types d'alarme incendie.

- Il existe 5 catégories de SSI (Système de Sécurité Incendie) classés de A à E selon le niveau de risque de l'établissement.

- Le niveau **A** correspond au niveau le plus élevé.
- La détermination de cette catégorie, permet ensuite de déterminer le type d'alarme à installer.
- La réglementation distingue 5 types d'alarme : type 1, 2a, 2b, 3 et 4.



- Simples et directs, les tableaux de choix permettent d'identifier immédiatement les produits conformes à la réglementation, établissement par établissement (§ 10.4.11)

- Consulter les normes relatives aux installations de sécurité (§ 10.8)

## 10.2. SPÉCIFICITÉS D'UN ÉTABLISSEMENT

(D'après LEGRAND)

Tous les établissements selon leur activité et l'effectif du public qui les fréquente, imposent des installations de sécurité spécifiques. Il est impératif de déterminer ces types et catégories pour réaliser une installation d'éclairage ou d'alarme incendie conforme à la réglementation.

### 10.2.1. DIFFÉRENTS ÉTABLISSEMENTS

#### Les ERP (Établissements recevant du public)

– Suivant leur activité, ces établissements sont classés en types. À cette classification s'ajoute la définition d'une catégorie, établie en fonction de l'effectif du public qu'ils peuvent recevoir. La sécurité de ce public est en effet le premier objectif d'une installation de sécurité.

#### Les ERT (Établissements Recevant des Travailleurs)

– Assujettis à la législation du travail, ces établissements n'imposent pas la définition d'une catégorie. Certains sont soumis à des règles additives supplémentaires en fonction des risques spécifiques (chantiers, locaux à risques d'explosions,...) et sont traités de manière spécifique.

#### Les locaux d'habitations.

– Ils sont classés en familles en fonction de leur nombre d'étages et non de l'effectif.

#### Les IGH. Immeubles de Grande Hauteur.

### 10.2.2. DÉTERMINATION DE L'ACTIVITÉ DE L'ÉTABLISSEMENT

– Les ERP sont classés en plusieurs types suivant leur activité (banque, musée, café, lieu de culte...).

– Chaque type est repéré par une ou plusieurs lettres. Il est impératif de connaître à quel type d'activité se rapporte l'établissement. Pour déterminer l'activité de l'établissement faisant l'objet d'un projet, se reporter au tableau ci-dessous.

– Liste alphabétique des établissements :

A	Type	D	Type	I-J	Type	R	Type
Administration	W	Dancing	P	Internat	R	Refuge de montagne	REF
Aérienne (gare)	GA	Danse (salle de)	P	Immeuble d'habitation	–	Résidence* de personnes âgées	–
Altitude (restaurant)	OA	Débit de boissons	N	Immeuble de grande hauteur	–	Résidence* de personnes handicapées	–
Altitude (hôtel)	OA	Discothèque	P	Jeux (salle de)	P	Restaurant	N
Archives	S	Documentation (centre de)	S	Local à risques	L	Restaurant d'altitude	OA
Atelier (recevant des travailleurs)	–	École	R	d'explosion (BE3)	–	S	
Auberge de jeunesse	R	Église	V	Local industriel	–	Salle de réunions	L
Audition (salle)	L	Établissement de culte	V	Local technique	–	Salle d'audition	L
B		Établissement d'enseignement	R	Logement	–	Salle de conférences	L
Bal	P	Établissement de plein air	PA	Lycée	R	Salle de danse	P
Banque	W	Établissement de soins	U	M		Salle d'exposition à vocation commerciale	T
Bar	N	Établissement flottant	EF	Mairie	W	Salle de jeux	P
Bateau stationnaire	EF	Exposition commerciale (salle d')	T	Maison de retraite	J	Salle omnisports	X
Bazar	M	Exposition commerciale (salle d')	T	Manège équestre (couvert)	X	Soins (établissement de)	U
Bibliothèque	S	Exposition culturelle	Y	Manège équestre (de plein air)	PA	Spectacle (salle de)	L
Billard (salle de)	P	F		Mosquées	V	Sport (terrain de)	PA
Boissons (débit de)	N	Flottant (établissement)	EF	Motels	O	Sportif (établissement couvert)	X
Brasserie	N	Foyer logement pour personnes âgées ou personnes handicapées	–	Musées	Y	Stade	PA
Bureau (recevant du public)	W	G		O		Structure d'accueil pour personnes âgées et personnes handicapées	J
Bureau (recevant uniquement des travailleurs)	–	Galerie marchande	M	Omnisport (salle)	X	Structure gonflable	SG
C		Garderie	R	P		Synagogue	V
Café	N	Gare aérienne	GA	Parking couvert à caractère industriel et commercial	PS	T-U-V	
Camping	–	Gare souterraine	GA	Parking couvert d'habitation	–	Temple	V
Centre commercial	M	Gîtes commerciaux (gîtes de groupe d'étape, d'enfants, équestre)	–	Patinage (piste de)	PA	Tente	CTS
Centre de documentation	S	Gonflable (structure)	SG	Patinoire (couverte)	X	Terrain de sport	PA
Centre médico-éducatif	J	H		Pension de famille	O	Usine	–
Chantier	–	Habitation	–	Piscine couverte	X	Vente (magasin de)	M
Chambre d'hôtes	–	Hôpital	U	Piscine découverte	PA		
Chapiteau	CTS	Hôpital de jour	U	Plein air (établissement de)	PA		
Clinique	U	Hôtel	O	Pouponnière	U		
Collège	R	Hôtel d'altitude	OA				
Colonie de vacances	R						
Conférences (salle de)	L						
Crèche	R						

\* non médicalisée

## 10.2.3. DÉFINITION DE LA CATÉGORIE

Après avoir défini le type d'établissement sur lequel va porter l'intervention, on doit impérativement calculer son effectif afin de connaître sa catégorie et d'établir le type d'installation à effectuer. Aucun cas n'est reproductible, il est obligatoire de réaliser le calcul pour chaque nouveau chantier.

- Pour définir la catégorie, il s'agit d'abord de calculer et additionner l'effectif du public et du personnel pouvant fréquenter l'établissement en fonction des spécificités et règlements propres à chaque type d'ERP.
- Le décompte obtenu permet de définir la catégorie :
  - **Moins de 301 personnes :**
    - Si l'effectif du public est inférieur aux limites réglementaires (tableau ci-dessous), l'établissement est de **5<sup>e</sup> catégorie** et il ne faut pas compter le personnel.
    - Si l'effectif du public est supérieur aux limites de la 5<sup>e</sup> catégorie, l'établissement est de la **4<sup>e</sup> catégorie**.
  - **De 301 à 700 personnes :**
    - L'établissement est de la **3<sup>e</sup> catégorie**.
  - **De 701 à 1 500 personnes :**
    - L'établissement est de la **2<sup>e</sup> catégorie**.
  - **Au-dessus de 1 500 personnes :**
    - L'établissement est de la **1<sup>ère</sup> catégorie**.
- **Intégrer l'effectif des personnes handicapées.**
  - Au-delà d'un certain seuil, le nombre admissible de personnes handicapées a une influence directe sur le choix de la catégorie de **SSI** (Système de Sécurité Incendie) et du type d'alarme à utiliser.
- **Déterminer l'éclairage de sécurité et le type de SSI.**
  - Lorsque le décompte des effectifs est fait et lorsque la catégorie de l'établissement est définie, on doit déterminer le type d'éclairage et le type d'alarme incendie qui s'appliquent au projet.

Type	Établissement	Décompte du public
J	Structures d'accueil pour personnes âgées et personnes handicapées	effectif maximal défini par déclaration (ajouter 1 visiteur pour 3 résidents) Résidents Effectif total
L	Salles de réunions, de quartier sans spectacle	1 personne/m <sup>2</sup>
	Salles d'audition, de conférences	Nombre de places numérotées ou 1 personne/0,5 m linéaire. Rajouter 3 personnes/m <sup>2</sup> pour les surfaces réservées aux spectateurs debout et 5 personnes/m <sup>2</sup> pour file d'attente et promenoir
	Salles de projection, de spectacles	
	Cabarets	4 personnes/3 m <sup>2</sup> (déduction faite des estrades ou aménagements fixes)
	Salles polyvalentes non classées type X	1 personne/m <sup>2</sup>
M	Magasins	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rdc : 2 personnes/m<sup>2</sup> S/sol et 1<sup>er</sup> étage : 1 personne/m<sup>2</sup>, 2<sup>e</sup> étage : 1 personne/2 m<sup>2</sup>. Étage supérieur : 1 personne/5 m<sup>2</sup></li> <li>• La surface accessible au public est évaluée au tiers de celle des locaux sur déclaration au chef d'établissement ou forfaitairement</li> <li>• Magasins à faible fréquentation : 1 personne/3 m<sup>2</sup> sur le tiers de la surface</li> </ul>
N	Restaurants Bars	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Restauration assise : 1 personne/m<sup>2</sup></li> <li>• Restauration debout : 2 personnes/m<sup>2</sup></li> <li>• File d'attente : 3 personnes/m<sup>2</sup></li> </ul>
O	Hôtels	• Suivant le nombre de personnes déclaré par chambre ou en absence de déclaration : 2 personnes par chambre
P	Salles de danse, de jeux	4 personne/3 m <sup>2</sup> (déduction faite des estrades ou aménagements fixes)
	Salles de billard	4 personnes par billard + les spectateurs
R	Colonies de vacances	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plus de 2 étages</li> <li>• 2 étages au plus</li> </ul>
	Établissements d'enseignement : • sans pension • avec pension Écoles maternelles, crèches, garderies	Effectif maximal défini par la déclaration écrite du chef d'établissement.
S	Bibliothèques	Effectif maximal défini par la déclaration écrite du chef d'établissement
T	Halls et salles d'exposition	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temporaire : 1 personne/m<sup>2</sup> de la surface totale d'accès au public</li> <li>• Permanent : biens d'équipement volumineux (voitures, bateaux) : 1 personne/9 m<sup>2</sup></li> </ul>
U	Établissements sanitaires • avec hébergement • sans hébergement	Malades : 1 personne/lit Personnel : 1 personne/3 lits Visiteurs : 1 personne/lit (1 personne/2 lits*) 8 personnes/poste de consultation ou d'exploration externe

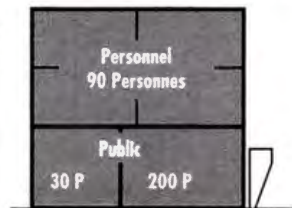
Limite de la 5 <sup>e</sup> catégorie		
S/sol	Étages	Ensemble des niveaux
-	-	20
-	-	100
100	-	200
100	-	200
20	-	50
20	-	50
20	-	50
100	100	200
100	200	200
-	-	100
20	100	120
20	100	120
-	-	20
-	-	30
100	100	200
-	-	20
•	-	100
100	100	200
100	100	200
		20 (20 lits*) 100

\* Établissement spécialisé pour enfants en bas âge

Type	Établissement	Décompte du public	Limite de la 5 <sup>e</sup> catégorie				
			Sous-sol	Étages	Ensemble des niveaux		
V	Établissements de culte	• 1 personne/siège ou 1 personne/0,50 m de banc • 2 personnes/m <sup>2</sup> de la surface réservée aux fidèles	100	200	300		
W	Banques : Administrations	Défini par la déclaration du chef d'établissement	100	100	200		
X	Établissements sportifs couverts						
			sans spectateur	avec spectateurs (1)			
		Omnisports	1 personne/1 m <sup>2</sup>	1 personne/8 m <sup>2</sup>	100	100	200
		Patinoire	2 personnes/3 m <sup>2</sup>	1 personne/10 m <sup>2</sup>			
Polyvalente	1 personne/m <sup>2</sup>	1 personne/m <sup>2</sup>					
Piscine	1 personne/m <sup>2</sup>	1 personne/5 m <sup>2</sup>					
		(1) Ajouter l'effectif des spectateurs en fonction du calcul des salles de spectacles type L					
Y	Musées	Effectif maximal défini par la déclaration écrite du chef d'établissement	–	–	100		
CTS	Chapiteaux, tentes	Selon l'activité se reporter au type d'établissement considéré	–	–	20		
EF	Établissements flottants	Selon l'activité se reporter au type d'établissement considéré	–	–	12		
GA	Gare aérienne Gare souterraine	Dans les zones de stationnement (salle d'attente, buffet, bureau) 1 personne/m <sup>2</sup>	–	–	200		
		Dans les emplacements où les personnes stationnent et transitent (salle de pas perdus, etc.) 1 personne/2 m <sup>2</sup> suivant déclaration de l'exploitant	–	–	200		
OA	Hôtels, restaurants d'altitude	Suivant le nombre de personnes déclarées pouvant occuper les chambres ou en l'absence de déclaration 2 personnes par chambre	–	–	20		
PA	Établissements de plein air	Suivant déclaration du maître d'ouvrage	–	–	300		
REF	Refuge de montagne	Refuges non gardés	–	–	–		
		Refuges gardés				Suivant le nombre de places de couchage	
SG	Structures gonflables	Selon l'activité se reporter au type d'établissement considéré avec un maximum de 1 personne/m <sup>2</sup>	–	–	1		
Groupement de plusieurs types d'établissements		L'effectif est calculé suivant les règles propres à chaque type	50	100	200		

#### • Activité interdite en sous-sol

##### – Exemple de détermination de l'éclairage de sécurité et du SSI d'une banque.



##### – Données :

- L'effectif du public est supérieur à 200 personnes (200 + 30 = 230) sur l'ensemble des niveaux.
- L'établissement est classé au-dessus de la 5<sup>e</sup> catégorie, il faut donc ajouter l'effectif du personnel à l'effectif du public, soit ici 230 + 90 = 320 personnes au total.
- **L'établissement est classé en 3<sup>e</sup> catégorie (301 à 700 personnes)**

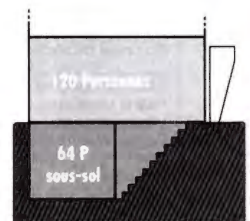
##### – Exemple de détermination de l'éclairage de sécurité et du SSI d'un restaurant.

##### – Données :

- Type N
- Rez-de-chaussée : salle de restaurant 150 m<sup>2</sup>
- Sous-sol : salon de 80 m<sup>2</sup>
- Aménagement fixe : 30 m<sup>2</sup> au rez de chaussée et 16 m<sup>2</sup> en sous-sol, il faut compter la surface réelle des aménagements fixes prévus dans le local (sauf tables et chaises)

##### – Calcul de l'effectif :

- Au rez-de-chaussée : la restauration est assise, donc il faut compter 1 personne par m<sup>2</sup> : 150 m<sup>2</sup> – 30 m<sup>2</sup> = 120 m<sup>2</sup> utiles, donc **120 personnes**.
- Au sous-sol : la restauration est assise, donc il faut compter 1 personne par m<sup>2</sup> : 80 m<sup>2</sup> – 16 m<sup>2</sup> = 64 m<sup>2</sup> utiles, donc **64 personnes**.
- Total : 120 + 64 = **184 personnes**
- **Dans l'établissement de 3<sup>e</sup> catégorie l'effectif du personnel n'est pas pris en compte.**



ÉTABLISSEMENTS	LOCAUX CONCERNÉS	TYPE	CATÉGORIE (Effectif) E	ÉCLAIRAGE DE REMPLACEMENT (BAEH)	BLOCS AUTONOMES (BAES)		ALIMENTATION CENTRALE (LSC)		TÉLÉCOMMANDE	OBSERVATIONS DÉROGATIONS
					Évacuation I ou F 45 Lm pendant 1 h minimum	Ambiance ou antipanique I : 5 lm/m <sup>2</sup> F : 5 lm/m <sup>2</sup>	Évacuation I ou F 45 Lm pendant 1 h minimum	Ambiance ou antipanique I : 0,5 W/m <sup>2</sup> F : 5 lm/m <sup>2</sup>		
<b>STRUCTURES D'ACCUEIL POUR PERSONNES ÂGÉES ET HANDICAPÉES</b>	- Maisons de retraite médicalisées. - Foyers pour personnes handicapées.	J	E < 100*	O	O/NP	E/NP	E/NP	E/NP	0	Au moins 2 blocs d'éclairage par salle. Autonomie 6 h pour une source centralisée sans groupe électrogène, 1 h dans les autres cas. L'allumage des BAES est piloté par le déclenchement de l'alarme incendie. Si les BAEH fonctionnent, les BAES sont automatiquement mis au repos.
			E ≥ 100*	O	O/NP	E/NP	E/NP	E/NP	0	
<b>ÉTABLISSEMENTS DE SPECTACLES, DE RÉUNIONS</b>	- Théâtres - Cabarets de nuits - Gymnases avec gradins - Dancings avec décor ou attraction importante - Cinémas... - Salles de conférence	L	E < 100*	N	O	E/NP	E	E/NP	0	Dans le cas où l'éclairage d'ambiance est gênant pour l'exploitation, il est admis qu'il soit réalisé en non permanent sauf dans les locaux de projection et à proximité des dispositifs et moyens de secours.
			100* ≤ E ≤ 700	N	O	O/P	E	E/P	0	
			E > 700	N	N	N	O	O	O	
<b>MAGASINS DE VENTE</b>	- Bazars - Magasins de vente - Centres commerciaux - Galeries marchandes - Boutiques	M	E < 100*	N	O	E/P	E	E/P	E	Locaux réservés aux employés (voir établissements assujettis à la législation du travail).
			100* ≤ E ≤ 700	N	O	D/P	E	E/P	O	
			E > 700	N	N	N	O	O	O	
<b>RESTAURANTS CAFÉS</b>	- Restaurants - Cafés, bars - Brasseries - Débits de boissons	N	E < 100*	N	O	E/NP	E	E/NP	E	Lampes assurant l'évacuation, allumées en permanence.
			100* ≤ E ≤ 1500	N	O	O/NP	E/P	E/NP	O	
<b>HÔTELS</b>	- Hôtels - Motels - Pensions de famille...	O	20 ≤ E ≤ 100*	O	O/NP	E/NP	E/NP	E/NP	0	Au moins 2 blocs d'éclairage d'ambiance par salle ou par hall. L'éclairage de sécurité est asservi à l'alarme incendie. Autonomie de 6 h par une source centralisée sans groupe électrogène, 1 h dans les autres cas.
			E ≥ 100*	O	O/NP	O/NP	E/NP	E/NP	O	
<b>HÔTELS RESTAURANTS D'ALTITUDE</b>	- Non accessibles régulièrement par les véhicules de secours	OA	E < 100	N	O	E/P	E/P	E/P	E	Idem type O ou N en cas de locaux à sommeil. Autonomie ou 12 h pour une source centralisée dans le volume sommeil.
			E ≥ 100	N	O	O/P	E/P	E/P	O	
<b>SALLES DES FÊTES</b>	- Salles de jeux - Salles de danse - Discothèques - Bals - Dancings	P	E < 100*	N	O	E/NP	E/NP	E/NP	E	Dans le cas où l'éclairage d'ambiance est gênant pour l'exploitation, il est admis qu'il soit réalisé en non permanent.
			100* ≤ E ≤ 700	N	O	O/NP	E	E/NP	O	
<b>ÉTABLISSEMENTS DE PLEIN AIR</b>	- Terrain de sport - Stades - Piscines - Pistes de patinage	PA	-	N	O	O	E	E	0	Utiliser le matériel de l'IP imposé par le local.
			-	N	O	-	E	-	-	Placer des blocs en partie haute, d'autres en partie basse (moins de 50 cm du sol).
<b>PARKINGS COUVERTS</b>	- Dans les parkings et leurs dégagements	PS	-	N	O	-	E	-	-	
<b>ÉTABLISSEMENTS D'ENSEIGNEMENT</b>	- Établissements d'enseignement public ou privé, internats - Colonies de vacances - Résidences universitaires, centres de loisirs... - Facultés...	R	E < 100*	O	O	E/NP	E/NP	E/NP	0	BAEH si existence de locaux à sommeil. Autonomie de 6 h pour une source centralisée sans groupe électrogène 1 h dans les autres cas. Groupe électrogène obligatoire si E > 100
			E ≥ 100*	O	O	O/NP	E/NP	E/NP	O	
<b>BIBLIOTHÈQUES</b>	- Bibliothèques - Centres de documentation, archives	S	E < 100*	N	O	E/NP	E/NP	E/NP	E	-
			E ≥ 100*	N	O	O/NP	E	E/NP	O	

**Légende :** I : Incandescence.  
F : fluorescence.

O : obligatoire.  
E : éventuellement.  
N : interdit.

P : du type permanent (lampes allumées secteur présent ou absent).  
NP : du type non permanent (lampes allumées seulement si secteur absent).  
\* : ou 50 personnes en sous-sol.

ÉTABLISSEMENTS	LOCAUX CONCERNÉS	TYPE	CATÉGORIE (Effectif) E	ÉCLAIRAGE DE REMPLACEMENT (BAEH)	BLOCS AUTONOMES (BAES)		ALIMENTATION CENTRALE (LSC)		TÉLÉCOMMANDE	OBSERVATIONS DÉROGATIONS
					Évacuation I ou F 45 lm pendant 1 h minimum	Ambiance ou antipanique I : 5 lm/m <sup>2</sup> F : 5 lm/m <sup>2</sup>	Évacuation I ou F 45 lm pendant 1 h minimum	Ambiance ou antipanique I : 0,5 W/m <sup>2</sup> F : 5 lm/m <sup>2</sup>		
<b>HALLS ET SALLES D'EXPOSITION</b>	- Salle d'exposition à vocation commerciale	T	E < 100*	N	O	E/NP	E	E/NP	E	Dans tous les cas, pour les stands à étages ou couverts, il convient d'utiliser des BAES
			100* ≤ E ≤ 700	N	O	O/P	E	E/P	O	
			E > 700	N	N	N	O	O	O	
<b>ÉTABLISSEMENTS SANITAIRES</b>	- Hôpitaux - Cliniques - Crèches - Établissements sanitaires publics ou privés...	U	E < 100*	O	O/NP	E/NP	E/NP	E/NP	E	Autonomie de 6 h pour une source centralisée sans groupe électrogène, 1 h dans tous les autres cas.
			E ≥ 100*	O	O	O/NP	E	E/NP	O	
<b>ÉTABLISSEMENTS DE CULTE</b>	- Ets de divers cultes - Églises - Synagogues - Mosquées - Cryptes...	V	E < 100*	N	O	E	E	E	E	Éclairage d'ambiance soumis à l'appréciation de la commission de sécurité (pas d'obligation).
			E ≥ 100*	N	O	E	E	E	E	
<b>BANQUES ADMINISTRATIONS</b>	- Banques, administrations privées ou publiques	W	E < 100*	N	O	E/NP	E	E/NP	E	-
			E ≥ 100*	N	O	O/NP	E	E/NP	O	
<b>ÉTABLISSEMENTS SPORTIFS COUVERTS</b>	- Salles omnisport, d'éducation physique, patinoires, manèges, piscines couvertes, transformables ou mixtes, salles polyvalentes - Structures gonflables	X	E < 100*	N	O	E/NP	E	E/NP	O	À l'exception des salles polyvalentes à dominante sportive, l'éclairage d'ambiance est installé dans les zones réservées aux spectateurs et dans les zones de circulation. Dans le cas où il y a sport de balle (ou ballon), les éclairages doivent être protégés par une grille. Mêmes règles que pour les établissements type X
		SG	-		O		E			
<b>MUSÉES</b>	- Publics ou privés	Y	E < 100*	N	O	E/NP	E	E/NP	E	-
			E ≥ 100*	N	O	O/NP	E	E/NP	O	
<b>CHAPITEAUX ET TENTES</b>	- Structures itinérantes - Tentés...	CTS	E < 100*	N	O	E/NP	E	E/NP	E	L'armoire de sécurité doit être à 2 m minimum de toute autre installation électrique.
			E ≥ 100*	N	O	O/NP	E	E/NP	O	
<b>ÉTABLISSEMENTS FLOTTANTS</b>	- Bateaux stationnaires ou en stationnement	EF	-	N	O	E	-	-	-	Éclairage d'ambiance pour les abords. Autonomie de 36 h ramenée à 6 h pour les navires de jauge brute < 500
<b>GARES</b>	- Souterraines - Aériennes - Mixtes	GA	E < 100*	N	O	E/NP	E	E/NP	E	Type D autorisé si E < * Gares mixtes : mêmes dispositions suivant les parties souterraines ou aériennes.
			E ≥ 100*	N	O	O/NP	E	E/NP	O	
<b>USINES ATELIERS BUREAUX</b>	Tout établissement assujéti à la législation du travail	-	E < 100*	N	O	E	E	E	E	100 personnes avec plus 1 personne/10 m <sup>2</sup>
			E ≥ 100*	N	O	O	E	E	O	
<b>REFUGES DE MONTAGNE</b>	-	REF	-	N	O	-	-	-	-	L'éclairage d'évacuation peut être réalisé par des lampes portatives.
<b>CHANTIERS</b>	-	-	-	N	O	-	-	-	-	Prévoir une lampe portative pour effectuer les manœuvres de sécurité et de vérification.
<b>CAMPINGS</b>	- Camping - Stationnement de caravanes	-	-	N	O	-	-	-	-	Le bloc à phares halogènes orientable associé aux BAES constitue une solution idéale par l'éclairage de sécurité
<b>IMMEUBLES D'HABITATION</b>	- Dans les cages d'escaliers et couloirs obscurs	-	-	N	O	-	E	-	-	Bâtiment de plus de 3 étages.

**Légende :** I : incandescence, F : fluorescence, O : obligatoire, E : événementiellement, N : interdit, P : du type permanent (lampes allumées secteur présent ou absent), NP : du type non permanent (lampes allumées seulement si secteur absent), \* : ou 50 personnes en sous-sol.

## 10.3. ÉCLAIRAGE DE SÉCURITÉ

### 10.3.1. ÉVOLUTION DE LA RÉGLEMENTATION

(D'après LEGRAND)

Le nouveau règlement de sécurité ne définit plus qu'un seul type d'éclairage de sécurité.

#### • L'éclairage

- L'éclairage d'un bâtiment de type ERP comprend :
  - L'éclairage normal qui permet l'exploitation du bâtiment,
  - L'éclairage de remplacement qui reprend tout ou partie de l'éclairage normal dans le but de continuer une exploitation de bâtiment en cas de disparition de l'éclairage normal (exemple : groupe Électrogène).
- **L'éclairage de sécurité est indépendant des deux types d'éclairage ci-dessus qui doit permettre l'évacuation sûre et rapide, en cas de besoin, des personnes.**
- Le public n'est admis qu'en présence de l'alimentation normale ou de remplacement.

#### • L'éclairage de sécurité

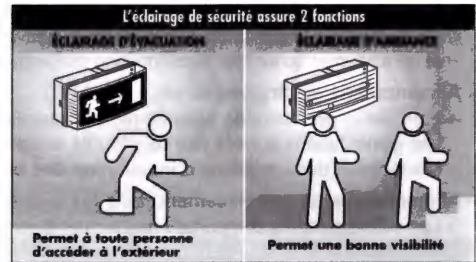
- Les règles particulières précisent les modalités d'application en fonction :
  - des types d'établissements (nature d'exploitation)
  - des catégories (effectif)
- Les installations sont réalisées soit par **blocs autonomes**, soit par **sources centralisées** constituées de batteries d'accumulateurs alimentant les luminaires de sécurité.
- L'allumage de l'éclairage de sécurité doit être automatique en cas de défaillance de l'éclairage normal, (ou de l'éclairage de remplacement quand il existe). L'autonomie de l'éclairage de sécurité doit être d'au moins 1 heure.

#### • Les deux fonctions de l'éclairage de sécurité :

1) **L'éclairage d'évacuation** (appelé auparavant **balisage**) permet à toute personne d'accéder à l'extérieur en éclairant :

- Les cheminements,
- Les sorties,
- Les signalisations,
- Les obstacles et les changements de direction.

2) **L'éclairage d'ambiance ou antipanique** destinés aux locaux recevant un grand nombre de personnes. Il assure un éclairage uniforme sur toute la surface d'un local pour permettre une bonne visibilité et éviter toute panique.



### 10.3.2. CONCEPTION D'UNE INSTALLATION

#### • Éclairage d'évacuation ou de balisage.

##### - Emplacements des blocs d'éclairage :

- au-dessus de chaque issue de secours
- à chaque changement de direction,
- à chaque obstacle de changement de niveau,
- tous les 15 mètres, le long des dégagements

- La signalisation de balisage est fixée sur le luminaire si elle est transparente ou à proximité si elle est opaque.

- Les luminaires d'éclairage d'évacuation doivent éclairer même en présence de l'éclairage normal :

- lampe veilleuse pour les **BAES**,
- lampe allumée pour les luminaires sur **source centralisée**.

- **Le flux lumineux en fonctionnement doit être supérieur à 45 lumens pendant 1 heure minimum**

- L'éclairage d'évacuation peut être réalisé par des blocs autonomes conformes à la **NF C 71-800/801** et admis à la **marque NF-AEAS** :

- incandescentes,
- fluorescents non permanents **SATI\***,
- fluorescents de type permanent.

- L'éclairage d'évacuation peut être également réalisé par un système à source centralisée dont les lampes sont alimentées à l'état de veille.

Signalisation de balisage fixée sur le luminaire



NF-AEAS



#### Éclairage d'évacuation dans les grands espaces

Quand la configuration du local ne permet pas de fixer les blocs de façon classique (grand hall, aire de stockage, etc.), des blocs d'évacuation sont installés en partie haute et éclairent les cheminements et la signalisation de sécurité.

\* **SATI** : bloc autonome avec Système Autonome de Test Intégré.

• **Éclairage d'ambiance ou anti-panique.**

- Cet éclairage s'installe dans les locaux ou dégagements dont l'effectif atteint 100 personnes (ou 50 personnes en sous-sol). Il est calculé sur la base de 5 lumens par m<sup>2</sup> de surface du local. La distance entre deux blocs ne doit pas dépasser quatre fois la hauteur d'installation.
- Il est réalisé par les **blocs autonomes** fluorescents non permanents conformes à la **norme NFC 71-801** et admis à la **marque NF AEAS** ou par un système à **source centralisée** dont les lampes sont éteintes ou allumées en présence de l'éclairage normal.

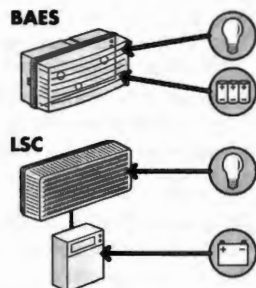
• **Deux Technologies possibles :**

- **Blocs Autonomes d'Éclairage de Sécurité (BAES) :**

- tous les composants, chargeur électronique, source lumineuse et accumulateurs sont intégrés dans le même produit.
- ces blocs peuvent être **SATI** ou **SATI-adressables**, dans ce cas ils communiquent avec une centrale de contrôle.

- **Installation à source centralisée qui est constituée :**

- d'une source d'alimentation installée dans un local approprié,
- de Luminaire pour Source Centralisée (LSC)
- de canalisations de sécurité reliant les luminaires et la source centralisée.



• **Évolution de la réglementation :**

- **Lieux d'installation de l'éclairage par source centralisée**

- Les sources centralisées doivent être installées dans un local spécifique de service électrique dont les parois sont coupe-feu 1 h.

- **Réalisation de l'installation**

- Les luminaires d'évacuation sont allumés en permanence
- Les luminaires d'ambiance ou anti-panique peuvent être éteints en utilisation normale et ne s'allumer qu'en cas de disparition du secteur.

- **Alimentations électriques de sécurité (AES)**

- Pour les applications de sécurité réglementaires autres que l'éclairage de sécurité. Les alimentations doivent être de sécurité et conformes à la **norme NFS61- 940**.
- Modification des conditions d'installation des batteries selon l'article EL.8 § 2.

- **Alimentations de remplacement dans les locaux à sommeil.**

- Les établissements comportant des locaux à sommeil doivent être équipés d'une alimentation de remplacement (groupe électrogène) selon l'article EL4 § 4.
- Cette alimentation n'est pas obligatoire pour certains établissements dans la mesure où l'éclairage de sécurité répond à des conditions particulières.

- **Vérifications périodiques**

- L'exploitant doit effectuer des vérifications périodiques de l'éclairage de sécurité selon l'article EC 14.
- Ces vérifications peuvent être assurées par des **blocs SATI** conformes à la **norme NFC 71-820**.
- En **SATI adressable**, toutes les formations sont disponibles en un seul point et imprimables pour insertion dans le registre de sécurité.
- Les vérifications peuvent être faites **manuellement** :
- **Une fois par mois**, l'exploitant doit couper l'alimentation et vérifier visuellement l'allumage des lampes.
- **Tous les six mois**, il doit couper l'alimentation et vérifier que l'autonomie d'une heure est toujours assurée.



• **autorisé** • **interdit**

Les coffrets sont prévus pour une autonomie d'1h à puissance nominale. Si la puissance totale n'est pas utilisée, l'autonomie réelle est égale à :

$$\text{Autonomie} = \frac{\text{puissance nominale} \times 60 \text{ min}}{\text{puissance réelle consommée}}$$

(Calcul valable pour :  
1 h ≤ autonomie ≤ 72 h)

	Produits	SSI alimentant 1 seul produit	Autres batteries de sécurité
Locaux			
Accessible public		•	•
Non public		•	•
Locaux élec. normaux		•	•
Locaux élec. Coupe-feu 1 h		•	•
Locaux élec. Coupe-feu 1 h porte 1/2 h		•	•

## 10.3.3. ÉCLAIRAGE DE SÉCURITÉ PAR BLOCS AUTONOMES D'ÉCLAIRAGE DE SÉCURITÉ (BAES)

### • Installation et réglementation

#### – Raccordement.

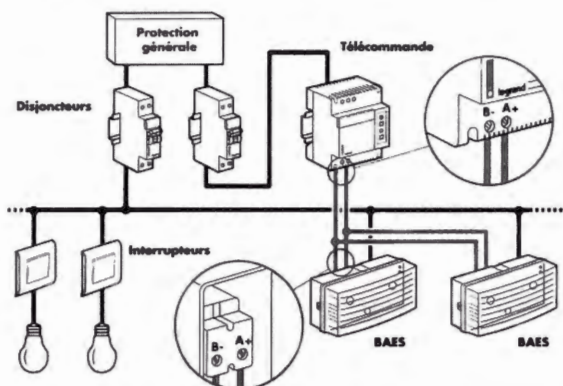
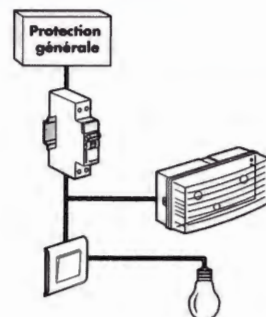
– Pour chaque local, le raccordement des blocs doit s'effectuer entre la protection et l'interrupteur de commande de l'éclairage (voir ci-contre) normal du local. Dans le cas de local avec plusieurs circuits d'éclairage : le raccordement du (ou des) bloc(s) doit être pris sur le circuit du luminaire d'éclairage normal situé à proximité du (ou des) bloc(s) afin qu'en aucun cas une partie de la salle ne soit dans l'obscurité. Article EC 12 § 3

#### – Mise à l'état repos

– Les BAES doivent posséder un dispositif de mise à l'état de repos depuis un point central. Article EC 12 § 6.

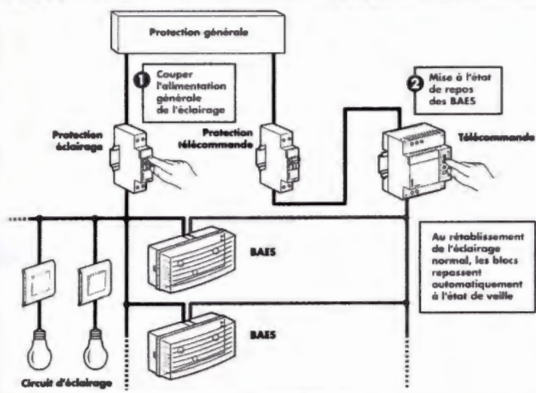
#### – La télécommande est obligatoire dans tous les établissements :

– Son rôle est de mettre les blocs au repos après la disparition du secteur d'alimentation. Les coupures du secteur entraînent une décharge des blocs et une usure prématurée des composants. Des consignes d'exploitation doivent être données à la dernière personne qui quitte l'établissement, elles peuvent aussi être affichées à proximité de l'interrupteur de coupure générale.



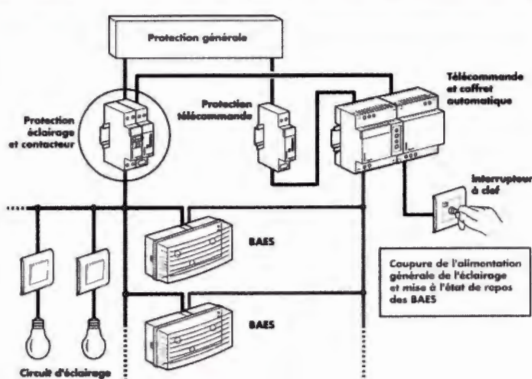
Les polarités A+ et B- doivent être impérativement respectées pour raccorder le coffret aux BAES de l'installation

### Principe de fonctionnement



La télécommande met les BAES au repos après la disparition du courant du secteur

### 2 opérations en un seul geste



L'installation du coffret automatique permet en un seul geste la coupure du secteur et la mise au repos des blocs d'éclairage de sécurité

### Choix des câbles

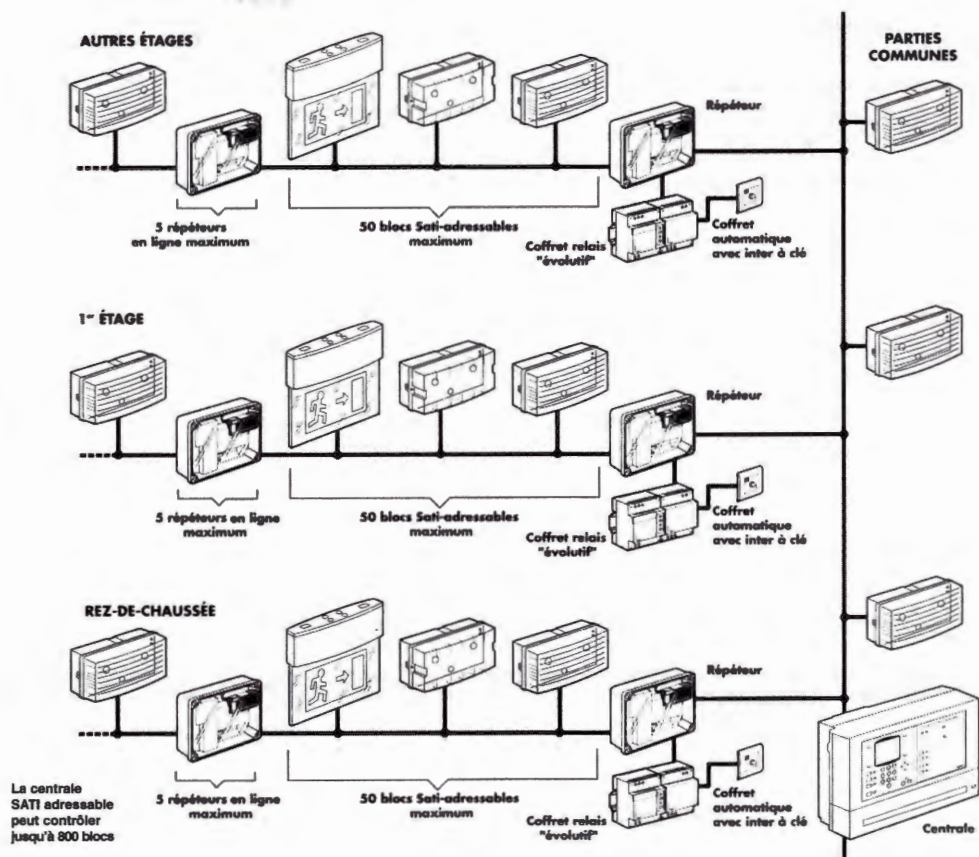
Les câbles et les conducteurs alimentant les blocs autonomes d'éclairage de sécurité sont de catégorie C2 (utilisés normalement pour une installation électrique) § 10.3.7.

## 10.3.4. ÉCLAIRAGE DE SÉCURITÉ PAR BLOCS AUTONOMES D'ÉCLAIRAGE DE SÉCURITÉ BAES SATI ADRESSABLE

La technologie SATI adressable permet la surveillance en permanence d'une installation sur un écran, par une seule personne

### • Installation

– Exemple d'installation d'un établissement à plusieurs secteurs d'exploitation.



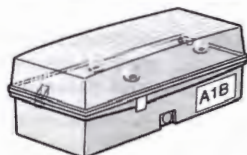
### – Centrale



Elle se câble sur le secteur 230 V~ et sur la ligne de télécommande (2 fils). Pour une installation plus importante, possibilité de regrouper plusieurs centrales sur un ordinateur équipé du logiciel et relié par un cordon RS 485. Une centrale contrôle jusqu'à 800 blocs reliés à 15 répéteurs maximum

### – Blocs SATI adressables

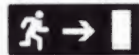
L'installation des blocs adressables se fait comme une installation de BAES classique. La ligne de télécommande permet la commande à distance du bloc et aussi son adressage et son contrôle.



Le bloc doit être repéré sur site par une étiquette

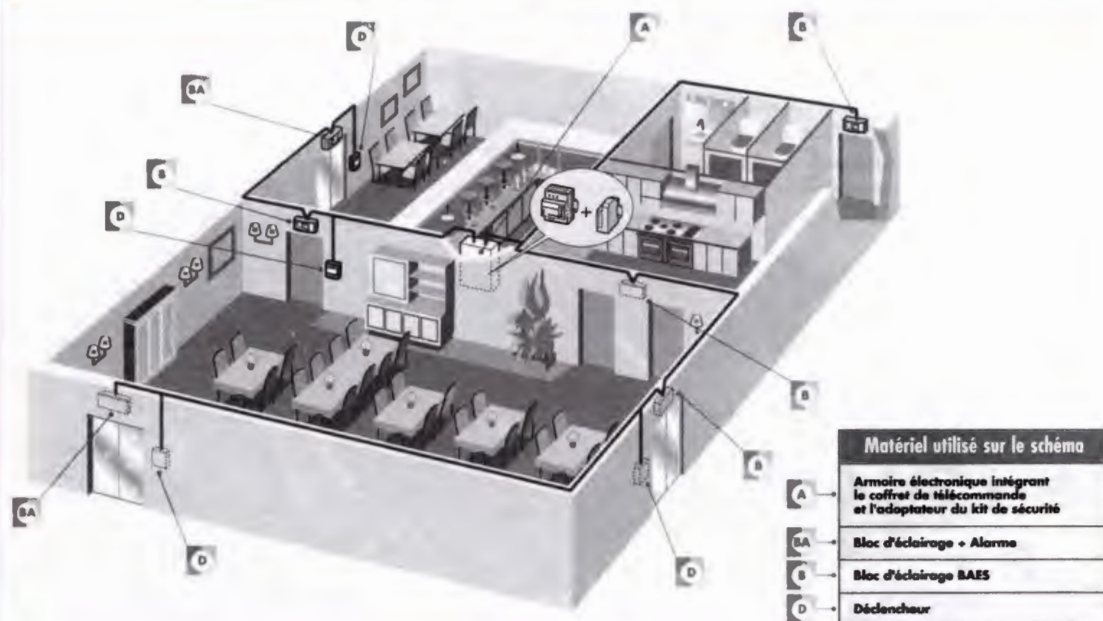
### – Etiquettes de signalisation

Positionnement en face avant uniquement :



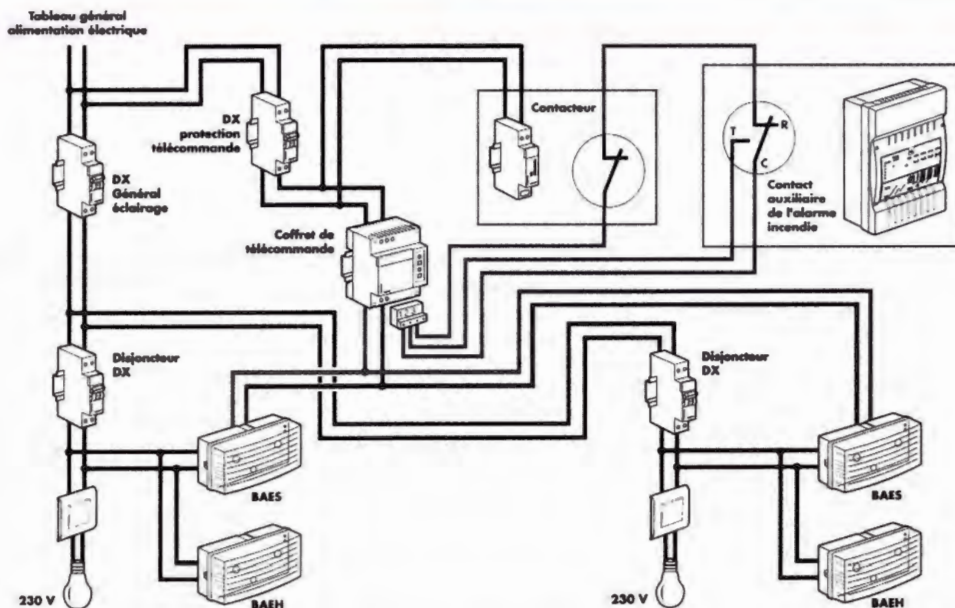
– Exemple d'installation d'un restaurant de moins de 200 personnes.

Pour les petits et moyens établissements la technologie SATI satisfait aux besoins de simplicité des installations et de la maintenance



– Exemple d'installation d'un établissement comportant des locaux à sommeil.

Quand l'établissement n'est pas équipé de groupe électrogène de remplacement, la nouvelle réglementation impose que l'installation d'éclairage de sécurité soit complétée par des BAEH qui permettent d'assurer la continuité d'exploitation en cas de coupure de l'éclairage normal



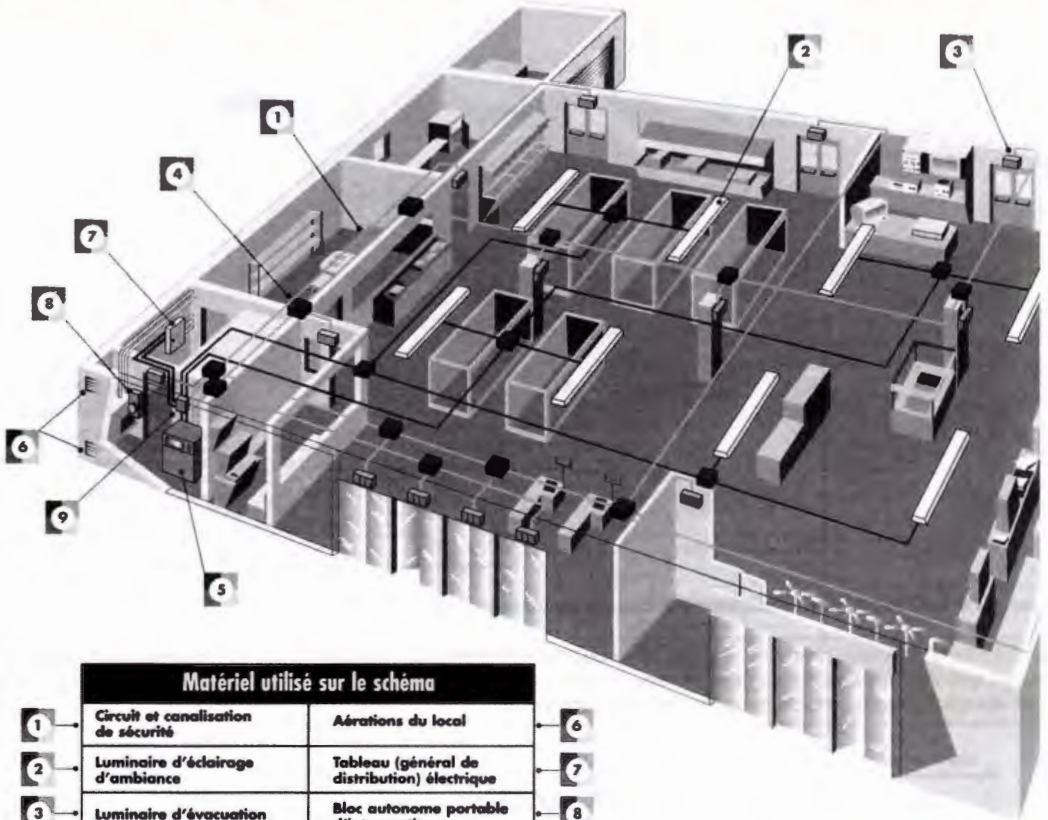
– L'installation est complétée par des **BAEH** conformes à la norme **NFC71-805** couplés à chaque **BAES**, ceux-ci étant automatiquement mis au repos lors d'une coupure secteur pour conserver leur autonomie.

– L'allumage des **BAES** est piloté par le déclenchement de l'alarme incendie.

## 10.3.5. ÉCLAIRAGE DE SÉCURITÉ À SOURCE CENTRALISÉE

Obligatoire dans certains grands établissements, ce type d'installation est constitué de luminaires (LSC)\*, d'une source d'alimentation centralisée, de circuits de sécurité répondant aux exigences des nouvelles normes

– Exemple d'installation d'un supermarché de 1 500 m<sup>2</sup>



Matériel utilisé sur le schéma

1	Circuit et canalisation de sécurité	Aérations du local	6
2	Luminaire d'éclairage d'ambiance	Tableau (général de distribution) électrique	7
3	Luminaire d'évacuation	Bloc autonome portable d'intervention	8
4	Boîte de dérivation de sécurité	Coffret anti-panique d'éclairage d'ambiance	9
5	Source centralisée		

– Règles d'installation

– Source centralisée

Son autonomie doit être de 1 h (dans le cas des établissements comportant des locaux à sommeil sans éclairage de remplacement, l'autonomie de la source centralisée doit être de 6 heures minimum). Elle doit être équipée d'un tableau de sécurité regroupant les fonctions protection, commande et signalisation des circuits de sécurité et complétée éventuellement par un coffret anti-panique d'éclairage d'ambiance. Elle doit être installée dans un local de service électrique **coupe-feu 1 h**, avec des portes **coupe-feu 30 min**.

– Local

– Il doit être ventilé dans les conditions de la **norme NFC15-100**.

– Il doit disposer d'un éclairage de sécurité fixe pour assurer l'évacuation et d'un bloc autonome portable d'intervention permettant d'effectuer des manœuvres de sécurité.

– Circuit de canalisation de sécurité.

– Chaque local est alimenté respectivement, pour l'éclairage d'évacuation et pour l'éclairage d'ambiance, par au moins deux circuits distincts suivant des cheminements différents. Les circuits alimentent les luminaires en alternance, afin d'assurer un minimum d'éclairage, même en cas de défaillance de l'un d'entre eux.

### Utilisation du coffret anti-panique d'éclairage d'ambiance

Dans le cas où l'éclairage d'ambiance est éteint en présence de l'alimentation normale, le tableau de sécurité est complété par un coffret anti-panique d'éclairage d'ambiance. Ce coffret peut être installé dans le circuit pour alimenter les luminaires d'ambiance en cas de disparition de l'éclairage normal. La détection de l'alimentation de l'éclairage normal doit être assurée par un nombre suffisant de points de détection (une détection par salle).  
Article EC 11 § 3.

\* LSC : Luminaires plastiques, tôle-verre ou verre-métal.

## 10.3.6. EXEMPLE DE CALCUL D'UNE INSTALLATION D'ÉCLAIRAGE DE SÉCURITÉ PAR SOURCE CENTRALISÉE

### DÉMARCHE

### TYPE DE LOCAL

### IMPLANTATION ET NOMBRE DE LUMINAIRES POUR L'ÉVACUATION

### CALCUL DE LA PUISSANCE D'ÉVACUATION

### CALCUL DE LA PUISSANCE D'AMBIANCE

### CALCUL DE LA SOURCE CENTRALISÉE

### CHOIX DE LA SOURCE CENTRALISÉE

L'implantation des luminaires répond à des règles simples, qui permettent de calculer facilement la puissance d'une source centralisée.

#### – Exemple d'installation :

Supermarché de 1 500 m<sup>2</sup> (30 m x 50 m) ; hauteur 3,5 m ; pouvant contenir plus de 700 personnes.

#### – Solution :

Le tableau § 10.2.2 donne un Établissement Recevant du Public (ERP) de type M.

Pour plus de 700 personnes la réglementation impose une source centralisée délivrée par une armoire d'énergie (Autonomie 1 heure). Les luminaires d'évacuation et d'ambiance de type LSC peuvent être à fluorescence ou à luminescence.

#### – Règles :

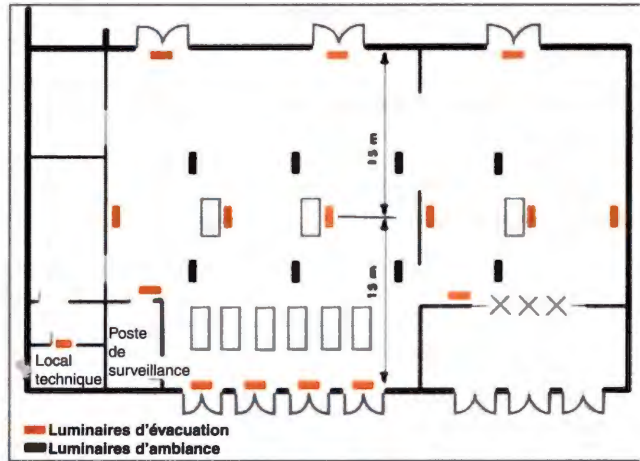
– **Pour l'éclairage d'évacuation** : il est obligatoire au dessus des sorties et dans les dégagements. Chaque changement de direction, obstacles et sorties doivent être indiqués avec des étiquettes de signalisation et si deux blocs successifs sont éloignés de plus de 15 m, il faut intercaler un bloc supplémentaire.

– **Pour l'éclairage d'ambiance** : il faut un flux lumineux de 5 lumens/m<sup>2</sup> de surface au sol.

#### – Schéma d'implantation :

– Nombre de luminaires pour l'évacuation :

À chaque issue	7
À chaque obstacle	2
Dans le local technique	1
Blocs supplémentaires pour distance supérieure à 15 m	6
<b>TOTAL</b>	<b>16</b>



#### – Puissance du circuit d'évacuation :

Les luminaires fluorescents seront préférés aux luminaires incandescents pour une plus grande durée de vie des tubes et pour une diminution sensible de la puissance consommée et par conséquent une diminution de la puissance de la source centralisée.

Puissance du circuit d'évacuation = 16 x 5 = **80 W** (5 W par luminaire alimenté sous 48 V redressés)

#### – Puissance du circuit d'ambiance :

Des réglottes fluorescentes de 18 W sous 48 V redressés couvrant une surface de 196 m<sup>2</sup> (5 lumens/m<sup>2</sup>) seront préférés à des réglottes luminescentes pour les mêmes raisons que pour l'éclairage d'évacuation.

Nombre de luminaires : (1 500 m<sup>2</sup> de surface totale)/(196 m<sup>2</sup> de surface couverte par luminaire) = 7,65 soit 8 luminaires de 20 W.

Puissance du circuit d'ambiance = 8 x 20 = **160 W**.

#### – Calcul de la puissance de la source centralisée :

Puissance totale des circuits de sécurité = 80 + 160 = **240 W**.

Puissance minimale de la source centralisée (majoration de 30 %)

240 + (0,3 x 240) = **312 W**.

#### – Choix de la source centralisée (D'après catalogue LEGRAND) : 430 W (Valeur normalisée)

#### 48 V redressés

La tension de la source centralisée doit être choisie afin d'optimiser la section des câbles en fonction de la chute de tension.

**Les lampes d'éclairage d'ambiance peuvent être éteintes en état de veille (secteur présent)**

Type :	Lampes si secteur :	
	Présent	Absent
Évacuation	Allumées	Allumées
Ambiance	Allumées ou éteintes	Allumées

## 10.3.7. CHOIX DU MATÉRIEL ET DES CÂBLES DANS LES E.R.P.

Établissement recevant du public		IP – IK du matériel	Types de Câbles						Conducteurs isolés sous conduits (1) IRL, ICA, ICTL, ICTA			
			FR-N05 W-U	FR-N05 VL2V	U-1000 RGPFV	U-1000 RVPV	U 1 000 R2V	H07 RN-F			Isolant minéral U-500 X, XV-U 1 000 V, XV	
J	Structure d'accueil pour personnes âgées et personnes handicapées.											
L	<b>Salles d'audition de conférences, de réunions, de spectacles aux usages multiples :</b> Salles (2) Cages de scène Magasins de décors Locaux des perruquiers et des cordonniers	20-02-20-02 20-08 20-06 20-07	•	•	•	•	•	•	•	•	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Autorisé</li> <li>• Interdit.</li> </ul> <p>1 L'interdiction peut être levée si le constructeur justifie pour ses produits d'un IP suffisant.</p>	
M	<b>Magasins de vente, centres commerciaux :</b> Locaux de vente Stockage et manipulation de matériel d'emballages	20-08 20-08	•	•	•	•	•	•	•	•	2 Le degré IP 20 – IK 07 est nécessaire si l'appareil peut être exposé à des chocs.	
N	<b>Restaurant et débits de boissons</b>	20-02	•	•	•	•	•	•	•	•		
O	<b>Hôtels et pensions de famille :</b> Chambres	20-02	•	•	•	•	•	•	•	•	Ⓐ Admis si le risque mécanique est inférieur à IP XX5.	
P	<b>Salles de danse et salles de jeux</b>	20-07	•	•	•	•	•	•	•	•	Ⓑ Autorisé seulement en dehors des zones à risque d'exposition (article 522 de la NFC 15-100).	
R	<b>Établissements d'enseignement, colonies de vacances :</b> Salles d'enseignement Dortoirs	20-02 20-07	•	•	•	•	•	•	•	•		
S	<b>Bibliothèques, centres de documentation</b>	20-02	•	•	•	•	•	•	•	•		
T	<b>Expositions</b> Halls et salles Locaux de réception des matériels et marchandises	20-02 20-08	•	•	•	•	•	•	•	•		
U	<b>Établissements sanitaires :</b> Chambres Incinération Bloc opératoire Stérilisation centralisée Pharmacies et laboratoires, avec plus de 10 L de liquides inflammables	20-102 20-07, 20-08 20-07 24-02, 24-07 21-02, 23-07	•	•	•	•	•	•	•	•	Ⓐ	
V	<b>Établissements de cultes</b>	20-02	•	•	•	•	•	•	•	•	• Autorisé	
W	<b>Administrations, banques</b>	20-02	•	•	•	•	•	•	•	•	• Interdit.	
X	<b>Établissements sportifs couverts :</b> Salles (3) Locaux contenant des installations frigorifiques	21,07, 21-08 21-08	Ⓒ	Ⓒ	•	•	•	•	•	•	1 L'interdiction peut être levée si le constructeur justifie pour ses produits d'un IP suffisant.	
Y	<b>Musées</b>	20-02	•	•	•	•	•	•	•	•		
CT	<b>Chapiteaux et tentes</b>	44-08	•	•	•	•	•	•	•	•	3 Le degré IP 21 – IK 08 est nécessaire pour les jeux avec balles ou ballons.	
PA	<b>Établissements de plein air (4)</b>	23-08, 24-08, 25-08	•	•	•	•	•	•	•	•	4 Pour les luminaires, l'IP 24 – IK 08 est suffisant.	
PS	<b>Parcs de stationnement couverts</b> <b>Locaux communs aux établissements recevant du public :</b> Dépôts, réserve Locaux d'emballage Locaux archives Stockage de films et supports magnétiques Lingerie Blanchisseries Ateliers divers Cuisines (grandes) (5)	21-07, 21-10 20-08 20-08 20-02 20-02 21-02 24-07 21-07, 21-08 21-07, 21-08	•	•	•	•	•	•	•	•	5 Voir guide spécialisé UTE C 15-103.	
SG	<b>Structures gonflables (6)</b>	44-08	•	•	•	•	•	•	•	•	6 Le degré IP 21 – IK 10 est nécessaire pour les emplacements situés à moins de 1,50 m du sol.	
GA	Gares aériennes, souterraines ou mixtes sans handicapés Avec handicapés										Ⓒ Autorisé seulement aux emplacements où il n'y a pas de risques mécaniques.	
OA	Hôtels, restaurants d'altitude											
EF	Établissements flottants avec locaux à sommeil Établissement flottants sans locaux à sommeil											
REF	Refuges											

## 10.4. SÉCURITÉ INCENDIE

(D'après LEGRAND)

### 10.4.1. ÉTAPES DE LA SÉCURITÉ INCENDIE

• **Un système sécurité incendie (SSI) permet de :**

- collecter et signaler les informations relatives à l'incendie,
- effectuer les fonctions nécessaires à la mise en sécurité des personnes et du bâtiment.
- Le SSI est complété par les dispositifs de coupure d'urgence qui vont faciliter l'intervention des secours.

Les étapes	Pour le public	Pour le bâtiment
<b>DÉTECTER</b>	Détecter le feu au plus tôt et signaler sa localisation au personnel de surveillance.	Détecter le feu au plus tôt avant les dégâts.
<b>METTRE EN SÉCURITÉ</b>	Informé par : • des signaux visuels et sonores audibles en tous points de l'établissement ;	
<b>ÉVACUER</b>	• de l'éclairage de sécurité, (complément indispensable au dispositif d'alarme) permettant de guider les personnes.	
<b>COMPARTIMENTER</b>	Limiter la propagation du feu, des fumées et faciliter l'évacuation.	Limiter les dégâts à la zone concernée.
<b>DÉSENFUMER</b>	Protéger les personnes des fumées et faciliter l'évacuation.	Limiter les dégâts.
<b>INTERVENIR</b>	Favoriser l'intervention des secours. • Signaler la localisation du feu et l'état des organes de mise en sécurité. • Mettre à disposition des organes de commandes pour limiter la propagation du feu et des fumées. • Permettre la coupure des circuits électriques : – pour éviter les courts-circuits ; – pour éviter les risques d'explosion ; – pour protéger les services de secours.	

• **Composition d'un SSI**

- Le **SSI** se compose de l'ensemble des matériels servant à collecter les informations, les ordres, liés à la seule sécurité incendie (ceci ne concerne pas les **BAES\***).
- Il permet de traiter et d'effectuer les fonctions nécessaires à la mise en sécurité du bâtiment.

• **Comment déterminer les catégories de SSI.**

- Les catégories de SSI (**A, B, C, D, E**) sont déterminées en fonction du niveau de risque calculé par rapport au type d'établissement et sa catégorie.

Le type d'équipement d'alarme (**1, 2a, 2b, 3, 4**) correspond à la catégorie de SSI.

À travers ce schéma vous retrouverez synthétiquement ce qui vient d'être expliqué.

Catégorie de SSI

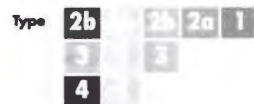
1 - Type d'établissement  
2 - Cat. de l'établissement

Niveau de risque



SSI E D C B A

Type d'équipement d'alarme correspondant à la catégorie de SSI



\* **BAES** : Bloc Autonome d'Éclairage de Sécurité

• **Coupure d'urgence**

- C'est la possibilité, dans un temps très court, de couper en charge tous les conducteurs actifs d'un circuit électrique.
- Il ne faut pas confondre avec l'arrêt d'urgence dont l'objectif est d'arrêter un mouvement, ce qui n'implique pas forcément la coupure d'un circuit électrique.

## 10.4.2. DÉTECTION D'UN INCENDIE

### • DÉTECTEURS AUTOMATIQUES ET DÉCLENCHEURS MANUELS

– Afin de détecter les premiers signes d'incendie, 3 solutions sont possibles pour limiter les risques de propagation du feu : le détecteur de fumée, le détecteur de température, le déclencheur manuel. Pour que votre installation réponde aux conditions maximales de sécurité, **LEGRAND** vous conseille sur les règles d'implantation des détecteurs à suivre.

#### – Détecter les solutions

La détection est assurée par des moyens automatiques (détecteurs) ou manuels (déclencheurs)

#### – Détecteur optique de fumée

- Il est sensible de par son principe (détection de particules) à tous les types de fumées et d'aérosols. Il n'est pas sensible au feu sans fumée (feu d'alcool).



- Il permet la détection rapide d'un début d'incendie avant la formation de flamme. Il s'emploie dans les endroits où il n'y a pas de fumée d'exploitation, en fonctionnement normal du local.
- Il assure une protection sur une surface moyenne de : 60 m<sup>2</sup>, hauteur 4 m. Sa température d'utilisation oscille de – 20 °C à + 50 °C.
- Son bon fonctionnement est entravé par des éléments perturbants tels que :
  - le développement intense et soudain de poussières ;
  - un dispositif de cuisson ;
  - la vapeur d'eau.

Dans les circulations installer un détecteur à 5 m maximum de chaque extrémité puis respecter un intervalle de 10 m maximum entre chaque détecteur.

#### – Détecteur thermovélocimétrique

- Il réagit à un seuil de température atteint à un temps donné, suivant la vitesse de l'évolution de la température.



- Il assure une protection sur une surface moyenne de : 30 m<sup>2</sup>, hauteur 4 m.
- Il transmet l'alarme dès que la température dépasse un seuil fixé (60 °C).
- Sa température d'utilisation oscille de – 20 °C à + 50 °C.
- Son bon fonctionnement est entravé par des éléments perturbants tels que :
  - une température ambiante > à 50 °C ;
  - une chambre frigorifique, des locaux en partie ouverts.

Dans les circulations installer un détecteur à 5 m maximum de chaque extrémité puis respecter un intervalle de 10 m maximum entre chaque détecteur.

#### – Déclencheur manuel

- Il permet de déclencher l'alarme en pressant sur la membrane déformable du coffret.

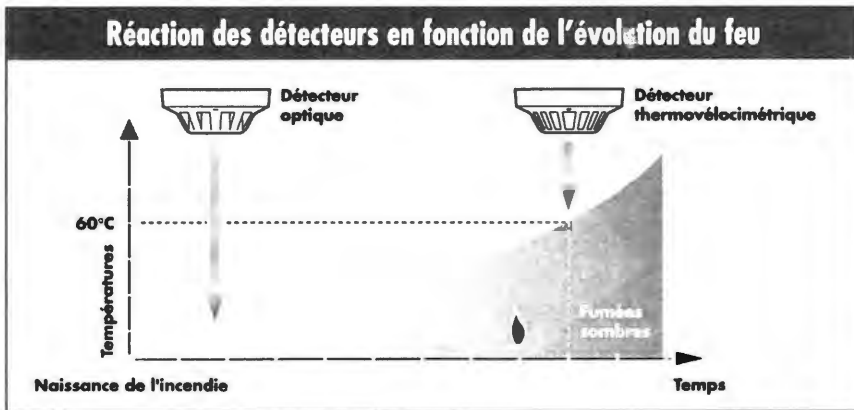
- Les déclencheurs manuels doivent être placés à chaque étage à proximité de chaque escalier et au rez-de-chaussée, à proximité de chaque issue.



Conforme à la norme européenne EN 54-11

#### Recyclage

- Le recyclage est nécessaire tous les quatre ans pour les détecteurs installés dans une ambiance saine. Cette durée est à réduire suivant l'environnement des détecteurs. Les détecteurs usagés sont à retourner par l'installateur au distributeur.



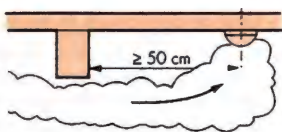
## • Implantation des détecteurs

### Les principes

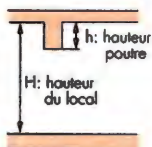
Placer impérativement les détecteurs aux endroits où la chaleur et la fumée se concentrent le plus vite.



En position verticale, à l'endroit le plus élevé possible. Les poutres gênent la propagation de la fumée. La distance minimale entre poutre et détecteur doit être  $> 0,50$  m.



Tenir compte de la hauteur de la poutre par rapport à la hauteur du local.

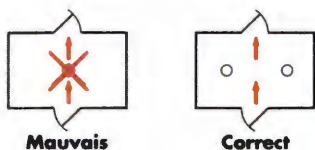


Si  $H = 2,5$  m

$h \geq 0,75$  m ou  $H = 3 h \geq 0,9$  m, installer un détecteur entre chaque poutre.

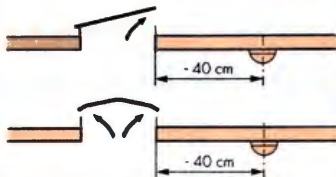
### Précautions à prendre vis-à-vis des flux d'air

Implanter les détecteurs à l'écart des courants d'air.

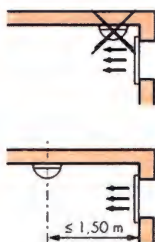


### Ventilation par le plafond

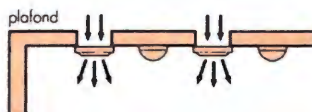
Implanter les détecteurs à proximité des bouches d'évacuations, dans la mesure où la répartition des ouvertures de ventilation et la surface de surveillance et la distance maxi entre détecteurs le permettent.



### Locaux ventilés : Arrivées d'air



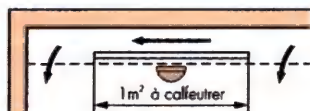
Les détecteurs ne doivent pas être implantés dans le courant d'arrivée d'air des installations de ventilation ou de climatisation. Implanter les détecteurs à 1,5 m minimum de l'entrée d'air.



Implanter les détecteurs entre les ouvertures d'air.

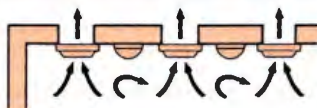
Ouvertures d'air ponctuelles :

Installer un calfeutrage au-dessus du détecteur.

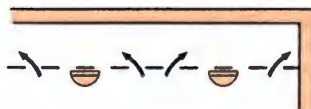


### Locaux ventilés : Sorties d'air

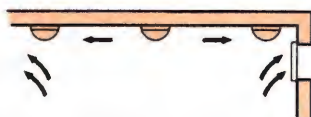
Sorties d'air ponctuelles ; implanter les détecteurs dans la zone de turbulence.



Sorties d'air réparties : implanter les détecteurs entre les évacuations.



Sorties d'air dans la paroi : implanter au moins un détecteur devant la sortie.



### Sources de chaleur

Ne jamais implanter un détecteur près d'une source de chaleur (lampe, four).



### Faux plafonds

Détecteurs non visibles (faux plafonds, combles,...) : installer un indicateur d'action.



### Cages d'escaliers

- Dans les escaliers encoignés, pas de détection à prévoir, sauf spécification particulière du règlement ou de la commission de sécurité.

- Dans les escaliers non encoignés, les détecteurs des circulations doivent couvrir chaque palier, sinon implanter un détecteur pour chacun.

## 10.4.3. FONCTION MISE EN SÉCURITÉ

### • L'ÉVACUATION ET LE COMPARTIMENTAGE.

#### - L'évacuation.

#### - L'évacuation du public se fait par la diffusion d'un signal sonore et par la gestion des issues de l'établissement.

- Le dispositif d'évacuation informe le public des risques d'incendie, au moyen de signaux sonores, audibles en tout point de l'établissement et gère la décondamnation des issues du secours.

#### - Cas d'un établissement à plusieurs bâtiments.

- Si l'établissement comporte plusieurs bâtiments, l'équipement d'évacuation doit être indépendant pour chacun d'eux. Il faut implanter une centrale par bâtiment. Elles devront être du même type et chacune sous surveillance.

- Dans le cas d'une surveillance centralisée, utiliser des tableaux de report pour chaque centrale, regroupés au poste de garde après avis de l'organisme de contrôle.

#### - Alarme générale sélective (AGS)

- Une **AGS** est un signal d'alarme générale, différent du son (AFNOR NFS 32.001), et éventuellement lumineux, destiné à ne prévenir que certaines catégories de personnel d'un **ERP** (exemples : hôpitaux, maisons de retraite...), qui organiseront l'évacuation du public afin d'éviter les risques de panique.

- Utiliser des diffuseurs sonores spécifiques :

#### - Surface couverte par un diffuseur sonore.

Références	415 04	415 08 406 37/38 406 40/57	415 14	
Niveau sonore ambiant (dB)	55	25 15	2 000 1 000	60 000 30 000
	60	15 4	700 400	20 000 10 000
	65	- -	300 100	9 000 3 000
	70	- -	80 20	2 000 600
	75	- -	15 10	500 300
	80	- -	- -	250 100
	85	- -	- -	60 25
	90	- -	- -	25 15

- La surface couverte par un diffuseur sonore dépend du niveau sonore des diffuseurs, du bruit ambiant, du cloisement et des obstacles gênant la propagation du son.

Le tableau ci-contre permet de choisir le diffuseur en fonction du niveau sonore ambiant.

#### Unité de gestion d'alarme

L'unité de gestion d'alarme (**UGA**) met en œuvre l'alarme générale par les diffuseurs sonores (**OS**) ou les blocs autonomes d'alarme sonore (**BAAS**) après un délai de temporisation réglable de 0 à 5 min maximum

#### - Gestion des issues de secours.

- les portes des issues de secours sont libres d'ouverture, cependant leur verrouillage peut être autorisé après avis de la commission de sécurité (pour les magasins par exemple), en respectant :

- le verrouillage par dispositif électromagnétique conforme à la norme.

- le dispositif de commande manuelle équipée.

- le déverrouillage automatique par contact des centrales.

Surface couverte par le diffuseur sonore en champ libre (m<sup>2</sup>)

Surface couverte par le diffuseur sonore avec cloisement (m<sup>2</sup>)

### • LE COMPARTIMENTAGE

- C'est la fonction qui évite la propagation du feu, de la chaleur et des fumées, durant un temps donné, en les contenant dans un espace défini par des éléments constructifs du bâtiment.

- Un compartiment est constitué de murs, planches, portes, etc. Il peut être traversé par un conduit de ventilation ou une circulation, des éléments spécifiques rétablissent alors sa continuité en cas de feux (clapet coupe-feu permettant l'obturation d'un conduit de ventilation, portes coupe-feu isolant une circulation).

#### - Recouper une circulation par porte pare-feu.

- Toute circulation horizontale enclouonnée de grande longueur (> 50 m) doit être recoupée tous les 25 à 30 m.

- Pour les établissements de type **U**, la circulation doit être recoupée au moins une fois, quelle que soit sa longueur.

#### - Portes à fermeture automatique.

- Les portes doivent être maintenues ouvertes par ventouses électromagnétiques dans les cas suivants :

- portes des escaliers enclouonnés des établissements de type **R**,

- cage d'escaliers traversée par une circulation et comportant de ce fait, 2 issues au même niveau.

- porte de recoupement des circulations des établissements de type **U**

- sinon les portes sont généralement maintenues fermées par des ferme-portes.

- **Fermeture des portes sur l'ensemble du bâtiment ou par niveau.**
- La fermeture automatique des portes se fait sur l'ensemble d'un bâtiment, sauf dans les établissements de **type U**, où elle se fait pour chaque niveau.
- **Si pas de désenfumage** utiliser les centrales et **CMSI type 1, 2a, 2b, 3 et 4.**
- **En cas de désenfumage**, ou si l'établissement est classé en type **U**, utiliser une centrale de **type 1** ou **2a.**
- **Mode de fonctionnement des organes de compartimentage.**
- Ils fonctionnent selon 2 modes : par émission ou par manque de tension. (Utiliser de préférence le mode à manque de tension.
- **Contrôle de la position des organes de compartimentage.**
- Assurer le contrôle de la position de sécurité d'un **organe de compartimentage** lorsque celui-ci est commun à 2 **zones de compartimentage**, cas rare (applicable pour les clapets de conduit de ventilation, du type **interdalle**)
- Câblage et signalisation de l'organe sur une ligne de mise en sécurité spécifique. Utiliser les **CMSI.**
- **Types de centrales.**
- Tous les types de centrales peuvent commander des **organes de compartimentage.**
- Le déclenchement des **organes de compartimentage** se fait sous temporisation.

## • LE DÉSENFUMAGE

- **Définition :** C'est la fonction facilitant l'évacuation du public en lui permettant de mieux voir son chemin.
- Il limite les effets toxiques des fumées ainsi que leur potentiel calorifique et corrosif. Il peut être naturel ou mécanique ou une combinaison des deux.
- le nombre, la surface et l'emplacement des **organes de désenfumage** sont déterminés par un bureau d'études.
- **Où désenfumer ?**
- Dans les escaliers : dans ces endroits le **désenfumage** est naturel. L'exutoire est à commande manuelle, électrique, mécanique ou automatique, placée au niveau d'accès des secours.
- Pour une commande manuelle électrique, utiliser un coffret et une alimentation de sécurité.
- Dans les circulations horizontales encoisonnées (couloirs), le **désenfumage** est souvent combiné naturel et mécanique. Les ventilations de **désenfumage** sont commandées électriquement (**CMSI**).
- Dans les volumes (réserves, ateliers) le **désenfumage** est généralement naturel. Les exutoires sont pilotés par commande manuelle ou asservis à la détection incendie si elle existe.
- **Niveaux à désenfumer.**
- Le **désenfumage** en fait toujours par niveau, voire fraction de niveau, et peut être traité pour un local particulier.
- Lorsqu'un conduit de **désenfumage** est commun à plusieurs niveaux, le déclenchement à un niveau donné doit bloquer la commande automatique de **désenfumage** des autres niveaux (fonction verrouillage **CMSI**).
- **Fonctionnement des organes de désenfumage.**
- Les exutoires de fumées fonctionnent à manque de tension. Les autres dispositifs de **désenfumage** (volet sur conduit collectif, coffret de relaiage...) fonctionnent obligatoirement à émission ou tension.
- Les organes de **désenfumage** peuvent être commandés uniquement par des **CMSI** associés à des **centrales de type 1 et 2a.**
- **Coffret de nettoyage.**
- Dispositif actionné de sécurité assurant l'interface entre un **CMSI (TBT)** et un ventilateur de **désenfumage (BT).**
- Les pompiers peuvent mettre à l'arrêt ou réarmer la ventilation à l'aide de coffrets spécifiques ou placés à côté du **CMSI.**
- La ligne d'alimentations des ventilateurs doit être protégée uniquement contre les courts-circuits (protection magnétique).
- **Contrôle de position des organes de désenfumage.**
- Le contrôle de position d'attente et la position de sécurité est obligatoire pour les volets pour conduits collectifs, les exutoires pour escaliers mis en surpression mécanique, les coffrets de relaiage (signalisation spécifiques par voyants sur le **CMSI** qui doit distinguer la fonction soufflage de l'extraction.

• **LES ASSERVISSEMENTS TECHNIQUES, LE ZONAGE ET LES AES (ALIMENTATION ÉLECTRIQUE DE SÉCURITÉ)**

– **Asservissements techniques :**

– En complément des dispositions de mise en sécurité, il faut pouvoir commander certains **asservissements techniques** par le **CMSI**, pour éviter leur influence sur l'évolution d'un sinistre ; les 2 principaux sont :

- **non arrêt ascenseur à l'étage sinistré** : c'est une sous-fonction du compartimentage, par une liaison surveillée (ligne par exemple), le **CMSI** envoie des commandes (1 par niveau) vers la gestion d'ascenseurs pour que ce dernier ne puisse pas s'arrêter à l'étage en feu,
- **arrêt ventilation/climatisation** : c'est une sous-fonction du désenfumage, par une liaison non surveillée (contact par exemple), le **CMSI** envoie une commande générale d'arrêt d'alimentation de la ventilation/climatisation pour éviter des arrivées d'air dangereuses pour l'évolution du feu.

– **Zonage :**

Les zones de mise en sécurité sont organisées géographiquement et doivent respecter la règle suivante, traduisant l'inclusion des zones de désenfumage **ZF** à l'intérieur des zones de compartimentage **ZC**, et des **ZC** à l'intérieur des zones de diffusion d'alarme **ZA**.

**ZF ≤ ZC ≤ ZA**

Exemple d'organisation de zonage				
2 <sup>e</sup> étage	ZF5	ZF6	ZC3	) ZA
1 <sup>er</sup> étage	ZF3	ZF4	ZC2	
Rez-de-chaussée	ZF1	ZF2	ZC1	

**ZA = ensemble du bâtiment**

**ZC = ensemble du bâtiment ou 1 niveau si type « U »**

**ZF = 1 niveau ou fraction de niveau**

– **Alimentations Électriques de Sécurité (A.E.S.) :**

• La réponse aux nouvelles exigences du Règlement de Sécurité pour l'alimentation :

- du **CMSI** ;
- des **D.A.S.** à émission ;
- des **D.A.S.** à rupture ;
- de la détection incendie ;
- des diffuseurs sonores de votre système de sécurité incendie.

\* Article EL 12 du règlement de sécurité.

• Une nouvelle gamme d'**AES** conformes à la norme NF S 61-940.

• La solution également pour l'alimentation des installations de sécurité du bâtiment (comme définies dans l'article EL 3 du Règlement de Sécurité contre l'incendie dans les **ERP**).

- toutes les installations du Système de Sécurité Incendie (détection, diffuseurs sonores,...) ;
- les ascenseurs devant être utilisés en cas d'incendie.
- les secours en eau (surpresseurs d'incendie, pompes de réalimentation en eau, les compresseurs d'air des systèmes d'extinction automatique à eau,... etc.) ;
- les pompes d'exhaure ;
- d'autres équipements de sécurité spécifiques de l'établissement considéré à condition qu'ils concourent à la sécurité contre les risques d'incendie et de panique ;
- les moyens de communication destinés à donner l'alerte interne et externe.

<b>A.E.S.</b>	27 V = 5 W	<b>Petits systèmes de mise en sécurité</b>
<b>A.E.S. régulées</b>	27 V = 20 W	<b>Systèmes de sécurité incendie collectifs ou adressables</b>
	27 V = 50 W	
	27 V = 90 W	
	27 V = 130 W	



**Les AES : des solutions pour répondre aux exigences du Règlement de Sécurité**



**\* LES RENVOIS CORRESPONDENT AUX ARTICLES DU NOUVEAU RÈGLEMENT DE SÉCURITÉ DES ERP.**

Conformément à l'article EL 12 du Règlement de Sécurité contre l'incendie dans les **ERP** (décret de Novembre 2001), les installations de sécurité visées à l'article EL 3 doivent être alimentées par une alimentation électrique de sécurité [**AES**] conforme à la norme NF S 61-940.

Configurables en rack 19" avec accessoires  
 • pour AES 20 et 50 W  
 • pour AES 90 et 130 W

## 10.4.4. ÉQUIPEMENT ALARME INCENDIE TYPE 1 (CATÉGORIE DE SSI A)

L'alarme type 1 est la configuration maximale d'un système de sécurité incendie.  
Elle inclut la détection automatique et la mise en sécurité

### • INSTALLATION.

#### – Fonction détection SDI :

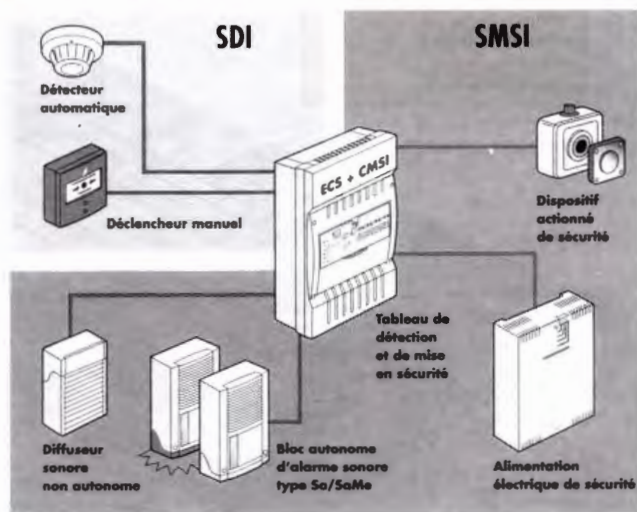
- Le système de détection incendie (SDI) est composé de :
  - détecteurs automatiques, optiques et thermovélocimétrique,
  - déclencheurs manuels,
  - un élément de commande et de signalisation (ECS) gérant les informations par les détecteurs et les déclencheurs.

#### – Fonctions de mise en sécurité CMSI :

Le centralisateur de mise en sécurité incendie (CMS) est composé de 3 sous-fonctions :

- l'unité de gestion d'alarme (UGA) gérant l'évacuation (pilotage des diffuseurs sonores et temporisations associées) ;
- l'unité de signalisation (U.S.) composée de voyants et d'un buzzer indiquant les changements d'états des lignes de mise en sécurité ;
- l'unité de commande manuelle centralisée (UCMC) permettant la commande manuelle des lignes de mise en sécurité (compartimentage, désenfumage). Le CMSI peut également déclencher automatiquement les lignes de mise en sécurité sur ordre du SDI.

Le schéma ci-dessous illustre l'équipement correspondant à l'alarme incendie type 1



### • RÈGLES D'INSTALLATION.

Elles permettent d'installer le SSI en conformité avec la réglementation

#### – Tableaux ESC + CMSI :



Les tableaux doivent être installés à un emplacement non accessible au public et surveillé pendant les heures d'exploitation de l'établissement. Ils doivent être visibles du personnel

de surveillance et ses organes de commande et de signalisation doivent demeurer aisément accessibles.

#### – Déclencheurs manuels :

##### Implantation.

Les déclencheurs manuels doivent être disposés dans les circulations, à chaque niveau, à proximité immédiate de chaque escalier, au rez-de-chaussée à proximité des sorties. Ils doivent être placés à une hauteur d'environ 1,30 m<sup>(1)</sup> au-dessus du sol.

##### Câblage.

Raccorder tous les déclencheurs manuels en parallèle sur un même câble lorsqu'ils font partie d'une boucle. Équiper les déclencheurs manuels d'une résistance de 750 Ω. Une résistance de 3,3 kΩ sera placée sur le dernier déclencheur de chaque boucle.

Câble : 8/10<sup>e</sup> SYT1

#### – Détecteurs automatiques :

Implantation, voir p. 288



##### Câblage.

Une résistance de 3,3 kΩ sera placée sur le dernier détecteur de chaque boucle, câble de catégorie SYT1 8/10<sup>e</sup>.

#### – Diffuseurs sonores :

##### Implantation.

Les diffuseurs sonores doivent être mis hors de portée du public par éloignement (hauteur mini de 2,25 m) et en nombre suffisant pour que le signal d'évacuation soit audible en tout point du bâtiment.

##### Câblage.

Les câbles d'alimentation des diffuseurs sonores (DS) non autonomes doivent être de la catégorie CR1/câble de sécurité.

Les câbles de commande des BAAS doivent être de catégorie C2.

Ne pas oublier la résistance de 3,3 kΩ à raccorder dans le dernier diffuseur sonore de la ligne des DS.

#### – Dispositifs actionnés de sécurité (DAS) :

##### Implantation.

Elle est définie par un bureau d'études spécialisé. Les portes coupe-feu sont situées dans les circulations et au niveau des escaliers. Les organes de désenfumage sont généralement implantés dans les circulations, escaliers, locaux de grand volume.

##### Câblage.

- Contrôle de position : câble de catégorie CR1, 8/10<sup>e</sup> minimum.
- Commande en émission de tension : câble de catégorie CR1, 1,5<sup>2</sup> minimum (mono-conducteur).
- Commande à rupture : câble de catégorie C2, 1,5<sup>2</sup> minimum (mono-conducteur).

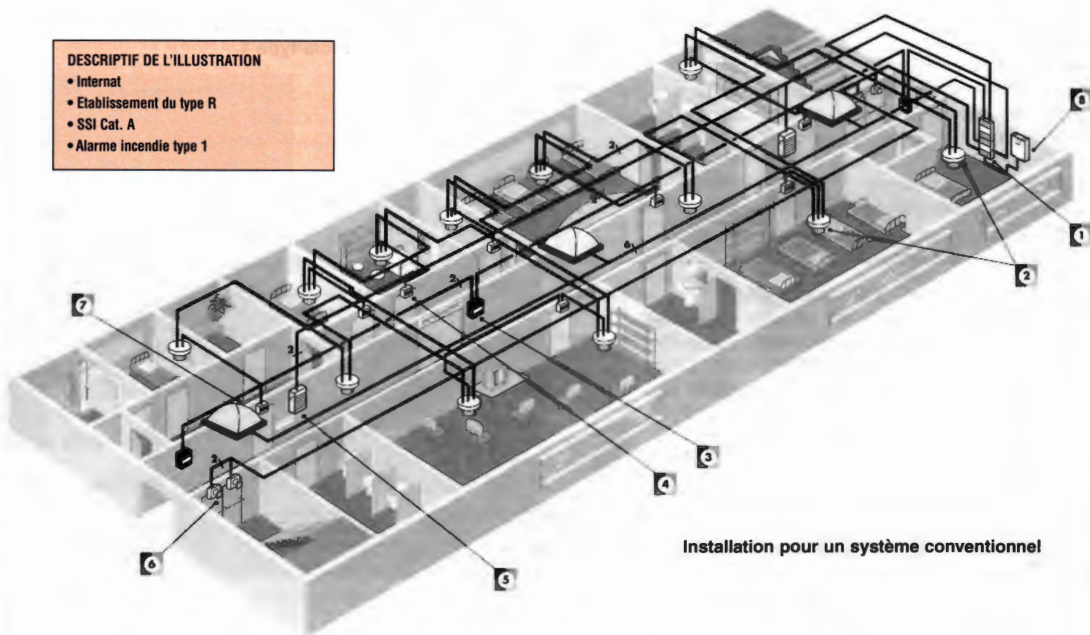
(1) Par arrêté du 20 novembre 2000 (article MS 65)

**• SOLUTIONS PRODUITS :**

Pour illustrer les solutions en alarme de **type 1** nous avons choisi l'exemple d'un internat, établissement de **type R**. La mise en sécurité comportant du compartimentage et du désenfumage, il est nécessaire d'utiliser un tableau **CMSI** séparé, associé au tableau de détection (ECS).

**DESCRIPTIF DE L'ILLUSTRATION**

- Internat
- Etablissement du type R
- SSI Cat. A
- Alarme incendie type 1



Installation pour un système conventionnel

**Matériel utilisé sur le schéma**

**1**



1 tableau ECS  
+ module 2 boucles  
+ 2 batteries

**2**



12 détecteurs automatiques

**3**



3 déclencheurs manuels

**4**



8 indicateurs d'action

**5**



2 diffuseurs sonores

**6**



4 ventouses  
et 2 sélecteurs de fermeture de porte  
à 2 vantaux (exemple de câblage  
sans contrôle de position)

**7**



3 ouvrants de désenfumage  
(non fournis par Legrand)  
Exemple avec contrôle de position

**8**



Prévoir un coffret d'énergie pour  
assurer l'alimentation électrique  
de sécurité (AES)

## 10.4.5. ÉQUIPEMENT ALARME INCENDIE TYPE 2a (CATÉGORIE DE SSI B)

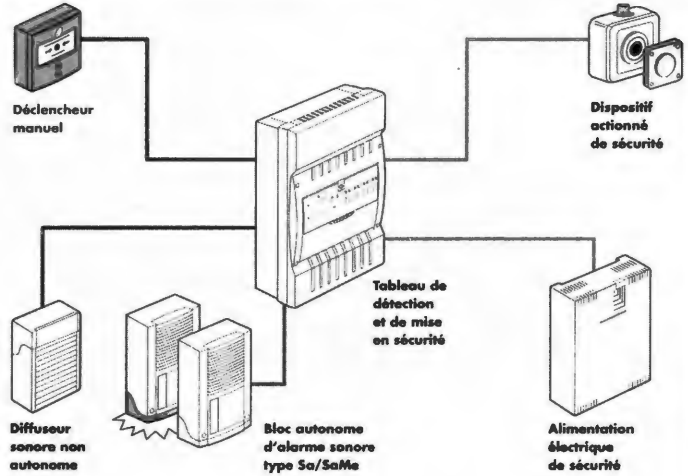
L'alarme type 2a est la configuration permettant la surveillance des boucles de détection et des lignes de mise en sécurité

### • INSTALLATION.

#### – Fonctions de mise en sécurité (CMSI) :

- Le centralisateur de mise en sécurité (CMSI) est composé de 3 sous-fonctions :
  - l'unité de gestion d'alarme (UGA) gérant l'évacuation (pilotage des diffuseurs sonores et temporisations associées) ;
  - l'unité de signalisation (US) composée de voyants et d'un buzzer indiquant les changements d'états des lignes de mise en sécurité ;
  - l'unité de commande manuelle centralisée (UCMC) permettant la commande manuelle des lignes de mise en sécurité (compartimentage, désenfilage).

Le schéma ci-dessous illustre l'équipement correspondant à l'alarme incendie type 2a



### • RÈGLES D'INSTALLATION.

Elles permettent d'installer le SSI en conformité avec la réglementation

#### – Tableaux d'alarme + CMSI :

Les tableaux doivent être installés à un emplacement non accessible au public et surveillés pendant les heures d'exploitation de l'établissement. Ils doivent être visibles du personnel de surveillance et leurs organes de commande et de signalisation doivent demeurer aisément accessibles.

#### – Diffuseurs sonores : Implantation.

Les diffuseurs sonores doivent être mis hors de portée du public par éloignement (hauteur mini de 2,25 m) et en nombre suffisant pour que le signal d'évacuation soit audible en tout point du bâtiment.

#### – Dispositifs actionnés de sécurité (DAS) : Implantation.

Elle est définie par un bureau d'études spécialisé. Les portes coupe-feu sont situées dans les circulations et au niveau des escaliers.

#### – Déclencheurs manuels :

##### Implantation.

Les déclencheurs manuels doivent être disposés dans les circulations à chaque niveau à proximité immédiate de chaque escalier, au rez-de-chaussée à proximité des sorties. Ils doivent être placés à une hauteur d'environ 1,30 m<sup>(1)</sup> au-dessus du sol.

##### Câblage.

Raccorder tous les déclencheurs manuels en parallèle sur un même câble lorsqu'ils font partie d'une boucle.

Équiper les déclencheurs manuels d'une résistance de 750 Ω. Une résistance de 3,3 kΩ sera placée sur le dernier déclencheur de chaque boucle. Câble 8/10<sup>e</sup> SYT1.

##### Câblage.

Les câbles d'alimentation des diffuseurs sonores [DS] non autonomes doivent être de catégorie CR1/câble de sécurité.

Les câbles de commande des BAAS doivent être de catégorie C2.

Ne pas oublier la résistance de 3,3 kΩ à raccorder dans le dernier diffuseur sonore de la ligne des DS.

##### Câblage.

• Contrôle de position : câble de catégorie CR1, 8/10<sup>e</sup> minimum.

• Commande en émission de tension : câble de catégorie CR1, 1,5<sup>2</sup> minimum (mono-conducteur).

• Commande à rupture : câble de catégorie C2, 1,5<sup>2</sup> minimum (mono-conducteur).

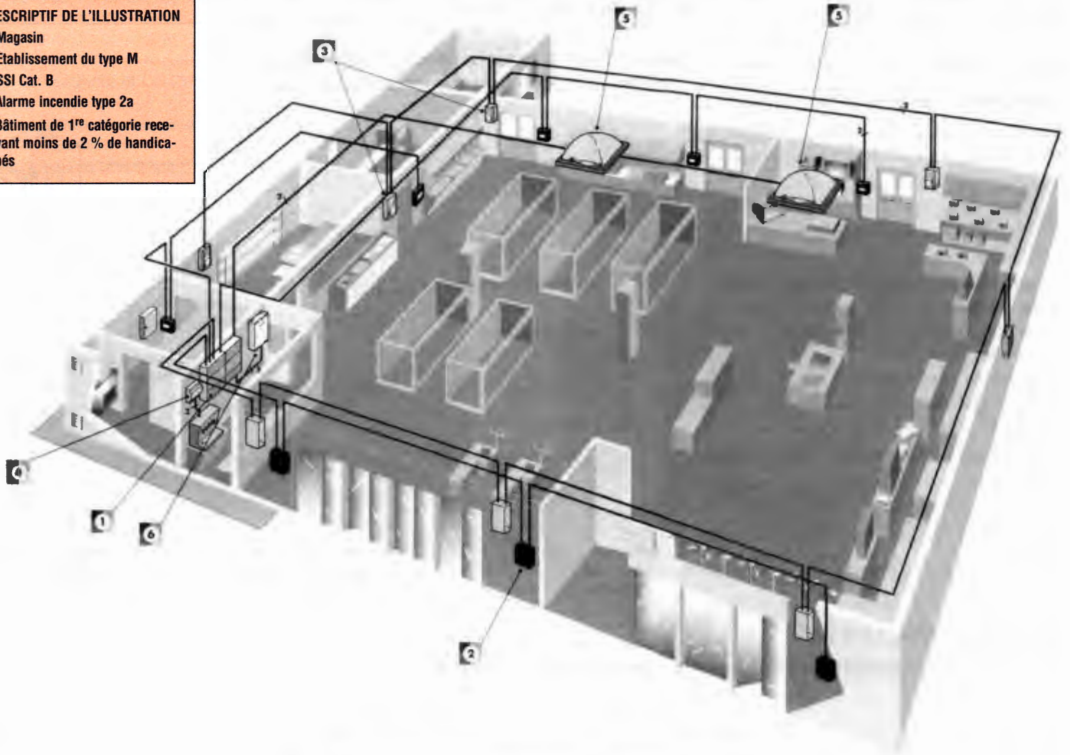
(1) Par arrêté du 20 novembre 2000 (article MS 65)

• **SOLUTIONS PRODUITS :**

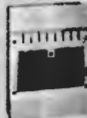





Pour illustrer les solutions en alarme de **type 2a** nous avons choisi l'exemple d'un magasin, établissement de **type M**. Ce schéma permet de montrer le principe d'installation à réaliser. Le tableau ci-dessous précise le matériel à utiliser.

**DESCRIPTIF DE L'ILLUSTRATION**

- Magasin
- Etablissement du type M
- SSI Cat. B
- Alarme incendie type 2a
- Bâtiment de 1<sup>re</sup> catégorie recevant moins de 2 % de handicapés



**Matériel utilisé sur le schéma**

<b>1</b>	 <p><b>1 tableau d'alarme type 2a</b>                      + module 2 boucles                      + 2 batteries</p> <p><b>1 tableau CMSI</b></p>
<b>2</b>	 <p><b>12 déclencheurs manuels</b></p>
<b>3</b>	 <p><b>8 blocs autonomes d'alarme sonore</b></p>
<b>4</b>	 <p><b>1 ensemble de gestion des asservissements</b></p>
<b>5</b>	 <p><b>2 exutoires de désenfumage</b></p>
<b>6</b>	 <p><b>Prévoir une alimentation électrique de sécurité pour assurer l'alimentation des lignes de mise en sécurité</b></p>

## 10.4.6. ÉQUIPEMENT ALARME INCENDIE TYPE 2b (CATÉGORIE DE SSI C, D OU E)

L'alarme type 2b est la configuration permettant la centralisation des données sur un tableau

### • INSTALLATION.

#### – Fonction détection :

– Elle est assurée par des déclencheurs manuels qui permettent de mettre en marche l'alarme en pressant sur la membrane déformable du coffre.

#### – Fonctions de mise en sécurité.

#### – Évacuation :

Elle est assurée par :

- un tableau d'alarme de **type Pr** ;
- des blocs autonomes d'alarme sonore de **type Sa** (avec ou sans flash) ou de **type SaMe** (à message bilingue français-anglais : intégré, avec ou sans flash).

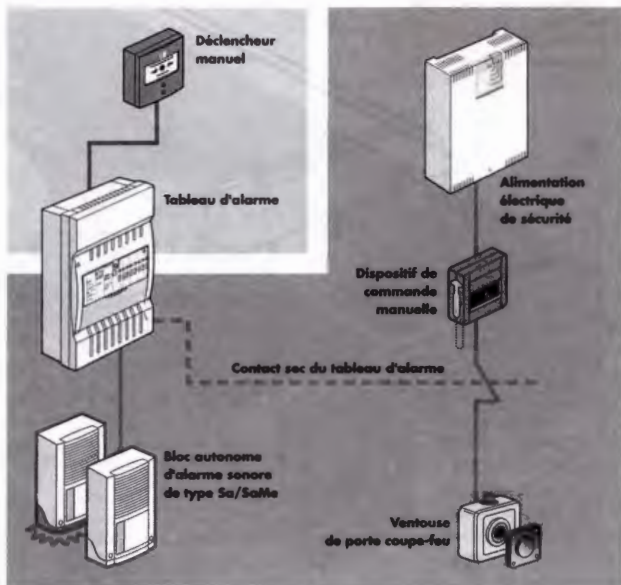
#### – Compartimentage :

Il est assuré par un dispositif de commande manuelle. Il peut être piloté en complément par un contact sec sur le tableau d'alarme.

#### – Désenfumage :

En cas de désenfumage, utiliser un équipement d'alarme de **type 2a**.

Le schéma ci-dessous illustre l'équipement correspondant à l'alarme incendie type 2b



### • RÈGLES D'INSTALLATION.

Elles permettent d'installer le SSI en conformité avec la réglementation.

#### – Tableaux d'alarme :

Le tableau d'alarme de l'équipement d'alarme **type 2b** doit être installé à un emplacement non accessible au public et surveillé pendant les heures d'exploitation de l'établissement. Il doit être visible du personnel de surveillance et ses organes de commande et de signalisation doivent demeurer aisément accessibles.

#### – Déclencheurs manuels :

##### Implantation.

Les déclencheurs manuels doivent être disposés dans les circulations, à chaque niveau, à proximité immédiate de chaque escalier, au rez-de-chaussée à proximité des sorties, ils doivent être placés à une hauteur d'environ **1,30 m** <sup>(1)</sup> au dessus du sol (**maximum 1,80 m**).

#### Câblage.

Raccorder tous les déclencheurs manuels en série sur un même câble lorsqu'ils font partie d'une même boucle. Câble : **8/10 SYT1**.

#### – Blocs autonomes d'alarmes sonores :

##### Implantation.

Les **BAAS de type Sa ou SaMe** (à message préenregistré), avec ou sans flash, doivent être mis hors de portée du public par éloignement (hauteur minimum de **2,25 m**).

#### Câblage.

Câblage alimentation secteur : **2 x 1,5 mm<sup>2</sup>**

Câblage liaison de commande : catégorie **C2 8/10<sup>e</sup>**.

#### – Dispositifs actionnés de sécurité (DAS) :

##### Implantation.

Elle est définie par un bureau d'études spécialisé. Les portes coupe-feu sont situées dans les circulations et au niveau des escaliers.



#### Câblage.

Commande à rupture : câble de catégorie **C2, 1,5<sup>2</sup>** minimum (mono-conducteur).

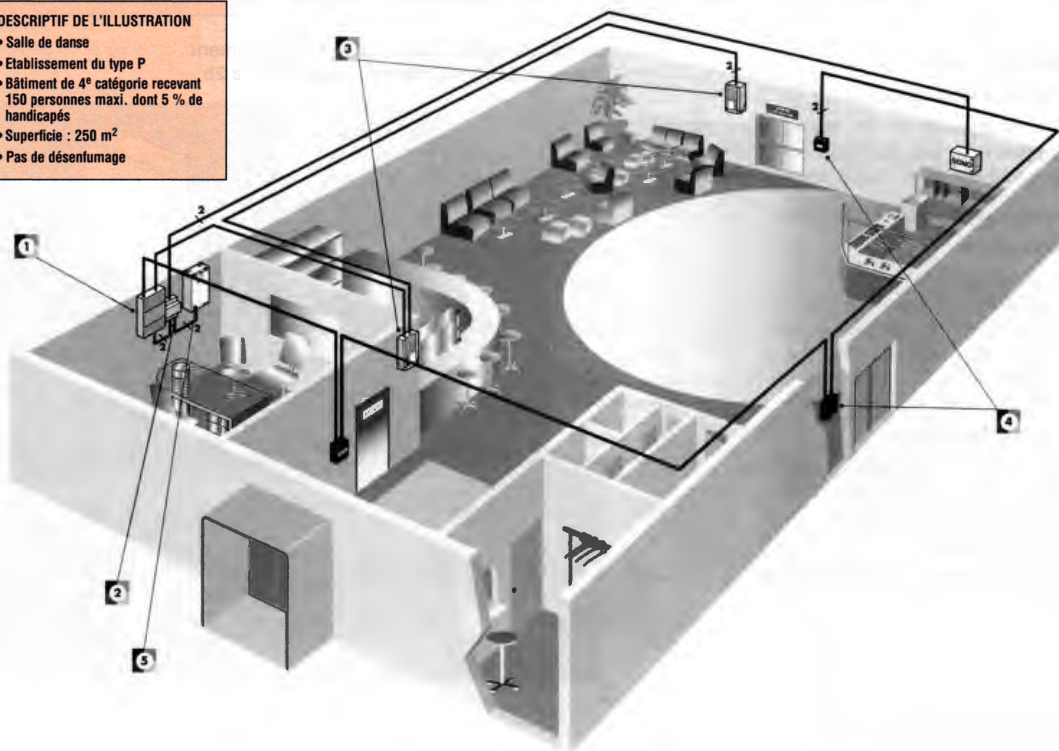
(1) Par arrêté du 20 novembre 2000 (article MS 65)

• **SOLUTIONS PRODUITS :**

Pour illustrer les solutions en alarme de **type 2b** nous avons choisi l'exemple d'une salle de danse, établissement de **type P**. Ce schéma permet de montrer le principe d'installation à réaliser. Le tableau ci-dessous précise le matériel à utiliser.

**DESCRIPTIF DE L'ILLUSTRATION**

- Salle de danse
- Etablissement du type P
- Bâtiment de 4<sup>e</sup> catégorie recevant 150 personnes maxi. dont 5 % de handicapés
- Superficie : 250 m<sup>2</sup>
- Pas de désenfumage



**Matériel utilisé sur le schéma**

**1**



1 tableau d'alarme type 2b  
+ 1 batterie

**2**



1 ensemble de gestion des asservissements

**3**



2 blocs autonomes d'alarme sonore  
à message préenregistré

**4**



3 déclencheurs manuels

**5**



1 alimentation électrique de sécurité

## 10.4.7. ÉQUIPEMENT ALARME INCENDIE TYPE 3 (CATÉGORIE DE SSI C, D OU E)

L'alarme type 3 est la configuration constituée par des blocs autonomes normalisés

### • INSTALLATION.

#### – Fonction détection :

– Elle est assurée par des déclencheurs manuels qui permettent de mettre en marche l'alarme en pressant sur la membrane déformable du coffret

#### – Fonctions de mise en sécurité :

##### – Évacuation.

Elle est assurée par des blocs autonomes d'alarme sonore de **type MA** (avec ou sans flash) ou **MaMe** (à message bilingue français-anglais, (avec ou sans flash).

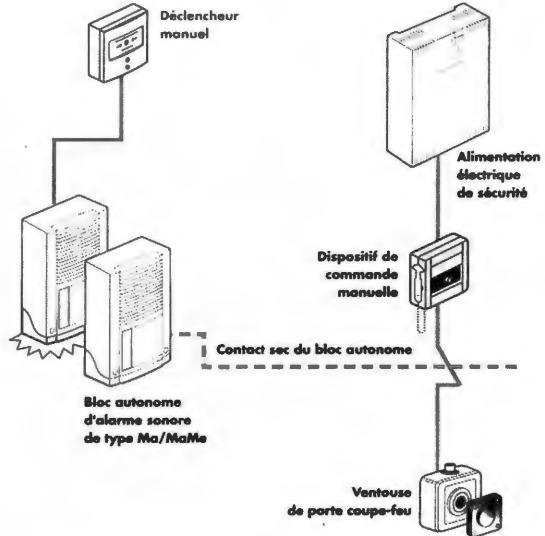
##### – Compartimentage.

Il est assuré par un dispositif de commande manuelle. Il peut être piloté en complément par un contact sec sur le bloc autonome d'alarme sonore.

##### – Désenfumage.

En cas de désenfumage, utiliser un équipement d'alarme de **type 2a**.

Le schéma ci-dessous illustre l'équipement correspondant à l'alarme incendie type 3



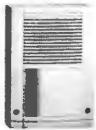
### • RÈGLES D'INSTALLATION.

Elles permettent d'installer le SSI en conformité avec la réglementation.

#### – Blocs autonomes d'alarme sonore :

##### Implantation.

Les blocs autonomes d'alarme sonore (**BAAS**) de **type Ma** ou **MaMe** (à message pré enregistré), avec ou sans flash doivent être mis hors de portée du public par éloignement (hauteur mini de 2,25 m).



#### – Déclencheurs manuels :

##### Implantation.

Les déclencheurs manuels doivent être disposés dans les circulations, à proximité immédiate de chaque escalier, au rez-de-chaussée, à proximité des sorties. Ils doivent être placés à une hauteur d'environ 1,30 m <sup>(1)</sup> au dessus du niveau du sol.

##### Câblage.

Raccorder tous les déclencheurs manuels en série sur un même câble pour qu'ils ne forment qu'une même boucle qui peut être commune à plusieurs niveaux.

Câble 8/10<sup>e</sup> SYT1.

#### – Mise au repos de l'installation après coupure de l'alimentation :

La mise au repos de l'installation est obligatoire pour toute coupure de secteur supérieure à 12 h et se fait à partir de l'état de veille. Mise au repos effectuée avec le coffret de télécommande.

#### – Retour en état de veille :

- Automatique : dès le retour du secteur.
- Manuel : par pression sur le bouton-poussoir « allumage » du coffret de télécommande.

##### Implantation.

Elle est définie par un bureau d'études spécialisé. Les portes coupe-feu sont situées dans les circulations et au niveau des escaliers.



##### Câblage.

Commande à rupture : câble de catégorie C2, 1,5 mm<sup>2</sup> minimum (mono-conducteur).

##### Câblage.

L'action sur un déclencheur manuel doit provoquer le fonctionnement de tous les **BAAS** du bâtiment.

– Câble : alimentation/câble 1,5 mm<sup>2</sup>

– Liaison inter **BAAS**/câble 8/10<sup>e</sup> SYT1

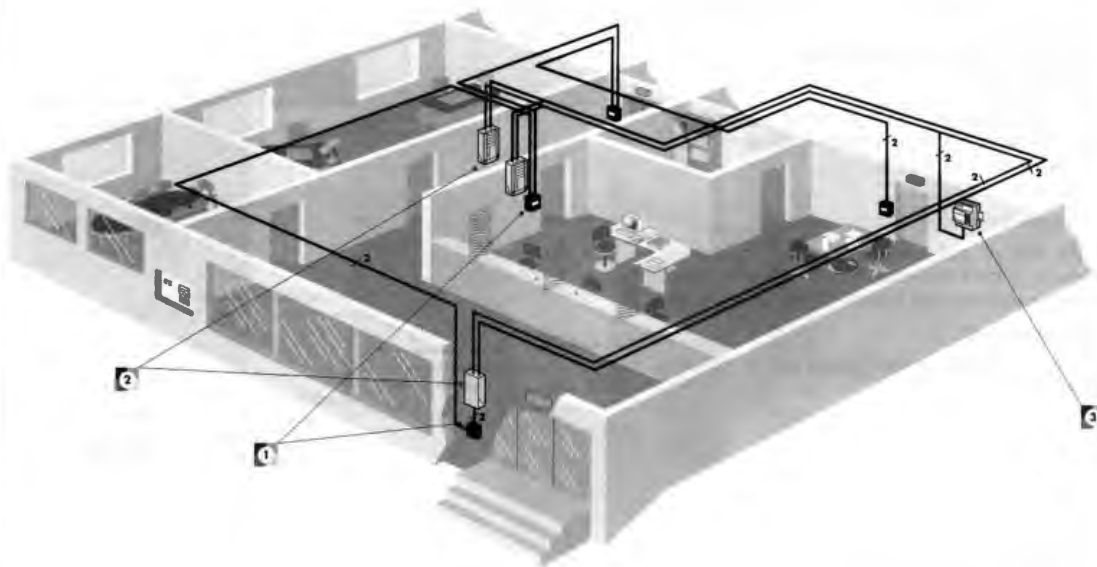
(1) Par arrêté du 20 novembre 2000 (article MS 65)

• **SOLUTIONS PRODUITS :**

Pour illustrer les solutions en alarme de **type 3** nous avons choisi l'exemple d'une banque, établissement de **type W**. Ce schéma permet de montrer le principe d'installation à réaliser. Le tableau ci-dessous précise le matériel à utiliser.

**DESCRIPTIF DE L'ILLUSTRATION**

- Banque
- Etablissement du type W
- Bâtiment de 3<sup>e</sup> catégorie



**Matériel utilisé sur le schéma**

1



**4 déclencheurs manuels**

2



**3 blocs autonomes d'alarme sonore  
type MaMe avec message  
préenregistré**

3



**1 coffret de télécommande**

## 10.4.8. ÉQUIPEMENT ALARME INCENDIE TYPE 4 (CATÉGORIE DE SSI D OU E)

L'alarme type 4 est la configuration la plus simple, pour risque peu élevé

### • INSTALLATION :

#### – Fonction détection.

– Elle est assurée par des déclencheurs manuels qui permettent de mettre en marche l'alarme en pressant sur la membrane déformable du coffret.

#### – Fonctions de mise en sécurité :

##### – Évacuation.

Elle est assurée soit :

- par un tableau d'alarme qui peut être associé à des diffuseurs sonores ;
- par un ou plusieurs blocs d'alarme ;
- par un coffret d'alarme à pile.

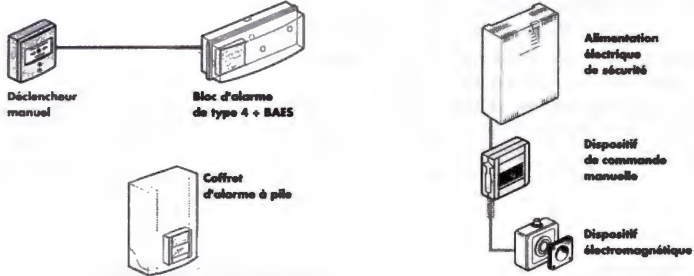
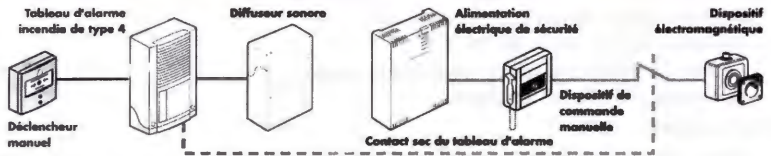
##### – Compartimentage.

Il est assuré par un dispositif de commande manuelle. Il peut être piloté en complément par un contact sec, uniquement sur le tableau d'alarme.

##### – Désenfumage.

En cas de désenfumage, utiliser un équipement d'alarme de type 2a.

Le schéma ci-dessous illustre l'équipement correspondant à l'alarme incendie type 4

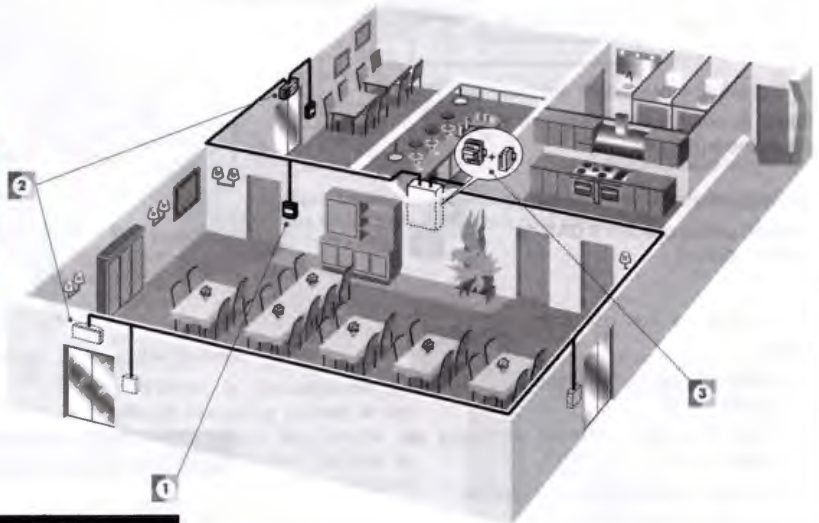


Pour illustrer les solutions en alarme de type 4 nous avons choisi l'exemple d'un restaurant, établissement de type N. Ce schéma permet de montrer le principe d'installation à réaliser. Vous trouverez dans le tableau ci-dessous le matériel à utiliser.




### • SOLUTIONS PRODUITS :

#### DESCRIPTIF DE L'ILLUSTRATION

- Restaurant
- Bâtiment de type N
- Bâtiment de 5<sup>e</sup> catégorie



#### Matériel utilisé sur le schéma

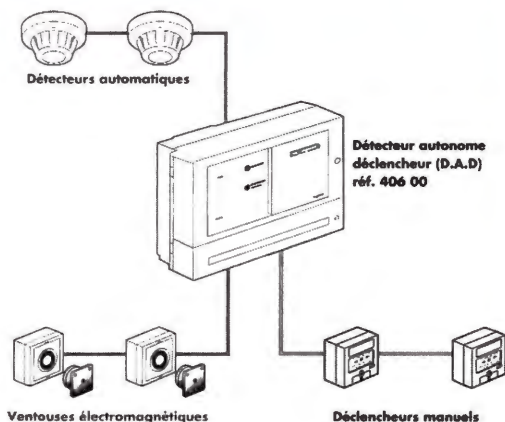
- |   |   |  |
|---|---|--|
| 1 |  | 2 déclencheurs manuels                                       |
| 2 |  | 2 kits de sécurité   |
| 3 |  | 1 coffret de télécommande<br>+ adaptateur du kit de sécurité |

## 10.4.9. DÉTECTEUR AUTONOME DÉCLENCHEUR (DAD)

Un DAD permet une détection partielle automatique d'incendie et l'alimentation de ventouses électromagnétiques

### • INSTALLATION :

- Le DAD reçoit les informations des détecteurs automatiques et assure la commande de :
  - fermeture de porte coupe-feu
  - déclenchement d'un organe de désenfumage
  - fermeture d'un clapet coupe-feu
- Où installer un D.A.D.
  - Dans les établissements recevant du public de **type M et PS**, en réponse aux impositions particulières du règlement de sécurité.
  - Dans les bâtiments d'habitation pour la fermeture des portes coupe-feu des parkings et en **3<sup>e</sup> famille A** pour le désenfumage des cages d'escalier.
  - Dans les établissements (ERP) équipés de vide-ordures ou monte-charge avec trappe à fermeture automatique.



### • RÈGLES D'INSTALLATION :

Elles vous permettent d'installer votre SSI en conformité avec la réglementation

① Installer un déclencheur manuel près de l'issue principale (hauteur 1,30 m (1) du sol), 2 déclencheurs maximum.



② Installer les détecteurs automatiques au nombre de 2 maximum et de même type.



③ Raccorder les ventouses électromagnétiques (maximum 3 DAS de même fonction)



④ Un DAD ne doit pas commander :

- un volet de désenfumage pour conduit collectif ;
- un coffret de relaiage pour ventilateur de désenfumage ;
- des dispositifs d'extinction automatiques ;
- des dispositifs d'évacuation.



(1) Par arrêté du 20 novembre 2000 (article MS 65)

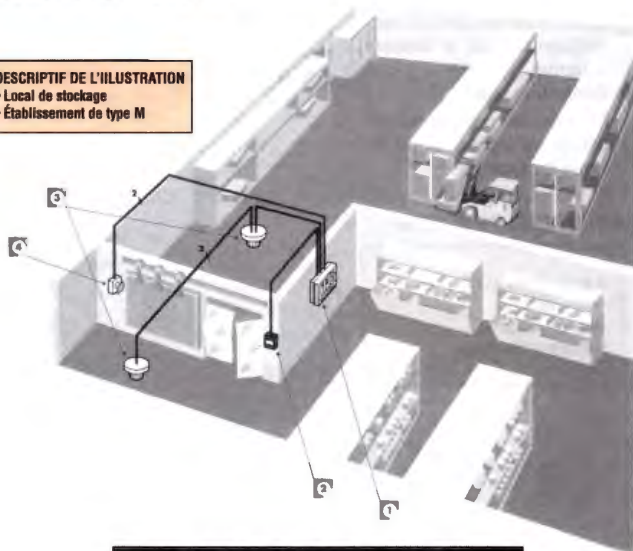
### Attention !

Ne pas oublier de raccorder sur le dernier détecteur automatique la résistance de 3,3 kΩ fournie avec le DAD, ceci afin d'assurer la continuité de la boucle électrique.

### • SOLUTIONS PRODUITS

DESRIPTIF DE L'ILLUSTRATION

- Local de stockage
- Établissement de type M



### Matériel utilisé sur le schéma

1		1 détecteur autonome déclencheur
2		1 déclencheur manuel
3		2 détecteurs de fumée
4		1 ventouse

## 10.4.10. ENSEMBLE DE GESTION DES ASSERVISSEMENTS

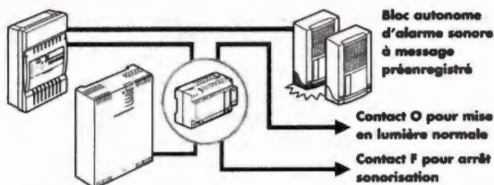
Un ensemble de gestion des asservissements est destiné à piloter l'éclairage, la sonorisation, les issues de secours en cas d'incendie

### GESTION DES ASSERVISSEMENTS LIÉE À L'ALARME INCENDIE.

La gestion des asservissements liée à l'alarme incendie répond à des impositions particulières du règlement de sécurité dans les établissements du **type L, P, ou T**.

Elle permet :

- l'arrêt de la sonorisation ;
- la mise en lumière normale de l'établissement ;
- la diffusion d'un message d'évacuation ;
- le déclenchement de l'alarme générale.

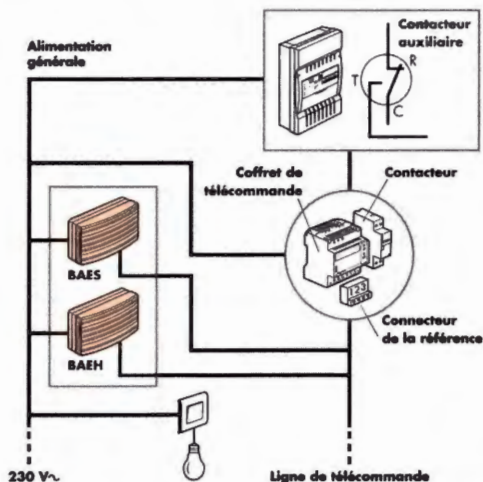


Ensemble constitué d'un « coffret fonction » et d'une alimentation électrique de sécurité (AES) associés à une alarme incendie de type 1, 2a ou 2b.

### PILOTAGE DE L'ÉCLAIRAGE DE SÉCURITÉ.

Le pilotage de l'éclairage de sécurité est assuré par un ensemble de gestion constitué d'un bloc de télécommande évolutif associé à un contacteur ou une alarme de **type 1**.

En cas d'utilisation du contact auxiliaire de pilotage des blocs autonomes d'alarme sonore, consulter le fabricant.



Dans les établissements comportant des locaux à sommeil les BAEH sont installés à côté des BAES.

### Issues de secours.

#### Fonctionnement du bloc de porte pour issue de secours.

Cet appareil est conçu pour remplir deux fonctions :

- fonction antivol,
- fonction antipanique.



#### Fonction antivol.

Afin d'éviter la malveillance des clients, le bloc-porte permet le verrouillage électrique des issues de secours. Il est alimenté par une alimentation électrique de sécurité (AES).

#### Fonction antipanique.

Lorsqu'une alarme est déclenchée dans un établissement, la centrale ordonne automatiquement le déverrouillage des issues de secours. Une commande manuelle de couleur verte est obligatoire près de chaque issue, l'ouverture est également assurée si on exerce une pression d'environ 120 kg par vantail, permettant l'évacuation en cas de panique.



#### Signalisation des portes ouvertes.

Le micro-contact incorporé dans le bloc de porte permet de signaler un défaut éventuel de fermeture sur une alarme électrique.

## 10.4.11. CHOIX DES SYSTÈMES DE SÉCURITÉ INCENDIE (SSI) EN FONCTION DU TYPE D'ÉTABLISSEMENT ET DE SA CATÉGORIE

Type	Établissement	Effectif du public					
		1 <sup>re</sup> catégorie		2 <sup>e</sup> catégorie	3 <sup>e</sup> catégorie	4 <sup>e</sup> catégorie	5 <sup>e</sup> catégorie
		> 3000 p	> 1 500 p	701 à 1 500 p	301 à 700 p	≤ 300 p	§ 10.2.3
<b>J</b>	Structure d'accueil pour personnes âgées et personnes handicapées	SSI A EA 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1 *
<b>L</b>	Salles à usage d'audition, de conférences, de réunions, de spectacles, salles polyvalentes Sans handicapé	SSI. A EA 1	SSI C, D ou E EA 2b	SSI E EA 3 avec salle polyvalente EA 4 sans salle polyvalente	– EA 4	– EA 4	– EA 4
	Avec handicapés	SSI. A EA 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1	EA 2b	EA 2b
<b>M</b>	Magasins, centres commerciaux Sans handicapé	SSI B EA 2a		SSI C, D ou E EA 2b	EA 3	EA 4	EA 4
	Avec handicapés	SSI A EA 1		SSI A EA 1	SSI A EA 1	EA 2b	EA 2b
<b>N</b>	Restaurants, débits de boissons Sans handicapé	– EA 3		– EA 3	– EA 4	– EA 4	– EA 4
	Avec handicapés	SSI A EA 1		SSI A EA 1	SSI A EA 1	– EA 2b	– EA 2b
<b>O</b>	Hôtels, pensions en famille Sans handicapé	SSI A EA 1		SSI A EA 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1 *
	Avec handicapés	SSI A EA 1		SSI A EA 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1 *
<b>P</b>	Salle de jeux sans handicapé	SSI A EA 1		SSI B EA 2a	SSI C, D ou E EA 2b	– EA 4	– EA 4
	Salle de danse sans handicapé hors sous-sol	SSI A EA 1		SSI B EA 2a	SSI C, D ou E EA 2b	– EA 3	– EA 4
	Salle de danse en sous-sol Sans handicapés	SSI A EA 1		SSI B EA 2a	SSI C, D ou E EA 2b	sous-sol SSI C, D ou E EA 2b	EA 4
	Avec handicapés	SSI A EA 1		SSI A EA 1	SSI A EA 1	– EA 2b	– EA 2b
<b>R</b>	1 – Établissement d'enseignement et assimilés, sans locaux à sommeil, sans handicapés, colonies de vacances (SH)	– EA 2b		– EA 2b	– EA 2b	– EA 4	– EA 4
	2 – Établissement avec locaux à sommeil (ex. : pensionnat, colonies de vacances, sans handicapé)	SSI A EA 1		SSI A EA 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1 *
	1 – Avec handicapés	SSI A EA 1		SSI A EA 1	SSI A EA 1	– EA 2b	– EA 2b
	2 – Avec handicapés	SSI A EA 1		SSI A EA 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1
<b>S</b>	Bibliothèques, archives, centres de documentation (SH)	SSI A EA 1		SSI B EA 1	– EA 2b	– EA 2b	– EA 4
	Avec handicapés	SSI A EA 1		SSI A EA 1	SSI A EA 1	– EA 2b	– EA 2b
<b>T</b>	Halls et salles d'exposition (SH)	SSI C, D ou E EA 2b		SSI C, D ou E EA 2b	– EA 3	– EA 4	– EA 4
	Avec handicapés	SSI A EA 1		SSI A EA 1	SSI A EA 1	– EA 2b	– EA 2b

\* Si l'établissement est en simple rez-de-chaussée, avec les locaux réservés au sommeil débouchant directement sur l'extérieur, prévoir un EA 4.

Type	Établissement	Effectif du public					
		1 <sup>ère</sup> catégorie		2 <sup>e</sup> catégorie 701 à 1 500 p	3 <sup>e</sup> catégorie 301 à 700 p	4 <sup>e</sup> catégorie ≤ 300 p	5 <sup>e</sup> catégorie § 10.2.3
		> 3000 p	> 1 500 p				
U	Établissements sanitaires (hôpitaux, cliniques, maisons de retraite)	SSI A EA 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1 *	
	Hôpitaux de jour Locaux médicaux et thermalisme	– EA 3	– EA 3	– EA 3	– EA 3	– EA 4	
V	Établissements de culte	– EA 4	– EA 4	– EA 4	– EA 4	– EA 4	
	si 10 % de handicapés en étage	SSI A EA 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1	– EA 2b	– EA 2b	
W	Banques, administrateurs, bureaux	SSI C, D ou E EA 2b	SSI C, D ou E EA 2b	– EA 3	– EA 4	– EA 4	
X	Établissements sportifs couverts (SH)	– EA 3	– EA 3	– EA 4	– EA 4	– EA 4	
	si 10 % de handicapés en étage	SSI A EA 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1	– EA 2b	– EA 2b	
Y	Musées publics ou privés (SH)	– EA 2a	– EA 4	– EA 4	– EA 4	– EA 4	
	Avec handicapés	SSI A EA 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1	– EA 2b	– EA 2b	
	Détection partielle après avis de la commission de sécurité	EA 1	– EA 1	– EA 4	– EA 4	– EA 4	
CTS	Chapiteaux, tentes et structures	Système de sonorisation	Système de sonorisation	– EA 4	– EA 4	– EA 4	
GA	Gare aériennes, souterraines et mixtes sans handicapés	SSI A EA 1	SSI A EA 1	– EA 2b	– EA 4	– EA 4	
	Gare aériennes, souterraines et mixtes avec handicapés	SSI A EA 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1	
OA	Hôtels, restaurants d'altitude	SSI A EA 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1	
PA	Établissements de plein air	Pour les locaux aménagés à l'intérieur de l'établissement se reporter au type considéré					
SG	Structures gonflables	Selon l'utilisation qui est faite des SG se reporter aux types d'établissements considérés					
	Établissements flottants avec locaux à sommeil	SSI A EA 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1	SSI A EA 1	
EF	Établissements flottants sans locaux à sommeil	– EA 2b	– EA 2b	– EA 3	– EA 3	– EA 3	
REF	Refuges	– EA 4	– EA 4	– EA 4	– EA 4	– EA 4	
PS	Parcs de stationnement (niveaux ventilés mécaniquement) 251 à 1 000 véhicules	Réglementation		Préconisation			
		détection automatique de fumée	système d'alarme	SSI	EA		
	Parcs comportant à niveaux au plus au-dessus du niveau de référence ou 2 niveaux au plus au-dessous	oui	–	A	1 Sans avertisseur		
	Parcs comportant 5 niveaux et plus au-dessus du niveau de référence ou 3 niveaux et plus au-dessous	oui	oui	A	1 Avec avertisseur		

**Note :** SSI (Système Sécurité Incendie, catégories : A, B, C, D ou E).  
EA (Équipement Alarme type 1, 2a, 2b, 3 et 4).

## 10.4.12. CONTRÔLE ET MAINTENANCE DES INSTALLATIONS DE SÉCURITÉ DANS LES BÂTIMENTS

### Contrôle de l'installation :

#### – Action à réaliser.

L'entreprise d'installation doit vérifier obligatoirement le bon fonctionnement de l'installation et consigner les essais réalisés et les résultats obtenus (NF S 61-932). Les documents rédigés seront annexés au registre de sécurité.

### Réception :

#### – Action à réaliser.

L'installation doit faire l'objet d'une visite de réception par un bureau de contrôle en présence de l'utilisateur et de l'installateur. La réception fait l'objet d'un procès verbal à joindre au registre de sécurité.

### Maintenance :

#### – Action à réaliser.

Les systèmes de sécurité incendie doivent être maintenus en bon état de fonctionnement.

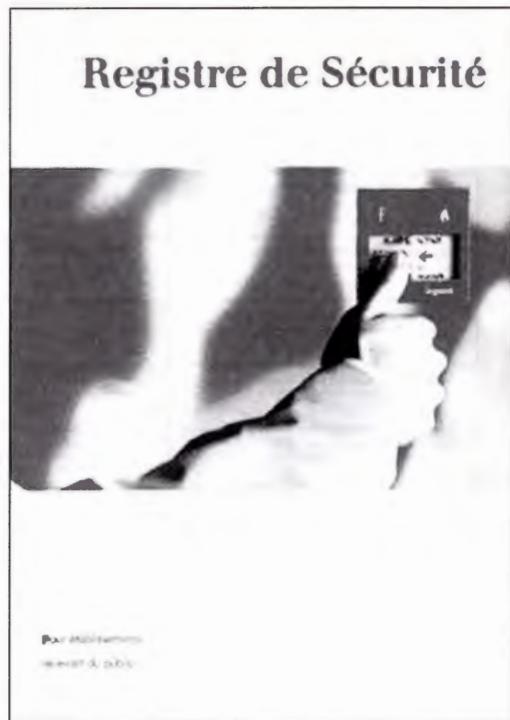
Réglementairement, la maintenance peut être assurée soit par un technicien habilité par l'exploitant soit par l'installateur.

Un contrat de maintenance est obligatoire pour les SSI de catégories A et B. La périodicité d'intervention est fixée entre intervenant et exploitant. Le contrat ou les consignes d'entretien seront annexés au registre de sécurité.

### Visite de contrôle périodique :

#### – Action à réaliser.

Une visite de contrôle est assurée par la **Commission de Sécurité** avec une périodicité définie pour chaque établissement par le règlement de sécurité. Cf. Tableau des périodicités de visite (ci-dessous). À l'issue de la visite, un avis favorable est donné à la poursuite de l'exploitation, ou des travaux de mise en conformité sont exigés.



Le Registre de sécurité est un véritable « carnet de santé » d'une installation de sécurité d'un établissement

### Arrêté du 7/07/1997, article GE4

#### Périodicité des visites de contrôle en fonction des catégories et types d'établissements

Catégorie	Types d'établissements														
	J	L	M	N	O	P	R <sup>(1)</sup>	R <sup>(2)</sup>	S	T	U	V	W	X	Y
1 <sup>ère</sup> catégorie	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	5	3	3	3
2 <sup>e</sup> catégorie	2	3	3	3	2	2	2	3	3	3	2	5	3	3	3
3 <sup>e</sup> catégorie	3	3	5	5	3	3	3	3	5	5	3	5	5	5	5
4 <sup>e</sup> catégorie	3	5	5	5	3	5	3	5	5	5	3	5	5	5	5

2 = périodicité 2 ans, 3 = périodicité 3 ans, 5 = périodicité 5 ans.

(1) avec hébergement

(2) sans hébergement

## 10.5. DISPOSITIFS DE COUPURE

(D'après LEGRAND)

Un dispositif de coupure d'urgence doit être facile d'accès pour permettre de couper rapidement l'alimentation d'un circuit électrique

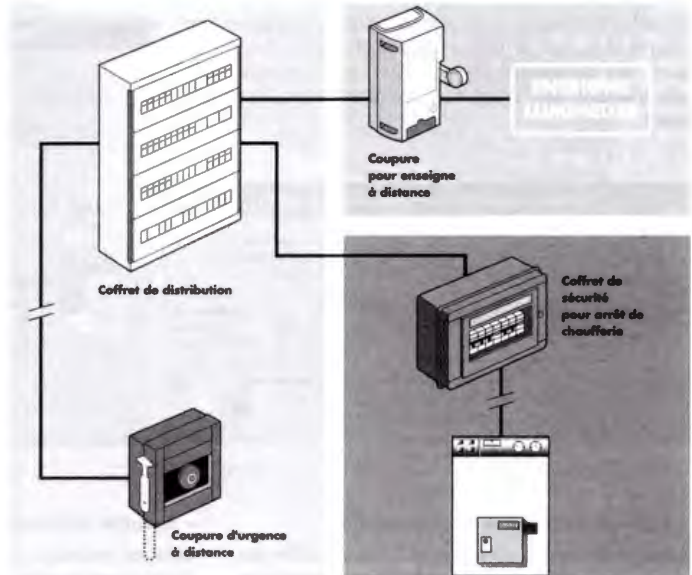
### • GÉNÉRALITÉS :

Les dispositifs de coupure d'urgence doivent être accessibles rapidement et clairement identifiés. Dans le cas où ils sont situés dans des locaux ou dégagements accessibles au public, ces dispositifs doivent être installés dans les zones accessibles au personnel uniquement [ex. derrière un comptoir, une caisse...]. Utilisez alors un produit bris de glace. La double signalisation de l'état du dispositif [voyants vert et rouge est obligatoire quand on n'est pas en sécurité positive.

### • RÉGLEMENTATION

#### Décret du 14/11/88 article 10 relatif à la coupure d'urgence

« Dans tout circuit terminal doit être placé un dispositif de coupure d'urgence, aisément reconnaissable et disposé de manière à être facilement et rapidement accessible, permettant en une seule manœuvre de couper en charge tous les conducteurs actifs »



#### Coupure avec voyant



Coffret à manette IP 34 IK 07 équipé de 3 contacts O et 3 contact F 10 A - 400 V et 2 voyants



Déclencheurs manuels blanc IP 40 IK 07 avec voyant bicolore rouge/vert Contact O/F 5A 24V- ou 250V~/1A 48V- - Scailie

avec voyant bicolore rouge/vert Contact O/F 5A 24V- ou 250V~/1A 48V- - Scailie



Coffret bris de glace rouge avec coup de poing à clé IP 44 IK 07 2 voyants - Contacts NO + NF 4 A - 400 V - Scailie

#### Coupure sans voyant



Déclencheurs manuels blanc IP 40 IK 07 à membrane - Contact O/F 5A 24V- ou 250V~/1A 48V- - Scailie

à membrane - Contact O/F 5A 24V- ou 250V~/1A 48V- - Encastré



avec indicateur mécanique d'état Contact O/F 5A 24V- ou 250V~/1A 48V- - Scailie

avec indicateur mécanique d'état Contact O/F 5A 24V- ou 250V~/1A 48V- - Encastré



Coffret bris de glace rouge IP 44 IK 07 avec contacts NO + NF 5 A - 400 V - Scailie

#### - Pour enseignes lumineuses



#### - Réglementation

#### NFC 15 150-1 relative à l'installation des enseignes lumineuses

Les enseignes à basse tension et les alimentations en basse tension des enseignes à haute tension (1 000 à 10 000 V) doivent être équipées d'un dispositif assurant les fonctions de coupure d'urgence et de sectionnement.

#### Coupure enseigne



Coffret IP 65 IK 08

2P - 16 A avec voyant Led

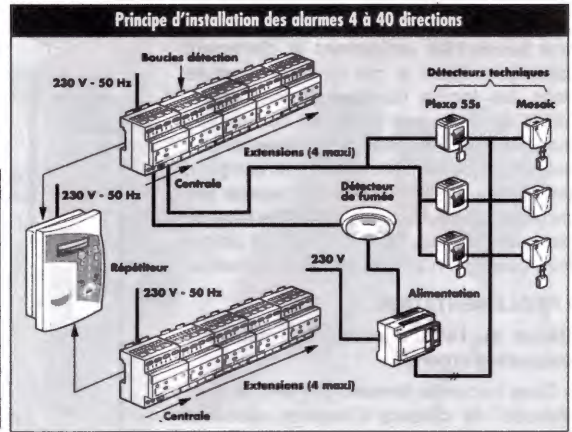
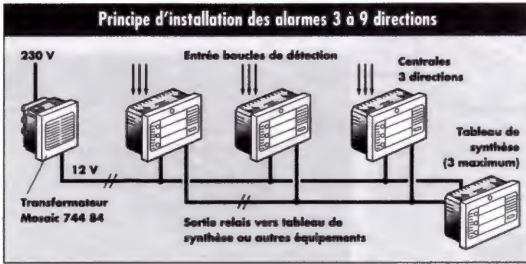
4P - 16 A avec voyant Led

# 10.6. ALARMES TECHNIQUES. LA SURVEILLANCE TECHNIQUE D'UN BÂTIMENT

(D'après LEGRAND)

L'alarme technique constitue un complément de sécurité dans une installation d'alarme incendie

L'Alarme Technique permet la détection et la signalisation d'anomalies ou de défaillances techniques. En liaison avec des détecteurs appropriés ou des contacts secs, elle s'adapte aux exigences des installations d'un bâtiment.



## – Alarmes techniques 3 à 9 directions.

Elles permettent la détection et la signalisation des anomalies ou défaillances techniques des installations. Intégrées à la gamme d'appareillage Mosaic, les alarmes techniques **3 à 9 directions** peuvent être installées facilement en encastré ou en saillie. La centrale est alimentée en 12 V.

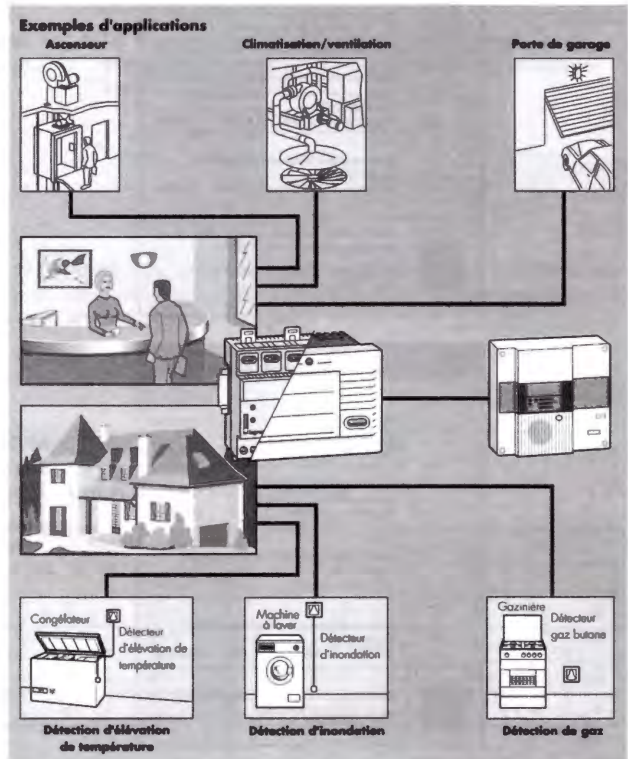


## – Alarmes techniques 4 à 40 directions.

C'est un système évolutif qui permet une sécurité accrue : une solution modulaire pour contrôler jusqu'à **40 directions**. Chaque direction peut être temporisée, ce qui permet d'éviter les déclenchements intempestifs suite à des événements fugitifs. Une relance buzzer toutes les **15 minutes** peut être activée. Tant que le défaut n'est pas réparé, la centrale le signale. La centrale est alimentée en 230 V et dispose d'une alimentation secours intégrée.

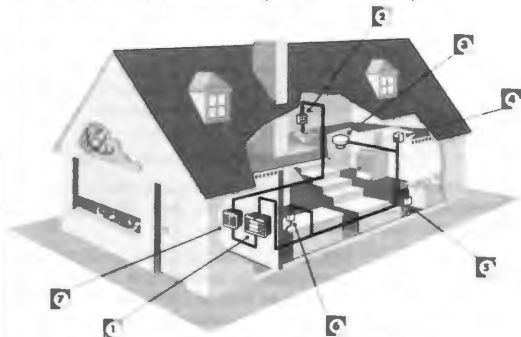
## – Exemple d'installation.

L'alarme technique répond à des applications tertiaires ou domestiques simples telles que surveillance de la température d'un congélateur, détection d'inondation ou de gaz...

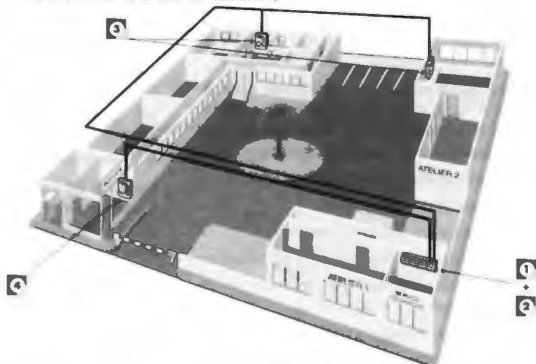









• LES SOLUTIONS PRODUITS :



– Alarmes 3 à 9 directions (non secourues).





– Alarmes 4 à 40 directions.



1	 <p><b>Centrale d'alarme 3 à 9 directions</b>                  - 1 voyant par direction                  - 1 voyant alimentation                  - 1 buzzer                  - 1 poussoir test/acquittement                  - 1 contact RCT</p>
2	 <p><b>Transmetteur téléphonique</b></p>
3	 <p><b>Détecteur de fumée</b></p>
	 <p><b>Détecteur de gaz</b></p>
	 <p><b>Détecteur d'inondation</b></p>
	 <p><b>Détecteur d'élévation de température pour congélateur</b></p>
	 <p><b>Transformateur 230 V/12 V</b></p>

1	 <p><b>Centrale d'alarme 4 directions</b>                  - 1 voyant par direction                  - 1 voyant secteur / batterie                  - 1 buzzer 65 dB                  - 1 poussoir test/acquittement                  - 1 contact RCT</p>
2	 <p><b>Extension 4 directions</b>                  - 1 voyant par direction                  - 1 voyant secteur / batterie</p>

	 <p><b>Tableau de synthèse avec voyant</b></p>	3
	 <p><b>Tableau répéteur avec afficheur à cristaux liquides</b>                  - lecture des 52 derniers événements                  - impression possible avec sortie dB 25</p>	4

**10.7. LES MOTS CLEFS DE LA SÉCURITÉ**

**Adressable** : blocs autonomes d'éclairages de sécurité reliés à une centrale permettant de gérer et de tester à distance, un parc jusqu'à 800 B.A.E.S.

**A.E.S** : Alimentation Électrique de Sécurité

**B.A.A.S** : Bloc Autonome d'Alarme Sonore

**B.A.E.S** : Bloc Autonome d'Éclairage de Sécurité

**B.A.E.H** : Bloc Autonome d'Éclairage pour Habitations

**B.E.2** : Codification définie dans la NF C 15-100 des emplacements à risque d'incendie du fait des matières ou matériaux qui y sont traités ou entreposés.

**B.E.3** : Codification définie dans la NF C 15-100 des emplacements à risque d'explosion du fait des matières ou matériaux qui y sont traités ou entreposés.

**Bloc autonome** : appareil dans lequel tous les éléments tels que batterie, ensemble de commandes, traitement de l'information, systèmes de vérification et de contrôle éventuels sont

contenus dans une même enveloppe. On distingue les BAAS, BAES et BAEH.

**Coffret antipanique d'éclairage d'ambiance** : Permet de gérer et d'alimenter l'éclairage d'ambiance selon l'état de l'alimentation de l'éclairage normal.

**C.M.S.I** : Centralisateur de Mise en Sécurité Incendie. Assure le pilotage centralisé et automatique de la mise en sécurité d'un établissement. N'est requis que dans les versions de S.S.I. les plus élaborées (catégories A et B).

**D.A. (I)** : Détecteur Automatique (Indicateur).

**D.A.C** : Dispositif Adapteur de Commande. Reçoit un ordre de commande de sécurité et se borne à le transmettre aux D.A.S.

**D.A.S** : Dispositif Actionné de Sécurité. Ensemble des équipements qui permettent de compartimenter, désenfumer, gérer les issues pour l'évacuation (ex. : volets de désenfumage, portes coupe-feu...).

**D.C.M** : Dispositif de commande Manuelle. Emet un ordre de commande de mise en sécurité à destination d'un ou plusieurs D.A.S., à partir d'une action manuelle appliquée à son organe de sécurité à manipuler. (ex. : coffret bris de glace rouge).

**D.C.M.R** : Dispositif de Commandes Manuelles Regroupées. Permet la juxtaposition de plusieurs D.C.M.

**D.C.S** : Dispositif de Commande avec Signalisation. Equipé d'une unité de signalisation. Surveille les lignes et indique si les organes commandés sont bien en position de sécurité.

**D. M** : Déclencheur Manuel.

**D. S** : Diffuseur Sonore

**E.A.** : Équipement à alarme

**Local à sommeil** : local au sein d'un ERP dans lequel le public est appelé à dormir (chambres d'hôtels, d'hôpitaux, colonies de vacances, maisons de retraite...)

**L.S.C.** : Luminaire source centralisée

## LES MOTS CLEFS DE LA SÉCURITÉ

**Éclairage d'ambiance ou anti-panique :** éclairage uniforme sur toute la surface d'un local pour permettre une bonne visibilité et éviter toute panique.

**Éclairage d'évacuation :** Éclairage permettant à toute personne d'accéder à l'extérieur du local à l'aide de foyers lumineux. Il doit assurer les 4 fonctions suivantes :

- Reconnaissance d'obstacles,
- Signalisation des issues,
- Signalisation des cheminements,
- Indication des changements de direction.

**E.C.S :** Équipement de contrôle et de signalisation

**E.R.P :** Établissement recevant du public

**E.R.T :** Établissement recevant des travailleurs, soumis au code du travail

**Mise au repos :** manœuvre permettant d'éteindre l'éclairage de sécurité après la coupure du secteur - ceci afin d'éviter le

déchargement inutile des blocs autonomes ou de la source centrale.

**NF AEAS :** terme générique. Marque de conformité aux normes des Appareils électriques Autonomes de Sécurité.

**NF MIC :** terme générique. Marque de conformité aux normes des Matériels d'Incendie certifiés.

**Registre de sécurité :** registre affecté à l'établissement, tenu par le chef d'établissement et mis à la disposition des agents de l'administration.

**S.A.T.I :** Bloc autonome avec système autonome de test intégré.

**S.D.I :** Système de Détection Incendie. Ensemble des appareils nécessaires à la détection automatique d'incendie comprenant obligatoirement : les détecteurs automatiques, l'équipement de commande et de signalisation, les déclencheurs manuels.

**S.M.S.I :** Système de Mise en Sécurité Incendie. Ensemble des équipements qui assurent la mise en sécurité incendie.

**Source centralisée :** appareil destiné à assurer l'alimentation secourue des luminaires d'éclairage de sécurité non autonomes.

**S.S.I :** Système de Sécurité Incendie

**U.G.A :** Unité de Gestion d'Alarme. Pilote les diffuseurs sonores pour l'évacuation du public.

**U.C.M.C :** Unité de Commande Manuelle Centralisée (au sein du C.M.S.I.). Assure la commande des équipements du compartimentage et de désenfumage.

**U. S :** Unité de Signalisation [au sein du C.M.S.I.] Assure la signalisation des équipements de compartimentage et de désenfumage.

## 10.8. NORMES RELATIVES AUX INSTALLATIONS DE SÉCURITÉ

**Les règles de conception, de mise en œuvre et de vérification des installations de sécurité doivent obligatoirement répondre à des normes particulières. Tous les acteurs de l'installation de sécurité doivent les suivre impérativement.**

### NORMES RELATIVES À LA SÉCURITÉ INCENDIE

#### NF S 61-931

Systèmes de sécurité incendie (S.S.I.)  
- dispositions générales.

#### NF S 61-932

Systèmes de sécurité incendie (S.S.I.)  
- règles d'installation.

#### NF S 61-933

Systèmes de sécurité incendie (S.S.I.)  
- règles d'exploitation et de maintenance.

#### NF S 61-934

Centralisateurs de mise en sécurité incendie (C.M.S.I.).

#### NF S 61-935

Systèmes de sécurité incendie (S.S.I.)  
- unité de signalisation (U.S.)

#### NF S 61-936

Systèmes de sécurité incendie (S.S.I.)  
- équipements d'alarme (E.A.)

#### NF S 61-937

Systèmes de sécurité incendie (S.S.I.)  
- dispositifs actionnés de sécurité (D.A.S.).

#### NF S 61-938

Systèmes de sécurité incendie (S.S.I.)  
- dispositifs de commandes manuelles (D.C.M.).  
- dispositifs de commandes manuelles regroupées (D.C.M.R.).  
- dispositifs de commande avec signalisation (D.C.S.).  
- dispositifs adaptateurs de commande (D.A.C.).

#### NF S 61-939

Systèmes de sécurité incendie (S.S.I.)  
- alimentations pneumatiques de sécurité (A.P.S.).

#### NF S 61-940

Systèmes de sécurité incendie (S.S.I.)  
- alimentations électriques de sécurité (A.E.S.).

#### FD S 61-949

Interprétation des normes :

NF S 61-931 à NF S 61-939

#### NF S 61-950

Matériels de détection d'incendie  
- détecteurs, tableaux de signalisation et organes intermédiaires.

#### NF S 61-961

Matériels de détection d'incendie  
- détecteurs autonomes déclencheurs (D.A.D.).

#### NF S 61-962

Matériels de détection d'incendie  
- tableaux de signalisation à localisation d'adresse de zone.

#### NF S 62-101

Protection contre l'incendie  
- système d'extinction pour protection d'ambiance (noyage total) ou halon 1301).  
- règles d'installation.

#### NF S 62-102

Protection contre l'incendie  
- organes constructifs des systèmes d'extinction au halon 1301).

#### NF S 62-210

- Installations fixes d'extinction automatique à eau du type sprinkleur  
- règles de conception, de calcul et de mise en œuvre.

#### NF S 62-211

Installations fixes d'extinction automatique à eau du type sprinkleur  
- essais de réception, surveillance et entretien-vérification.

#### NF S 48-150

Blocs autonomes d'alarme sonore d'évacuation d'urgence (B.A.A.S.).

#### EN 54

Systèmes de détection et d'alarme incendie (norme européenne)

#### FD S 61-965

Organes non certifiables, fonctions supplémentaires.

### NORMES RELATIVES À L'ÉCLAIRAGE DE SÉCURITÉ

#### NF C 71-800

Aptitude à la fonction des BAES d'évacuation dans les ERP, ERT soumis à réglementation.

#### NF C 71-801

Aptitude à la fonction des BAES d'ambiance dans les ERP, ERT soumis à réglementation.

#### NF C 71-805

Aptitude à la fonction des BAES pour bâtiments d'habitation soumis à réglementation

#### NF C 71-820

Système de test automatique pour appareils d'éclairage de sécurité.

#### NF C 71-830

Maintenance des blocs autonomes d'éclairage de sécurité BAES - BAEH.  
**NF EN 50171 (C 71-815-1)**  
Systèmes d'alimentation à la source centrale.

#### NF C 71-815-2

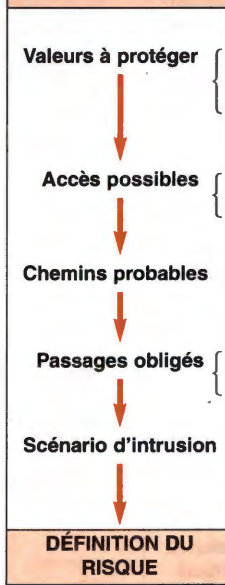
Essais de type pour les sources centralisées de série.

#### NF EN 60598-2-22

Luminaires pour éclairage de secours.

# 10.9. SÉCURITÉ INTRUSION

## SCHÉMA D'ANALYSE



### • BÂTIMENTS DOMESTIQUES

- Zones sensibles
- Valeurs matérielles
- Biens personnels

- Issues
- Fenêtres

- Couloirs
- Escaliers

### • BÂTIMENTS TERTIAIRES ET INDUSTRIELS

- Machines, savoir-faire
- Avance technologique
- Outils de travail
- Blessures des hommes

- Accès les plus faciles et les plus directs pour l'intrus

- Approche probable
- Effraction et intrusion
- Enlèvement

- Couloirs
- Escaliers
- Ascenseurs

DÉFINITION DU RISQUE

RISQUE FAIBLE OU RISQUE PROBABLE

### • RISQUE FAIBLE :

- La surveillance sera assurée par une détection périmétrique totale.
- Toutes les issues (portes et fenêtres) comprendront une détection d'ouverture et une détection de choc ou un détecteur intérieur.

### • RISQUE PROBABLE :

- La surveillance sera assurée par la combinaison d'une détection périmétrique et d'une détection volumétrique des zones sensibles et voies de passage obligé.

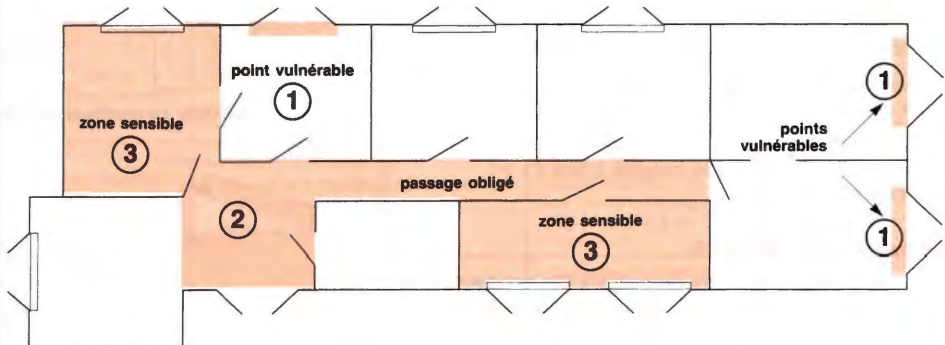
### - Exemple d'application

- L'exemple montre le scénario possible des accès possibles <sup>(1)</sup>, les chemins probables et les passages obligés <sup>(2)</sup> ainsi que les zones sensibles <sup>(3)</sup> contenant les valeurs à protéger.

① → Accès possibles → détection périmétrique

② → Passage obligé → détection volumétrique

③ → Zone sensible → détections périmétrique et volumétrique combinées



Scénario d'intrusion dans un bâtiment pour l'analyse du risque.

## 10.9.2. LA DÉTECTION ANTI-INTRUSION

### • Détection volumétrique

Cette protection a pour but de détecter tout mouvement dans le volume sous surveillance. Elle ne protège ni les portes, ni les fenêtres mais le volume intérieur et les voies d'accès obligé.

Les détecteurs sont du type infra-rouge passif, ultrasons ou hyperfréquence.

### • Choix des détecteurs volumétriques :

Environnement	Comportement des différents détecteurs		
	Infra-rouge passif	Ultrasons	Hyperfréquence
Vibration du support ou d'éléments dans le champ	effet limité	déconseillé	déconseillé
Courant et turbulence d'air	emplacement à choisir avec soin	emplacement à choisir avec soin	aucun effet
Variation brusque de la température (chauffage à air pulsé).	déconseillé	aucun effet	aucun effet
Détection à travers les cloisons	impossible	impossible	possible suiv. épaisseur et matériaux
Eau en mouvement dans canalisation plastique	aucun effet	aucun effet	déconseillé
Soleil à travers les vitres	emplacement à choisir avec soin	aucun effet	aucun effet
Présence d'animaux domestiques	déconseillé	déconseillé	déconseillé



Détection volumétrique.



Détection périmétrique



Zones de protection

### • Zones de protection :

À définir en fonction des activités acceptées sur les lieux protégés.

#### Exemple :

Zone (p) permettant au gardien de faire sa ronde de nuit.

Zone (v) permettant l'entretien du local.

### • Détection périmétrique :

Cette protection constitue une barrière cernant le lieu à protéger.

Les détecteurs sont du type contact, choc piézo-électrique ou choc à masselotte et magnétique.

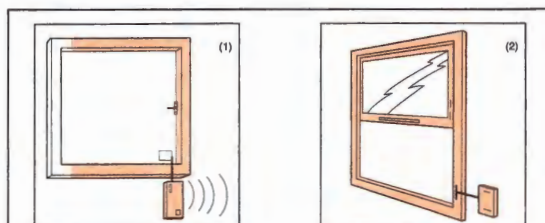
### • Localisation des détecteurs périmétriques.

- Les détecteurs magnétiques de porte <sup>(3)</sup> ne peuvent pas être installés sur des châssis métalliques.
- Les détecteurs de choc piézoélectrique <sup>(1)</sup> ou à masselotte <sup>(2)</sup> doivent être installés à plus d'1 cm du châssis d'une vitre.

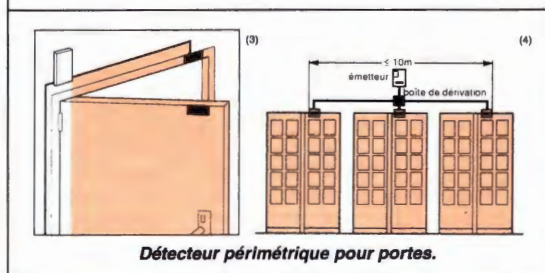
### • Émetteur radio BATIBUS.

Les détecteurs peuvent être raccordés à des émetteurs universels sur des boucles de longueur limitée avec au plus cinq éléments.

Exemple : <sup>(4)</sup> ci-contre.



Détecteur périmétrique pour fenêtre.



Détecteur périmétrique pour portes.

### 10.9.3. CHOIX DES PRODUITS ASSURANT L'ANTI-INTRUSION (D'après LEGRAND)

MATÉRIELS	TECHNOLOGIE	CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES	MISE EN ŒUVRE	EXTENSION
CENTRALE	Alarme intrusion multifilaire	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Multidétection</li> <li>- Alimentation : 230 V 50 Hz secourue</li> <li>- Boucles de détection : <math>\leq 6</math></li> <li>- Boucles d'autosurveillance : <math>\leq 7</math></li> <li>- Consommation en veille : de 80 à 510 mA <sup>(1)</sup></li> <li>- Autonomie : 12 à 36 h <sup>(1)</sup> suivant batteries</li> <li>- Système agréé NF et A2P type 1</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Programmation manuelle</li> <li>- Configuration des boucles</li> <li>- Indication des informations</li> <li>- Pour locaux neufs ou en réhabilitation</li> <li>- Autoprotégée à l'ouverture</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sirène intégrée</li> <li>- Transmetteur vocal</li> <li>- Transmetteur spécial surveillance</li> <li>- Transmetteur avec sirène intégrée</li> </ul>
	Alarme intrusion unifilaire (type Sagane)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alimentation modulaire : 24,5 V CC 0,4 A secourue</li> <li>- Zones : <math>\leq 5</math></li> <li>- Nombre de détecteurs pour une alimentation modulaire : <math>\leq 10</math></li> <li>- Autonomie : 24 h. <sup>(1)</sup></li> <li>- Raccordement des éléments en série par câble monoconducteur 6/10</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Programmation par cavaliers suivant batteries</li> <li>- Configuration en zones</li> <li>- Pour locaux neufs ou en réhabilitation</li> <li>- Autoprotégée à l'ouverture et à l'arrachement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Télécommande infrarouge</li> <li>- Transmetteur vocal</li> </ul>
	Alarme intrusion radio	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Multidétection</li> <li>- Alimentation par batteries</li> <li>- Autonomie : 2 ans</li> <li>- Zones : <math>\leq 5</math></li> <li>- Transmission radio FM haute sécurité</li> <li>- Système agréé par les assurances</li> <li>- Sirène intégrée 100 db</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Codage par apprentissage</li> <li>- Centralise et gère les informations transmises par les détecteurs</li> <li>- Pour locaux existants</li> <li>- Autoprotégée à l'ouverture et à l'arrachement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Télécommande infrarouge</li> <li>- Transmetteur vocal</li> </ul>
TRANSMETTEUR	Transmetteur vocal	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 4 entrées</li> <li>- 4 numéros de téléphone</li> <li>- 4 messages</li> <li>- Alimentation : 12 V filtrés et stabilisés</li> <li>- Système agréé NF et A2P type 1</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aide vocale à la programmation</li> <li>- Raccordement prioritaire sur l'arrivée téléphonique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alarme technique associée ou non à des détecteurs techniques</li> </ul>
	Transmetteur spécial télésurveillance	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alimentation : batteries 12 V, 1,2 Ah</li> <li>- Formule "liberté" surveillance : 24 h/24 ; 7j/7 ; 4 semaines/an</li> <li>- Formule "tranquillité" 24 h/24 ; 7j/7 ; 365 j/an</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Programmation et câblage en liaison avec le centre de télésurveillance</li> </ul>	
COMMANDE	Commande filaire	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Clavier à code secret agréé NF et A2P type 1</li> <li>- Interrupteur à clé électronique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 codes possibles</li> <li>- Installation en intérieur (IP 40 - IK 07)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Clé supplémentaire pour interrupteur</li> </ul>
	Commande radio	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Commande à distance</li> <li>- Clavier à code secret</li> <li>- Émetteur télécommande porte-clé</li> <li>- Alimentation par piles alcalines</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Clavier à code à 4 chiffres (IP 40 - IK 07)</li> <li>- Configuration à distance</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Récepteur radio avec relais incorporé 8 A 230 V.</li> </ul>
	Commande infrarouge	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Commande à distance</li> <li>- Alimentation par piles alcalines</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Configuration à distance</li> </ul>	
AVERTISSEUR	Sirène intérieure	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 113 dbA à 1 m (+/- 2 dbA)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Non autoalimentée</li> </ul>	
	Sirène intérieure/extérieure	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agréée NF et A2P type 1</li> <li>- 113 dbA à 1 m (+/- 2 dbA)</li> <li>- Alimentation : batteries 12 V, 1,2 Ah</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Autoalimentée</li> <li>- IP 43 - IK 08</li> </ul>	
	Sirène extérieure avec flash	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agréée NF et A2P type 1</li> <li>- 110 db à 1 m (+/- 2 db)</li> <li>- Alimentation : batteries 12 V, 1,2 Ah</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Autoalimentée</li> <li>- IP 43 - IK 08</li> <li>- Cycle d'alarme : 3, 5, 8 ou 10 min en intérieur ; 30, 60 ou 90 s en extérieur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Durée du flash : 5 min</li> </ul>
SAUVEGARDE	<sup>(1)</sup> Batteries	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 12 V, 1,2 Ah</li> <li>- Autonomie 12 h pour 170 mA et 24 h pour 510 mA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Centrales multidétection</li> <li>- Centrales 6 boucles</li> </ul>	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 12 V, 7 Ah</li> <li>- Autonomie 36 h pour 80 mA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sirène, transmetteur</li> <li>- Centrales 3 boucles</li> </ul>	
DÉTECTEUR	§ 10.10.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Volumétrique ou périmétrique</li> </ul>		

# 10.10. DÉTECTION, COMMANDE ET TRANSMISSION

APTITUDES →  ↓ TYPE	DÉTECTION				DOMAINE		TRANSMISSION			POSE									
	Automatique	Volumétrique	Périmétrique	Manuelle	Incendie	Anti-intrusion	Surveillance technique	Contact sec	Analogique	Ondes radio	En saillie	Encastré	Portatif	En feuillure	Sur portes	Sur fenêtres	Sur volets	Dans un volume	Autoprotection
Détecteur ionique	•				•			•		•								•	
Détecteur thermique	•				•			•		•								•	
Détecteur optique	•				•	•		•		•								•	
Détecteur UV	•				•	•		•		•								•	
Détecteur gaz	•				•	•		•		•								•	
Détecteur d'inondation	•					•		•			•							•	
Détecteur de température intérieure	•					•	•	•			•								
Détecteur de température extérieure	•					•		•			•								
Capteur de température de dalle	•					•		•			•	•							
Thermostat	•					•	•	•			•	•						•	
Interrupteur à clé				•	•			•		•	•							•	•
Télécommande 2 touches				•	•	•			•			•							
Médillon radio				•	•	•			•			•							
Boîtier de commande à clavier mural				•	•			•		•	•	•							•
Boîtier de commande à clé				•	•			•		•	•							•	•
Transmetteur vocal	•			•	•			•		•								•	•
Transmetteur de télésurveillance	•			•	•			•		•								•	•
Détecteur magnétique sans fil		•			•	•	•	•		•				•	•	•		•	•
Détecteur magnétique câblé		•			•	•	•	•		•				•	•	•		•	•
Détecteur magnétique à encastrer		•			•			•		•				•	•	•		•	•
Contact de feuillure		•			•			•			•		•		•			•	•
Contact magnétique		•			•	•	•	•		•				•	•	•		•	•
Détecteur de choc à masselotte		•			•			•		•				•	•			•	•
Détecteur de choc piezoélectrique		•			•			•		•				•	•			•	•
Contact de passage (sol)		•			•	•	•	•			•			•					•
Détecteur d'infrarouge passif		•			•	•	•	•		•								•	•
Détecteur hyperfréquence		•			•	•	•	•		•								•	•
Barrière infrarouge		•	•		•	•	•	•		•				•				•	•
Radar ultrasonique		•			•			•		•								•	•

ÉLÉMENTS DÉTECTÉS								CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES PRINCIPALES ET INSTALLATION									
Aérosol gaz	Fumée blanche	Chaleur ou température	Flamme	Bris de glace	Vibrations	Fuite d'eau	Déplacements	Hauteur d'installation maximale (m)	Surface protégée maximale (m <sup>2</sup> )	Distance maximale entre deux déclencheurs (m)	Distance maximale entre deux déclencheurs dans un couloir (m) æ	Distance maximale entre cloison et déclencheur (m)	Alimentation (V)	Consommation en veille (mA)	Consommation en alarme (mA)	Température maximale °C	Caractéristiques spécifiques ou utilisation
•								12	90	12	25	6	12 à 20	0,04	9	50	Détecte les débuts d'incendie
	•	•						6	30	6	6	3	12 à 20	0,04	9	65	Détecte en 1 min un Δt de 5 à 10 °C
•	•							12	90	12	25	6	12 à 20	0,04 0,2	9 60	70	Détecte les feux couvants
			•					25	440	-	-	-	12 à 20	-	-	70	Angle de détection 120°
•								8	40				8 à 15	160	200	-	Détecte les fuites du gaz de ville (méthane)
						•		-	-	-	-	-	10 à 15	0,01 0,2	1,5 60	-	En boîtier étanche
		•						1,5	-	-	-	-	10 à 15	0,05 à 2	60 à 1 000	+ 5 à + 35	Δt déclenchement - 6 °C Δt réencienchement - 15 °C
		•						-	-	-	-	-	-	2	-	- 40 à + 60	En boîtier étanche à placer au NORD
		•						-	-	-	-	-	-	2	-	+ 5 à + 35	Noyé dans la dalle
		•						1,5	-	-	-	-	-	2	-	+ 5 à + 35	Pour ambiance intérieure
								1,2	-	-	-	-	12	5	-	-	Commande de fonction
								-	-	-	-	-	Pile 6V	-	15	-	Commande de centrale M/A
								-	-	-	-	-	Pile 6V	-	15	-	Prévention en cas de malaise ou en cas d'agression
								1,2	-	-	-	-	Pile 6V 10 à 15	0,02	15	-	Contact 1A 12 V CC
								1,2	-	-	-	-	-	-	-	-	Contact 1A 12 V CC
								2,5	-	-	-	-	12	1	-	+ 5 à + 35	Transmission vocale à un numéro enregistré.
								2,5	-	-	-	-	12	33	-	+ 5 à + 35	Transmission à un centre de télésurveillance
			•					-	-	-	-	-	-	-	-	-	Distance maximum 15 mm
			•					-	-	-	-	-	-	-	-	-	Distance du 8 à 21 mm
			•					-	-	-	-	-	-	-	-	-	Distance de 8 à 13 mm
			•					-	-	-	-	-	-	-	-	-	1 contact NF
			•					-	-	-	-	-	-	-	-	-	Distance maximum 20 mm
			•	•	•			-	-	-	-	-	-	2	-	-	1 contact NT 100 gr de pression
			•	•				-	-	-	-	-	-	2	-	-	Fixation par codage
			•				•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Distance maximum : 30 mm
							•	2	12 m à 90°	-	-	-	9 à 15	0,02	5 à 15	50	Volume ovoïde composé de 20 à 50 faisceaux
		•					•	4	30 m à 180°	-	-	-	9 à 15	-	5	50	Fréquence 2,45 GHz
							•	1	-	120	-	-	12 à 30	50	-	66	Composé d'un émetteur et d'un récepteur
							•	3	Portée 9 x 7,5	-	-	12	12	23	-	50	Fréquence de 19 à 39 kHz

## 10.11. ALIMENTATIONS SECOURUES - FILTRES ET CONDITIONNEUR


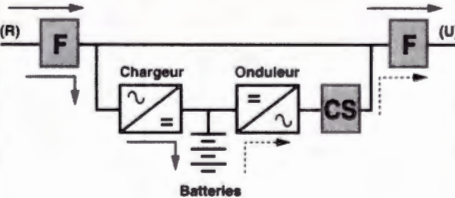

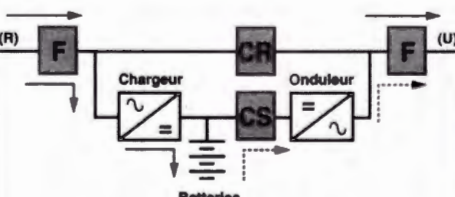

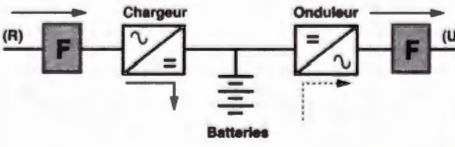
CRITÈRES DE CHOIX →	DOMAINE			UTILISATIONS								CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES	
	Domestique. Petit tertiaire ↓	Tertiaire. Grand habitat	Industriel	Micro-informatique	Mini-informatique	Éclairage de secours	Centrales de contrôle	Équipements sensibles	Dispositifs de sécurité	Automatismes et processus industriels	Télécommunications	Appareils médicaux	
<b>PRISE - FILTRE</b>	•	•		•									<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puissance de 0 à 1 000 VA</li> <li>• 4 A par sortie</li> <li>• 4 prises 2 + T normalisées</li> <li>• En sortie</li> <li>• Pas d'autonomie</li> <li>• Utilisation monoposte</li> </ul>
<b>CONDITIONNEUR DE RÉSEAU MONOPOSTE</b>	•	•		•									<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puissance de 0 à 1 000 VA</li> <li>• Prises 2 + T normalisées en sortie</li> <li>• 220/240 V (<math>\pm 15\%</math>)</li> <li>• Pas d'autonomie</li> <li>• Utilisation monoposte</li> </ul>
<b>CONDITIONNEUR DE RÉSEAU MULTIPOSE</b>		•	•	•	•								<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puissance de 0 à 2 500 VA</li> <li>• 220/240 V (+ 22% - 16%)</li> <li>• Intensité admissible : 11,4 A maximum</li> <li>• Pas d'autonomie</li> <li>• Utilisation multiposte</li> </ul>
<b>ONDULEUR TYPE B</b>		•	•		•	•	•					•	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puissance de 0 à 4 000 VA</li> <li>• Sortie : 220 V (<math>\pm 5\%</math>) 50 Hz</li> <li>• Alimentation : 230 V <math>\pm 10\%</math></li> <li>• Télécommandable</li> <li>• Autonomie : 1 h</li> </ul>
<b>ONDULEUR INTÉGRÉ</b>	•	•	•	•									<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puissance de 0 à 1 000 VA</li> <li>• 220 ou 240 V (<math>\pm 10\%</math>)</li> <li>• Sortie 230 V 50 Hz</li> <li>• Puissance secourue <math>P_n/2</math></li> <li>• Autonomie 10 min</li> <li>• Utilisation monoposte</li> </ul>
<b>ONDULEUR INTÉGRÉ</b>	•			•									<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puissance de 0 à 1 000 VA</li> <li>• 230 V (<math>\pm 5\%</math>)</li> <li>• Autonomie : 10 min</li> <li>• Utilisation monoposte</li> <li>• 4 prises 2 + T normalisées</li> </ul>
<b>ALIMENTATION DE SECOURS</b>		•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puissance de 0 à 4 000 VA à <math>\cos \varphi = 0,8</math></li> <li>• Intensité nominale : 4,6 A maximum</li> <li>• 230 V (<math>\pm 10\%</math>)</li> <li>• Sortie 230 V 50 Hz</li> <li>• Autonomie : 10 min</li> <li>• Temps de commutation : 4 ms</li> <li>• Entrée et sortie monophasées</li> </ul>

TYPE DE PÉRTURBATIONS							RÈGLES PRINCIPALES D'INSTALLATION	SCHÉMAS FONCTIONNELS
Parasites sur le réseau	Pics de tension	Variation de tension	Micro-coupures	Coupures	Manque d'isolement	Variations de fréquence	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Raccordements</li> <li>- Protection</li> <li>- Mise en œuvre...</li> </ul>	- Blocs fonctionnels
•	•						<ul style="list-style-type: none"> <li>• Raccordement par prise de courant 2 + T 16 A normalisée.</li> <li>• Fusibles de protection</li> </ul>	<p>(1) RFI : rayonnement radio-électrique (2) EMI : rayonnement électro-magnétique</p>
•		•			•		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Raccordement par prise de courant 2 + T 16 A normalisée</li> <li>• Fusibles de protection</li> </ul>	<p>(1) RFI : rayonnement radio-électrique</p>
•		•			•		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Raccordement par prise de courant ou par bornier.</li> <li>• Disjoncteurs et fusibles de protection</li> </ul>	
	•		•	•	•	•	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Raccordement par bornier</li> <li>• Télésignalisation et report à alarme sur centrale technique</li> <li>• 2 départs (ambiance et évacuation par exemple)</li> </ul>	
•		•	•	•		•	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Raccordement par prise de courant 2 + T 16 A normalisée</li> <li>• Signalisation des états</li> <li>• Protection par fusibles</li> </ul>	
•		•	•	•			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Raccordement par prise de courant 2 + T 16 A normalisée</li> <li>• Signalisation des états</li> <li>• Protection par fusibles</li> </ul>	
•	•		•	•			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Raccordement par prise de courant 2 + T 16 A normalisée</li> <li>• Signalisation des états</li> <li>• Alarme sur coupure réseau</li> <li>• Protection électronique</li> <li>• Mettre en charge les batteries pendant 24 h avant la première utilisation ou après un arrêt prolongé (important).</li> <li>• Fonctionnement de 0 à 40 °C</li> </ul>	

# ALIMENTATIONS SECOURUES (GUIDE DE CHOIX)

CRITÈRES DE CHOIX ↓ TYPE DE MATÉRIEL ↓	DOMAINE			UTILISATIONS								CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES	
	Domestique. Petit ter- tiaire	Tertiaire. Grand habitat	Industriel	Micro-informatique	Mini-informatique	Éclairage de secours	Centrales de contrôle	Équipements sensibles	Dispositifs de sécurité	Automatismes et processus industriels	Télécommunications	Appareils médicaux	– Puissance – Intensité nominale – Autonomie...
<b>ONDULEUR INDUSTRIEL</b>		•	•		•		•		•	•	•		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puissance de 0 à 3 000 VA</li> <li>• 220 à 240 V (+ 10 % – 15 %)</li> <li>• Autonomie maximum : 30 min</li> <li>• Utilisation multiposte</li> <li>• Entrée et sortie monophasées</li> </ul>
<b>ALIMENTATION STATIQUE SANS COUPURE</b>			•		•	•	•		•	•	•		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puissance de 0 à 5 000 VA à <math>\cos \varphi = 0,8</math></li> <li>• Intensité nominale : 22 A maxi</li> <li>• Entrée monophasé ou triphasée : 230 ou 400 V (<math>\pm 10\%</math>) 47,5 à 63 Hz</li> <li>• Sortie monophasé 230 V 50 Hz ou 60 Hz</li> <li>• Autonomie : jusqu'à 30 min</li> </ul>
<b>ALIMENTATION STATIQUE SANS COUPURE AVEC BY PASS MANUEL</b>			•		•	•	•		•	•	•		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puissance de 0 à 80 kVA à <math>\cos \varphi = 0,8</math></li> <li>• Intensité nominale : 120 A maximum</li> <li>• Entrée triphasée : 400 V (+ 10 – 15 %) 50 Hz (<math>\pm 5\%</math>)</li> <li>• Sortie mono ou triphasée 230-400 V (<math>\pm 1\%</math>) 50 Hz (<math>\pm 0,05\%</math>)</li> <li>• Autonomie : jusqu'à 60 min.</li> </ul>
<b>ALIMENTATION DYNAMIQUE SANS COUPURE</b>			•		•				•	•	•		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puissance de 20 à 300 kVA à <math>\cos \varphi = 0,8</math></li> <li>• Entrée triphasée : 208-220-240-380-415-440-480 V 50 Hz</li> <li>• Sortie triphasée : 208-220-240-380-480 V 50 Hz</li> <li>• Autonomie : 30 min</li> </ul>
<b>ARMOIRE D'ÉNERGIE TYPE B et C (SOURCE CENTRALISÉE)</b>		•	•			•	•						<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puissance de 0 à 1 600 W</li> <li>• Entrée : 230 V (+ 5 % – 14 %)</li> <li>• Sortie : 24-48-110-220 V CC</li> <li>• Capacité : jusqu'à 110 Ah</li> <li>• Autonomie : 1 heure</li> </ul>
<b>COFFRET D'ÉNERGIE (PERMANENT)</b>	•	•	•			•	•						<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puissance de 0 à 560 W</li> <li>• Entrée : 230 V 50 Hz</li> <li>• Sortie : 6-12-27-48 V CC</li> <li>• Capacité : jusqu'à 14 Ah</li> <li>• Autonomie = 1 heure</li> </ul>

TYPE DE PERTURBATIONS								RÈGLES PRINCIPALES D'INSTALLATION	SCHÉMAS FONCTIONNELS
Parasites sur le réseau	Pics de tension	Variation de tension	Micro-coupages	Coupages	Manque d'isolement	Variations de fréquence	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Raccordements</li> <li>- Protection</li> <li>- Mise en œuvre...</li> </ul>	- Blocs fonctionnels	
•	•	•	•	•	•	•	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Raccordement par prise 2 + T normalisée</li> <li>• Protection par disjoncteur</li> <li>• Signalisation des états</li> <li>• Alerte sur coupure du réseau</li> <li>• Informations par contacts</li> </ul>	<p>réseau → redresseur chargé → utilisation</p> <p>batterie</p>	
•	•	•	•	•	•	•	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Raccordements par bornier</li> <li>• Télésignalisation à distance</li> <li>• Signalisation et alarme défauts</li> <li>• Température de fonctionnement de 0 à 40 °C</li> </ul>	<p>Alimentation secteur → Transformateur → Chargeur → Batterie</p> <p>Redresseur → Onduleur → utilisation</p>	
•	•	•	•	•	•	•	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Raccordement par câbles et bornier</li> <li>• Gestion par microprocesseur</li> <li>• Affichage digital</li> <li>• Protection</li> <li>• Température de fonctionnement de 0 à 40 °C</li> </ul>	<p>Alimentation secteur → Réseau secours → Redresseur → Batterie</p> <p>Redresseur → Onduleur → utilisation</p> <p>Commutateur statique</p> <p>By pass manuel détour</p>	
•	•	•	•	•	•	•	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Distribution d'un réseau secouru</li> <li>• Neutre sorti ou non sorti</li> <li>• Protection par disjoncteur</li> <li>• Altitude : 0 à 2 000 m</li> <li>• Température : 0 à 40 °C</li> </ul>	<p>Alimentation secteur → Redresseur chargé → Batterie</p> <p>M → Volant d'inertie → G → utilisation</p>	
				•			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pour éclairage permanent</li> <li>• Signalisation défaut</li> </ul>	<p>Réseau → Chargeur → utilisation</p> <p>Batterie</p>	
				•			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Type permanent pour alimentation permanente</li> <li>• Visualisation secteur absent</li> <li>• Utilisé pour la sécurité des personnes et des biens</li> </ul>	<p><b>Coffret standard</b></p> <p>Secteur présent</p> <p>Secteur absent</p> <p><b>Coffret permanent</b></p> <p>Secteur présent</p> <p>Secteur absent</p>	

TECHNOLOGIE	TYPE ET FORME	FONCTIONNEMENT	SCHÉMAS FONCTIONNELS	APPLICATIONS																																																							
<b>PROTECTION PAR TECHNOLOGIE OFF LINE</b> (Passive Stand By)	<b>ONDULEUR PULSAR</b> Protection des PC individuels (Type EL) 	Le PC est alimenté par le secteur EDF sans conversion d'énergie lorsqu'il est présent. Le plus souvent, le courant est filtré pour atténuer les parasites les plus communs. En cas de coupure du secteur, l'appareil bascule sur des batteries. $P \leq 750 \text{ VA}$ . $U_{\text{entrée}} : 184 \text{ à } 264 \text{ V}$ . $U_{\text{sortie}} : 230/240 \text{ V } 50/60 \text{ Hz}$ . Autonomie $\leq 40 \text{ min}$ pour un PC. Temps de commutation : 4 ms.		<ul style="list-style-type: none"> <li>UTILISATION :</li> <li>Modem :</li> <li>Fax :</li> <li>PC bureautique :</li> <li>PC multimédia :</li> <li>PC + jet d'encre :</li> <li>Petit serveur :</li> </ul> <table border="1" data-bbox="1428 425 1683 486"> <tr> <th>PUISSANCE (VA)</th> <td>25</td><td>50</td><td>100</td><td>150</td><td>200</td><td>250</td><td>300</td><td>400</td><td>550</td><td>750</td> </tr> <tr> <td>EL2 protection (min)</td> <td>40</td><td>20</td><td>10</td><td>5</td><td>4</td><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>EL4 protection (min)</td> <td>180</td><td>90</td><td>34</td><td>23</td><td>18</td><td>13</td><td>9</td><td>5</td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>EL7 protection (min)</td> <td>380</td><td>180</td><td>70</td><td>44</td><td>34</td><td>26</td><td>21</td><td>15</td><td>10</td><td>6</td> </tr> </table> <p>Un PC bureautique est protégé 5 min avec une alimentation sans interruption EL2 et 44 min avec une EL7.</p>	PUISSANCE (VA)	25	50	100	150	200	250	300	400	550	750	EL2 protection (min)	40	20	10	5	4	3					EL4 protection (min)	180	90	34	23	18	13	9	5			EL7 protection (min)	380	180	70	44	34	26	21	15	10	6											
PUISSANCE (VA)	25	50	100	150	200	250	300	400	550	750																																																	
EL2 protection (min)	40	20	10	5	4	3																																																					
EL4 protection (min)	180	90	34	23	18	13	9	5																																																			
EL7 protection (min)	380	180	70	44	34	26	21	15	10	6																																																	
<b>PROTECTION PAR TECHNOLOGIE LINE INTERACTIVE</b> (Active Stand By)	<b>ONDULEUR PULSAR</b> Protection des PC pour PME/PMI (Type SX) 	L'appareil est entièrement géré par un microprocesseur qui scrute la qualité du réseau électrique et réagit aux variations de celui-ci. La partie "Active" ou "Interactive" de l'appareil permet d'ajuster la fenêtre de la tension d'entrée entre deux valeurs. Le reste du fonctionnement est identique à <b>Off Line</b> . $P \leq 1\ 080 \text{ VA}$ . $U_{\text{entrée}} : 170 \text{ à } 276 \text{ V}$ . $U_{\text{sortie}} : 230/240 \text{ V } 50/60 \text{ Hz}$ . Autonomie de 5 à 320 min suivant la charge utilisée en sortie. Temps de commutation : 4 ms.		<ul style="list-style-type: none"> <li>UTILISATION :</li> <li>PC Windows 95/98 :</li> <li>PC Windows 2000 et+ :</li> <li>PC + jet d'encre :</li> <li>Petit serveur :</li> <li>Station de travail :</li> <li>Serveur de fichiers :</li> <li>Serveur Internet :</li> <li>Deux serveurs :</li> </ul> <table border="1" data-bbox="1428 733 1683 806"> <tr> <th>PUISSANCE (VA)</th> <td>80</td><td>100</td><td>200</td><td>250</td><td>350</td><td>400</td><td>550</td><td>650</td><td>850</td><td>1080</td> </tr> <tr> <td>ES2 protection (min)</td> <td>20</td><td>10</td><td>4</td><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>ES5 protection (min)</td> <td>90</td><td>34</td><td>18</td><td>13</td><td>7</td><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>ES8 protection (min)</td> <td>180</td><td>70</td><td>34</td><td>26</td><td>18</td><td>15</td><td>10</td><td>8</td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>ES11 protection (min)</td> <td>320</td><td>125</td><td>54</td><td>43</td><td>29</td><td>24</td><td>18</td><td>12</td><td>6</td><td>5</td> </tr> </table> <p>Un PC Windows 98 multimédia est protégé 4 min avec une alimentation sans interruption ES2 ; 18 min avec une ES5 ; 34 min avec une ES8 et 54 min avec une ES11.</p>	PUISSANCE (VA)	80	100	200	250	350	400	550	650	850	1080	ES2 protection (min)	20	10	4	3							ES5 protection (min)	90	34	18	13	7	5					ES8 protection (min)	180	70	34	26	18	15	10	8			ES11 protection (min)	320	125	54	43	29	24	18	12	6	5
PUISSANCE (VA)	80	100	200	250	350	400	550	650	850	1080																																																	
ES2 protection (min)	20	10	4	3																																																							
ES5 protection (min)	90	34	18	13	7	5																																																					
ES8 protection (min)	180	70	34	26	18	15	10	8																																																			
ES11 protection (min)	320	125	54	43	29	24	18	12	6	5																																																	
<b>PROTECTION PAR TECHNOLOGIE ON LINE</b> (Continuous Opération)	<b>ONDULEUR PULSAR</b> Protection des réseaux (Type EX) 	L'appareil <b>On Line</b> délivre un courant entièrement régénéré, ce qui garantit une qualité constante quelles que soient les perturbations du secteur. Les batteries ne sont sollicitées qu'en cas de coupure du secteur. $P \leq 4 \text{ kVA}$ . $U_{\text{entrée}} : 84 \text{ à } 264 \text{ V}$ . $U_{\text{sortie}} : 200 \text{ à } 240 \text{ V } 50/60 \text{ Hz}$ . Autonomie de 6 à 240 min suivant la charge utilisée en sortie. Temps de commutation : 4 ms. Facteur de courant de crête $\leq 3,3$ . Courant de court-circuit $\leq 4 I_n$ .		<ul style="list-style-type: none"> <li>UTILISATION :</li> <li>Routeur :</li> <li>PABX 100 lignes :</li> <li>Station de travail Unix :</li> <li>Serveur :</li> <li>Serveur Internet :</li> <li>Commutateur :</li> <li>32 ports :</li> <li>Mini ordinateur :</li> </ul> <table border="1" data-bbox="1428 1078 1683 1151"> <tr> <th>PUISSANCE (VA)</th> <td>100</td><td>200</td><td>300</td><td>400</td><td>500</td><td>600</td><td>700</td><td>800</td><td>900</td><td>1000</td> </tr> <tr> <td>EX7 protection (min)</td> <td>68</td><td>38</td><td>23</td><td>17</td><td>13</td><td>10</td><td>8</td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>EX10 protection (min)</td> <td>90</td><td>63</td><td>43</td><td>30</td><td>23</td><td>17</td><td>15</td><td>13</td><td>10</td><td>9</td> </tr> <tr> <td>EX10 (1) prot. (min)</td> <td>240</td><td>165</td><td>110</td><td>85</td><td>70</td><td>60</td><td>53</td><td>45</td><td>38</td><td></td> </tr> <tr> <td>EX10 (2) prot. (min)</td> <td></td><td></td><td>240</td><td>165</td><td>140</td><td>115</td><td>98</td><td>80</td><td>60</td><td></td> </tr> </table> <p>(1) : avec module supplémentaire EXB10. (2) : avec deux modules supplémentaires EXB10.</p>	PUISSANCE (VA)	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	EX7 protection (min)	68	38	23	17	13	10	8				EX10 protection (min)	90	63	43	30	23	17	15	13	10	9	EX10 (1) prot. (min)	240	165	110	85	70	60	53	45	38		EX10 (2) prot. (min)			240	165	140	115	98	80	60	
PUISSANCE (VA)	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000																																																	
EX7 protection (min)	68	38	23	17	13	10	8																																																				
EX10 protection (min)	90	63	43	30	23	17	15	13	10	9																																																	
EX10 (1) prot. (min)	240	165	110	85	70	60	53	45	38																																																		
EX10 (2) prot. (min)			240	165	140	115	98	80	60																																																		

# 11. LES MOTEURS ÉLECTRIQUES

## 11.1. LES MOTEURS ASYNCHRONES

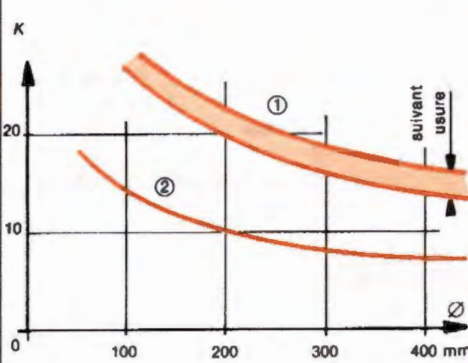
### 11.1.1. DÉMARCHE DE DÉTERMINATION D'UN MOTEUR ASYNCHRONE

DÉMARCHÉ	ÉLÉMENTS À PRENDRE EN COMPTE	GUIDE §
MACHINE ENTRAÎNÉE	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Moment d'inertie : <math>J</math>.</li> <li>- Puissance d'entraînement : <math>P_e</math></li> <li>- Couple résistant suivant le type de machine : <math>M_r</math>.</li> <li>- Type de service : S.</li> <li>- Facteur de marche : <math>k_m</math>.</li> <li>- Fréquence de rotation : <math>n</math>.</li> <li>- Forme de fixation : B ou V.</li> </ul>	11.1.2.1. 11.1.2.2. 11.1.2.3. 11.1.2.4. 11.1.2.5. 11.1.2.6. 11.1.2.7.
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Température de fonctionnement : correcteur <math>k_t</math>.</li> <li>- Altitude de fonctionnement : correcteur <math>k_a</math>.</li> <li>- Classe des isolants.</li> <li>- Niveau sonore.</li> <li>- Volume du local de fonctionnement.</li> </ul>	11.1.3.1. 11.1.3.1. 11.1.3.2. 11.1.3.3. 11.1.3.4.
CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tensions de fonctionnement : <math>U</math>.</li> <li>- Variations de tension : <math>U'/U</math>.</li> <li>- Chute de tension en ligne : <math>u</math>.</li> <li>- Pointes de courant admissibles : <math>I_p</math></li> </ul>	11.1.4.1. 11.1.4.2. 11.1.4.3. 11.1.4.4.
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Correction suivant la fréquence de rotation.</li> <li>- Puissances normalisées des moteurs : <math>P_n</math>.</li> <li>- Couples Courants-Hauteurs d'axe.</li> <li>- Transformation de la puissance en couple.</li> </ul>	11.1.5.1. 11.1.5.2. 11.1.5.3. 11.1.5.4.
CONDITIONS DE DÉMARRAGE	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pointes de courant au démarrage : <math>I_d, I'_d</math></li> <li>- Couples moteurs : <math>M_d, M'_d, M_n</math>.</li> <li>- Couples résistants : <math>M_r, M'_r</math></li> <li>- Couple accélérateur : <math>M_a</math>.</li> <li>- Temps de démarrage, <math>t_d</math> et de freinage, <math>t_f</math>.</li> </ul>	11.1.6.1. 11.1.6.2. 11.1.6.3. 11.1.6.4. 11.1.6.5.
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Choix du démarreur suivant la machine entraînée.</li> <li>- Comparaison des modes de démarrage.</li> <li>- Critères économiques.</li> <li>- Démarrage et freinage des moteurs asynchrones (hors convertisseurs statiques).</li> <li>- Détermination des démarreurs (calculs approchés)</li> </ul>	11.1.7.1. 11.1.7.2. 11.1.7.3. 11.1.8. 11.1.9.
FONCTIONNEMENT EN SERVICE INTERMITTENT	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Puissance efficace en régime intermittent.</li> <li>- Classe de démarrage : <math>N_d</math>.</li> <li>- Facteur de démarrage : <math>k_d</math></li> <li>- Abaques de résolution pour moteurs à cage fonctionnant en service intermittent.</li> <li>- Moteurs freins fonctionnant en service intermittent.</li> <li>- Moteurs à bagues fonctionnant en service intermittent.</li> </ul>	11.1.11.1. 11.1.11.2. 11.1.11.3. 11.1.11.5. 11.1.11.6. 11.1.11.7.
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Guide de choix des moteurs monophasés.</li> <li>- Caractéristiques des moteurs monophasés.</li> <li>- Guide de choix des moteurs triphasés.</li> <li>- Caractéristiques des moteurs triphasés à cage.</li> <li>- Caractéristiques des moteurs freins triphasés.</li> <li>- Caractéristiques des moteurs à bagues.</li> </ul>	11.1.12.1. 11.1.12.3. 11.1.12.2. 11.1.12.4. 11.1.12.5. 11.1.12.6.
CHOIX DU MOTEUR	EXEMPLE	11.1.13.

## 11.1.2. MACHINE ENTRAÎNÉE

	SYSTÈMES	FORMES	RELATIONS	UNITÉS
<b>11.1.2.1.</b> <b>MOMENT</b> <b>D'INERTIE :</b> <b>J</b>	<b>A</b> ROUE ET VIS SANS FIN		$J = J_v + \frac{1}{k_r^2} J_p$ (ramenée à la vis)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>J_v</math> : inertie en <math>\text{kgm}^2</math> de la vis considérée comme un cylindre de diamètre primitif. (Voir D.)</li> <li>- <math>J_p</math> : inertie en <math>\text{kgm}^2</math> de la roue considérée comme un cylindre de diamètre primitif. (Voir D.)</li> <li>- <math>k_r</math> : rapport de réduction.</li> </ul>
	<b>B</b> CRÉMAILLÈRE		$J = mr^2 = \frac{m_p r^2}{2}$ (ramenée au pignon)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>J</math> : inertie en <math>\text{kgm}^2</math>.</li> <li>- <math>m</math> : masse à translater en kg.</li> <li>- <math>m_p</math> : masse du pignon en kg.</li> <li>- <math>r</math> : rayon primitif du pignon en m.</li> </ul>
	<b>C</b> VIS-ÉCROU		$J = m \frac{p^2}{4 \pi^2} + \frac{m_v r^2}{2}$ (ramenée à la vis)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>J</math> : inertie en <math>\text{kgm}^2</math>.</li> <li>- <math>m</math> : masse à déplacer en kg.</li> <li>- <math>m_v</math> : masse de la vis en kg.</li> <li>- <math>p</math> : pas de la vis en m.</li> <li>- <math>r</math> : rayon de la vis en m.</li> </ul>
	<b>D</b> CYLINDRE		$J = m \frac{R^2}{2}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>J</math> : inertie en <math>\text{kgm}^2</math>.</li> <li>- <math>m</math> : masse du cylindre en kg.</li> <li>- <math>R</math> : rayon du cylindre en m.</li> </ul>
	<b>E</b> JANTE POIDS-POULIE		<sup>(1)</sup> $J = m \frac{R_i^2 + R_e^2}{2} = \frac{m R^2}{2}$ <sup>(2)</sup> $J = m R^2 + m_p \frac{R^2}{2}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>J</math> : inertie en <math>\text{kgm}^2</math>.</li> <li>- <math>m</math> : masse à entraîner en kg.</li> <li>- <math>m_p</math> : masse de la poulie en kg.</li> <li>- <math>R_i</math> : rayon intérieur de la jante en m.</li> <li>- <math>R_e</math> : rayon extérieur de la jante en m.</li> <li>- <math>R</math> : rayon de la poulie en m.</li> </ul>
	<b>F</b> ARBRES ÉPAULES		$J = m_1 \frac{R_1^2}{2} + m_2 \frac{R_2^2}{2}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>J</math> : inertie en <math>\text{kgm}^2</math>.</li> <li>- <math>m_1</math> : masse du cylindre 1 en kg.</li> <li>- <math>m_2</math> : masse du cylindre 2 en kg.</li> <li>- <math>R_1</math> : rayon du cylindre 1 en m.</li> <li>- <math>R_2</math> : rayon du cylindre 2 en m.</li> </ul>
	<b>G</b> TRANSMISSION PAR COURROIE OU CHÂÎNE		$J_t = \frac{m_1 + 2 m_c + m_2}{2} R_1^2$ $J = J_t + J_c \left( \frac{R_1}{R_2} \right)^2$ (ramenée à l'axe 1)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>J</math> : inertie de l'ensemble en <math>\text{kgm}^2</math>.</li> <li>- <math>J_t</math> : inertie de la transmission en <math>\text{kgm}^2</math>.</li> <li>- <math>J_c</math> : inertie de la charge en <math>\text{kgm}^2</math>.</li> <li>- <math>m_1</math> : masse de la poulie 1 en kg.</li> <li>- <math>m_2</math> : masse de la poulie 2 en kg.</li> <li>- <math>R_1</math> : rayon de la poulie 1 en m.</li> <li>- <math>R_2</math> : rayon de la poulie 2 en m.</li> <li>- <math>m_c</math> : masse de la courroie ou chaîne.</li> </ul>
	<b>H</b> RÉDUCTEUR		$J = J_r + J_c \left( \frac{1}{k_r} \right)^2$ $J_r = J_1 + (J_2 + J_3) \frac{1}{k_1^2} + (J_4 + J_5) \frac{1}{k_2^2} + \dots$ $J_{c1} = J_{c6} \left( \frac{n_6}{n_1} \right)^2$ (ramenée à l'axe 1)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>J</math> : inertie de l'ensemble en <math>\text{kgm}^2</math>.</li> <li>- <math>J_r</math> : inertie du réducteur en <math>\text{kgm}^2</math>.</li> <li>- <math>k_r</math> : rapport de réduction.</li> <li>- <math>J_c</math> : inertie de la charge en <math>\text{kgm}^2</math>.</li> <li>- <math>J_n</math> : inertie du pignon n en <math>\text{kgm}^2</math>.</li> <li>- <math>J_{cn}</math> : inertie de la charge ramenée à l'axe n en <math>\text{kgm}^2</math>.</li> <li>- <math>n_n</math> : fréquence de rotation de l'axe n.</li> <li>- <math>k_n</math> : rapport de réduction du train n.</li> </ul>
Le moment de giration $MD^2$ vaut 4 fois le moment d'inertie $J$ . (pour information)			$J = \frac{MD^2}{4}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>MD^2</math> en <math>\text{kgm}^2</math>.</li> <li>- <math>J</math> en <math>\text{kgm}^2</math>.</li> </ul>

		MACHINES AGRICOLES		MACHINES À USAGE DOMESTIQUE	
11.1.2.2. PUISSANCE D'ENTRAÎNEMENT $P_e$	Engrenneur	0,37 kW		Pompe à vin ou à cidre	0,37 kW
	Élévateur	1 kW à 1,5 kW		Machine à laver le linge	0,37 à 0,75 kW (1 à 20 kg de linge)
	Presse à paille	2,2 kW pour 500 kg/h 3 kW pour 1 500 kg/h 4 kW pour 5 000 kg/h		Lave-vaisselle	0,18 kW
	Hache-paille	1,1 kW pour 1 000 kg/h		Machine à coudre	0,18 kW
	Coupe-racines	0,75 kW pour 2 000 kg/h		Repasseuse	0,18 à 0,25 kW
	Brise-tourteaux	0,75 kW pour 300 kg/h		Réfrigérateur	0,18 à 0,25 kW (120 à 450 l)
	Aplatisseurs	0,75 kW pour 100 kg/h		Perceuse	0,18 à 0,55 kW
	Concasseurs	1,5 kW pour 1 000 l/n			
	Fouloirs à raisins	0,75 kW pour 6 000 kg/h			
	Broyeur de pommes	0,75 kW pour 20 hl			
	Pompe à purin	0,37 kW			
	Moulin à grains	0,75 kW pour 30 kg/h			
	Secoueur de paille	0,75 kW			
	Scie à bûches	1,1 kW à 2,2 kW			
Trayeuse	1,1 kW pour 10 vaches/h				
		MACHINES À TRAVAILLER LES MÉTAUX			
		Tour parallèle	égale, en kW, à 0,75 fois la hauteur de pointes en dm.		
		Tour à décoller :	Ø 50	: 1,5 kW	
		Ø maxi des	Ø 75	: 3 kW	
		pièces à usiner	Ø 90	: 7,5 kW	
		Tour vertical	égale, en kW, à 6 fois le diamètre du plateau en m.		
		Étau-limeur	égale, en kW, à 0,37 fois la longueur de la course en dm		
		Fraiseuse	égale, en kW, à 1,5 fois le diamètre du mandrin en cm		
		Raboteuse	1,2 × 1,5 : 2,2 kW		
		Plateau en m :	1,8 × 0,5 : 4 kW		
			2,4 × 0,75 : 7,5 kW		
		Perceuse	Ø 28 mm : 0,75 kW		
		Ø de perçage :	Ø 40 mm : 1,1 kW		
			Ø 90 mm : 4 kW		
		Meuleuse	0,75 kW par cm de largeur de meule		
		Scie alternative	180 – 235 : 0,37 kW		
		capacité en mm :	250 : 1,1 kW		
			300 : 2,2 kW		
		Machine à polir	200 : 0,75 kW		
		Ø du disque :	300 : 1,1 kW		
			400 : 2,2 kW		
			500 : 3 kW		
		BOULANGERIE – BOUCHERIE			
		Petit pétrin	0,37 kW		
		Pétrin	égale, en kW, à 0,75 fois le nombre d'hectolitres.		
		Broyeur	0,55 kW pour 2 kg/min		
		Cutters	3 kW pour 35 l		
		Scie à os	0,37 kW		
		Broyeur mélangeur	0,37 à 1,5 kW		
		ACCESSOIRES POUR RESTAURANTS			
		Moulin à café	0,18 à 0,25 kW		
		Essoreuse à salade	0,37 kW		
		Machine à éplucher	0,18 kW pour 40 à 400 kg/h		
		Lave-vaisselle	2,2 kW, pour 4 000 pièces		
			0,18 kW pour 500 pièces		
		Mélangeur bateur	0,18 kW pour 10 l		
			1,5 kW pour 95 l		
		MACHINES DE LAITERIE			
		Écrémeuse	(0,75 m <sup>3</sup> /h) kW		
		Malaxeur	(0,75 kg/30) kW (kg de beurre pouvant être traité à la fois)		
		Barrate	(0,75 m <sup>3</sup> /h) kW		
		MACHINES À TRAVAILLER LE BOIS			
		Scie à ruban	égale, en kW, à 0,245 fois le diamètre du volant du ruban en dm. Exemple : volant de 450 mm → 1,1 kW		
		Scie circulaire	égale, en kW, à 0,75 fois le diamètre de la scie en dm.		
		Raboteuse	égale, en kW, à 0,37 fois la largeur à raboter en dm.		
		Dégauchisseuse	égale, en kW, à 0,75 fois la largeur à dégauchir en dm.		
		Toupie	0,75 à 3 kW		
		Mortaiseuse	1,5 à 2,2 kW		
		Tenonneuse	1,5 kW		
		Perceuse	1,5 kW		
		Machine universelle	égale, en kW, à 0,37 fois la largeur du bois à usiner en dm.		
		Tour à bois	égale, en kW, à 0,6 fois la hauteur de pointes en dm.		
		MACHINES POUR L'INDUSTRIE TEXTILE			
		Carde à coton	1,1 kW		
		Drousse	2,2 à 4 kW		
		Carde fileuse	2,2 à 5,5 kW		
		Continu à filer	4 à 15 kW		
		Continu à retordre	2,2 à 11 kW		
		Métier à tisser	0,37 à 4 kW		
		Métier renvideur (laine ou coton)	5,5 à 18,5 kW		
		MACHINES D'IMPRIMERIE			
		Machine rotative	0,75 à 4 kW par rouleau		
		Linotypes	0,37 kW		
		Massicots	0,75 à 4 kW		
		Presses	0,75 à 2,2 kW		

BLANCHISSERIE - TEINTURERIE		APPAREILS DE LEVAGE		
<b>PUISSANCE D'ENTRAÎNEMENT</b> $P_e$	Machine à laver 200 kg de linge sec Essoreuse :	2,2 kW $\varnothing$ 1,5 m ; 60 min <sup>-1</sup> : 9 kW $\varnothing$ 1,2 m ; 800 min <sup>-1</sup> : 5,5 kW $\varnothing$ 1 m ; 1 000 min <sup>-1</sup> : 4 kW (Mise en vitesse en 2 min sous un couple de 2 $M_n$ )	$P = mg \frac{v}{\eta}$	
			$P$ en kW $m$ en tonne (charge) $g$ : accélération = 9,81 m/s <sup>2</sup> $v$ : vitesse de levage en m/s $\eta$ : rendement du treuil - réducteur à engrenages $\approx$ 0,8 - réducteur à vis $\approx$ 0,55	
	APPAREILS DE POMPAGE		APPAREILS DE VENTILATION	
	$P = g \frac{q h}{1\ 000 \eta}$	$P$ en kW $g = 9,81$ m/s <sup>2</sup> $q$ en l/s : débit d'eau $h$ : hauteur manométrique en m $\eta$ : rendement de la pompe - pompe centrifuge $\approx$ 0,6 - pompe à piston $\approx$ 0,65 $h = h_a + h_r + p$ $h$ : hauteur manométrique en m $h_a$ : hauteur d'aspiration en m $h_r$ : hauteur de refoulement en m $p$ : pertes de charges évaluées en mètres de hauteur d'eau dans les conduites.	$P = g \frac{q p}{1\ 000 \eta}$	$P$ : en kW $g = 9,81$ m/s <sup>2</sup> $q$ : débit en m <sup>3</sup> /h $p$ : pression totale en mm d'eau $\eta$ : rendement du ventilateur - ventilateur à hélice $\approx$ 0,25 - ventilateur centrifuge $\approx$ 0,6
APPAREILS DE MOUVEMENTS HORIZONTAUX				
$P = \frac{K m v}{6\ 115 \eta}$	$P$ en kW $m$ : charge en tonne $v$ : vitesse en m/min $\eta$ : rendement du réducteur - réducteur à engrenages $\approx$ 0,8 - réducteur à vis $\approx$ 0,55 $K$ : coefficient de roulement (courbes ci-contre) ① Galets acier montés sur paliers ② Galets acier montés sur roulements $\varnothing$ des galets en mm			

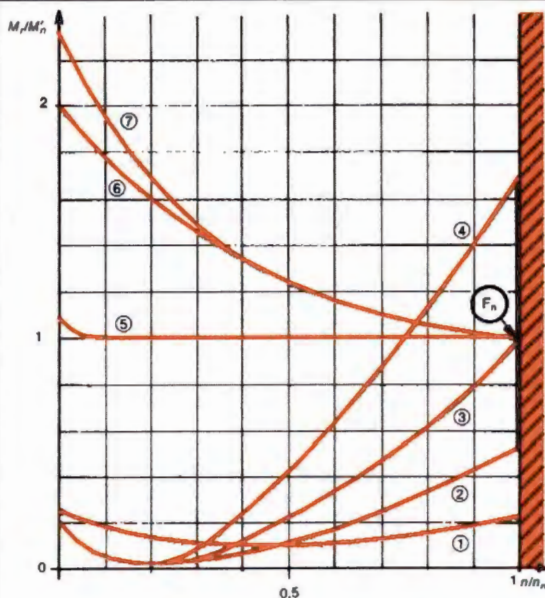
**Abaques des couples résistants  $M_r/M'_n$  en fonction de la fréquence de rotation  $n/n_n$  suivant le type de machine entraînée.**

$M_r/M'_n$  : couple résistant relatif  
 $M'_n$  : couple résistant nominal  
 $n/n_n$  : fréquence de rotation relative.  
 $n_n$  : fréquence de rotation nominale.

**DIFFÉRENTS TYPES DE MACHINES**

- ① Transmissions démarrant entièrement à vide.
- ② Machines centrifuges démarrant à vide.
- ③ Machines centrifuges démarrant en charge ( $kr^2$ ).
- ④ Pompes hélicocentrifuges. Pompes à hélices.
- ⑤ Machines à couple constant.
- ⑥ Compresseurs à piston démarrant sans décompression.
- ⑦ Petits compresseurs monocylindriques. Mouvement horizontaux des charges suspendues.

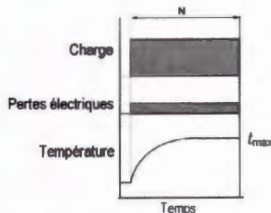
⑦<sub>n</sub> Point nominal de fonctionnement.



**12.1.2.3. COUPLE RÉSISTANT  $M_r$**

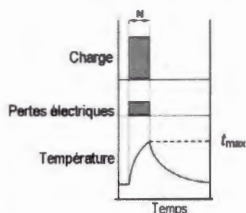
11.1.2.4.  
TYPES DE  
SERVICE  
S

**SERVICE S1**  
(Service continu)



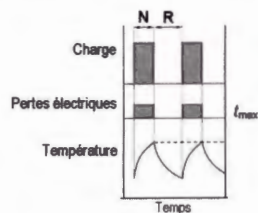
**N** : fonctionnement à charge constante  
**t<sub>max</sub>** : température maximale atteinte

**SERVICE S2**  
(Service temporaire)



**N** : fonctionnement à charge constante  
**t<sub>max</sub>** : température maximale atteinte

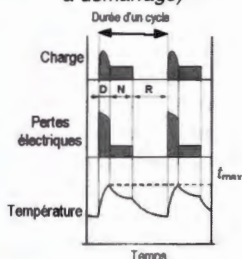
**SERVICE S3**  
(Service intermittent périodique)



**N** : fonctionnement à charge constante  
**R** : repos  
**t<sub>max</sub>** : température maximale atteinte

Facteur de marche en % :  
 $k_m = 100 \cdot N / (N + R)$

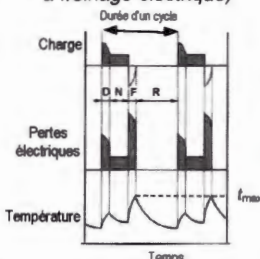
**SERVICE S4**  
(Service intermittent périodique à démarrage)



**D** : démarrage  
**N** : fonctionnement à charge constante  
**R** : repos  
**t<sub>max</sub>** : température maximale atteinte

Facteur de marche en % :  
 $k_m = 100 \cdot (D + N) / (N + R + D)$

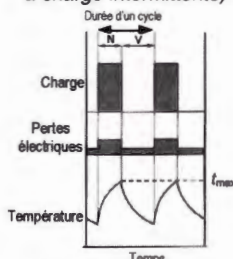
**SERVICE S5**  
(Service intermittent périodique à freinage électrique)



**D** : démarrage  
**N** : fonctionnement à charge constante  
**F** : freinage électrique  
**R** : repos  
**t<sub>max</sub>** : température maximale atteinte

Facteur de marche en % :  
 $k_m = 100 \cdot (D + N + F) / (D + N + F + R)$

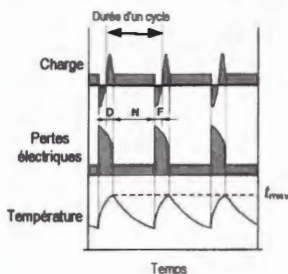
**SERVICE S6**  
(Service ininterrompu périodique à charge intermittente)



**N** : fonctionnement à charge constante  
**V** : fonctionnement à vide  
**t<sub>max</sub>** : température maximale atteinte

Facteur de marche en % :  
 $k_m = 100 \cdot (D + N + F) / (D + N + F + R)$

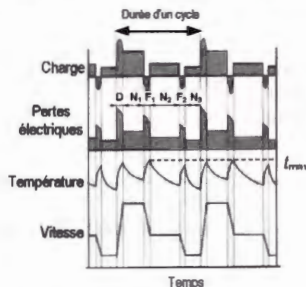
**SERVICE S7**  
(Service ininterrompu périodique à freinage électrique)



**D** : démarrage  
**N** : fonctionnement à charge constante  
**F** : freinage électrique  
**t<sub>max</sub>** : température maximale atteinte

Facteur de marche en % :  
 $k_m = 100 \cdot (D + N + F) / (D + N + F + R)$

**SERVICE S8**  
(Service ininterrompu périodique à changements liés de charge et de vitesse)



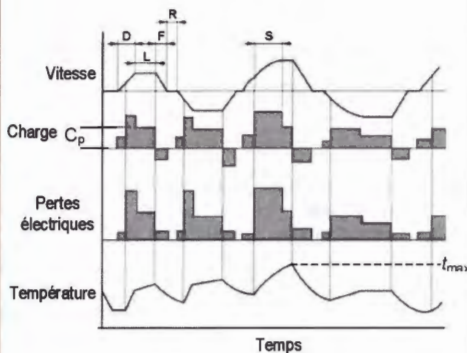
**D** : démarrage  
**F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>** : freinages électriques  
**N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub>, N<sub>3</sub>** : fonctionnements à charge constante  
**t<sub>max</sub>** : température maximale atteinte

Facteur de marche en % :  
 $k_m = 100 \cdot (D + N_1) / (D + N_1 + F_1 + N_2 + F_2 + N_3)$   
 $k_m = 100 \cdot (F_1 + N_2) / (D + N_1 + F_1 + N_2 + F_2 + N_3)$   
 $k_m = 100 \cdot (F_2 + N_3) / (D + N_1 + F_1 + N_2 + F_2 + N_3)$

**TYPES DE SERVICE S**

**SERVICE S9**

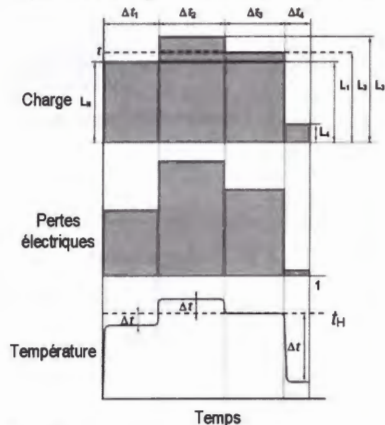
(Service à variations non périodiques de charge de vitesse)



- D** : démarrage.
- L** : fonctionnement à charges variables.
- F** : freinage électrique.
- R** : repos.
- S** : fonctionnement sous surcharge.
- C<sub>p</sub>** : pleine charge
- t<sub>max</sub>** : température maximale atteinte

**SERVICE S9**

(Service à régimes constants distincts)



- L** : charge
- t** : temps
- T<sub>p</sub>** : durée d'un cycle de régimes (1)
- t<sub>j</sub>** : durée d'un régime à l'intérieur d'un cycle
- Δt<sub>j</sub>** : t<sub>j</sub> / T<sub>p</sub> : durée relative d'un régime à l'intérieur d'un cycle
- L<sub>N</sub>** : charge nominale pour le service S1
- L<sub>i</sub>** : charge réduite = L<sub>N</sub> / (L/N)
- t<sub>H</sub>** : température à charge nominale pour le service S1
- Δt** : augmentation ou diminution de l'échauffement lors du j<sup>ème</sup> régime du cycle

**11.1.2.5. FACTEUR DE MARCHE k<sub>m</sub>**

Le facteur de marche k<sub>m</sub> dépend des services-types S3 à S10 § 11.1.2.4. (services intermittents)  
**Remarque 1** : pour les mécanismes fonctionnant irrégulièrement, ces durées sont ramenées à des valeurs moyennes horaires.  
**Exemple 1** : Fonctionnement quotidien : 16 h ; 160 cycles ; t<sub>D</sub> = 3 s ; t<sub>N</sub> 57 s (valeurs moyennes).  
 Calcul de k<sub>m</sub> : nombre de cycles par heure = 10 t<sub>c</sub> = 6 min ; k<sub>m</sub> = 1 / 6 = 17 % en service S4.  
**Remarque 2** : pour les mécanismes ne fonctionnant pas régulièrement, le fonctionnement quotidien est calculé en répartissant sur 250 jours le fonctionnement annuel.  
**Exemple 2** : Bilan annuel 1 500 h et 48 000 cycles en service S3.  
 Valeurs quotidiennes : 1 500/250 = 6 h/j ; 48 000/250 = 192 cycles/j ; k<sub>m</sub> = 6/24 = 25 %.  
 Nombre de cycles par heure = 192/24 = 8 cycles/h ; durée d'un cycle = 7,5 min ;  
 durée de fonctionnement = 1,875 min/cycle.

**11.1.2.6. FRÉQUENCE DE ROTATION n**

La fréquence de rotation d'entraînement doit être proche de la fréquence de rotation de synchronisme du moteur. Suivant la fréquence f, elle permet de définir la polarité p<sub>m</sub> du moteur.

f = 50 Hz				f = 60 Hz			
n <sub>s</sub> (min <sup>-1</sup> )	n <sub>s</sub> (s <sup>-1</sup> )	Ω <sub>s</sub> (rd/s)	p <sub>m</sub>	n <sub>s</sub> (min <sup>-1</sup> )	n <sub>s</sub> (s <sup>-1</sup> )	Ω <sub>s</sub> (rd/s)	p <sub>m</sub>
3 000	50	314	2	3 600	60	376,8	2
1 500	25	157	4	1 800	30	188,4	4
1 000	16,66	104,67	6	1 000	20	125,6	6
750	12,5	78,5	8	750	15	94,2	8

**11.1.2.7. FORME DE FIXATION B OU V**

Elle se définit suivant la position de l'axe de la machine entraînée et le plan de fixation du moteur.  
**AXE HORIZONTAL (B) :**



B 3 (IM 1001)



B 35 (IM 2001)



V 1 (IM 3011)

Mode de fixation à pattes

Mode de fixation combiné à patte et à bride

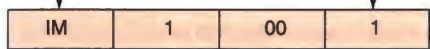
Mode de fixation à bride

H : hauteur d'axe (La fixation par bride se fait soit par trous lisses, soit par trous taraudés)

**Exemple : construction code II**

code international

Type de bout d'arbre



Type à pattes ou à bride

Position de fonctionnement

En couleur : formes de construction courantes NFC 51 117

● Réalisations courantes suivant hauteurs d'axe

○ Réalisations sous conditions et en accord avec le constructeur.

Code II	Code I	FORMES DE CONSTRUCTION (B)	HAUTEURS D'AXE NORMALISÉES H															
			56	63	71	80	90	100	112	132	160	180	200	225	250	280	315	355
IM 1001	IMB3		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
IM 3001	IMB5		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●					
IM 1051	IMB6		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○
IM 1061	IMB7		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○
IM 1071	IMB8		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○
IM 3601	IMB14		●	●	●	●	●	●	●									
IM 2101	IMB34		●	●	●	●	●	●	●									
IM 2001	IMB35		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Code II	Code I	FORMES DE CONSTRUCTION (V)	HAUTEURS D'AXE NORMALISÉES H															
			56	63	71	80	90	100	112	132	160	180	200	225	250	280	315	355
IM 3011	IMV1		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
IM 3231	IMV2		●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○
IM 3031	IMV3		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
IM 3211	IMV4		●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○
IM 1011	IMV5		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○
IM 1031	IMV6		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○
IM 2011	IMV15		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○
IM 3611	IMV18		●	●	●	●	●	●	●									
IM 3631	IMV19		●	●	●	●	●	●	●									
IM 2031	IMV36		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○

## 11.1.3. ENVIRONNEMENT

### • CORRECTION SUIVANT LA TEMPÉRATURE AMBIANTE $t_a$ :

– La puissance nominale d'un moteur s'entend pour une ambiance qui n'atteint qu'exceptionnellement la température de 40 °C.

– Si  $t_a > 40$  °C, il y a lieu de tenir compte du facteur de correction  $k_t$  (Fig.1)

– **Exemple 1 :**

Machine entraînée :  $P_o = 11$  kW.  $t_a = 50$  °C.

Le graphe Fig. 1 donne  $k_t = 0,9$  pour  $t_a = 50$  °C.

Puissance minimale du moteur :  $P_m = 11/0,9 = 12,2$  kW.

– **Exemple 2 :**

Moteur de 15 kW.  $t_a = 55$  °C.

Le graphe Fig. 1 donne  $k_t = 0,85$  pour  $t_a = 55$  °C.

Puissance maximale du moteur :  $P_M = 15 \times 0,85 = 12,75$  kW.

– La surclasse de l'isolant peut éviter ces corrections. (Voir § 11.1.3.2.)

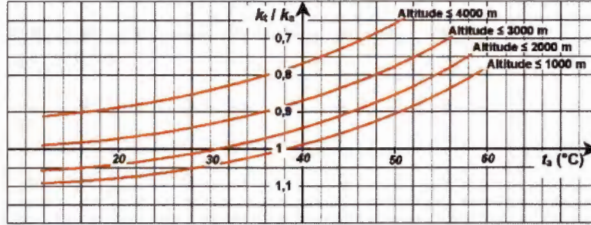


Fig. 1 – Facteurs de correction  $k_t$  et  $k_a$  pour un fonctionnement à  $t_a = 40$  °C et  $a_f = 1 000$  m.

### • CORRECTION SUIVANT L'ALTITUDE $a_f$ :

– La puissance nominale d'un moteur s'entend pour une altitude de fonctionnement inférieure ou égale à 1 000 m.

– Si  $a_f > 1 000$  m, il y a lieu de tenir compte du facteur de correction  $k_a$  (Fig.1)

– **Exemple 3 :**

Machine entraînée :  $P_a = 11$  kW.  $a_f = 2 000$  m.

Le graphe Fig.1 donne  $k_a = 0,94$  pour  $a_f = 2 000$  m et  $t_a = 40$  °C.

Puissance minimale du moteur :  $P_m = 11/0,94 = 11,7$  kW à  $t_a = 40$  °C.

$P_m = 11$  kW à  $t_a \leq 32$  °C.

– **Exemple 4 :**

Moteur de 15 kW  $a_f = 2 000$  m.

Le graphe Fig. 1 donne  $k_a = 0,94$  pour  $a_f = 2 000$  m et  $t_a = 40$  °C.

Puissance maximale du moteur :  $P_M = 15 \times 0,94 = 14,1$  kW à  $t_a = 40$  °C.

CLASSE DE L'ISOLANT (NFC 51 111) (CEI 34-11)	ÉCHAUFFEMENT LIMITE $\Delta t$ (si $t_a \leq 40$ °C)	TEMPÉRATURE LIMITE $t_a + \Delta t$ ( $t_a = 40$ °C)
Classe A	60 °C	100 °C
Classe E	75 °C	115 °C
Classe B	80 °C	120 °C
Classe F	100 °C	140 °C
Classe H	125 °C	165 °C

$P_M = 15$  kW à  $t_a \leq 32$  °C.

Ce tableau est valable si  $t_a \leq 40$  °C et si  $a_f$  (altitude de fonctionnement)  $\leq 1 000$  m.

Dans ces conditions, on peut attendre une durée de vie de l'isolant de l'ordre de  $10^5$  h.

**Nota :** La classe de l'isolant (bobinage) peut éviter une correction de  $P$  si la température ambiante  $t_a > 40$

**Exemple :** Machine entraînée  $P_o = 12$  kW  $t_a = 55$  °C  $a_f < 1 000$  m.

a) Choix du moteur en classe d'isolement E :

correction de puissance :  $k_t = 0,85$  (§ 11.1.3.1. Fig. 1)

$P_M = 12 \times 100/85 = 14,11$  kW  $\rightarrow$  Puissance normalisée 15 kW (§. 11.1.5.3.)

b) Choix de la classe d'isolement suivant  $t_a$  :

La classe E donne comme  $t_a + \Delta t = 115$  °C

Pour la même variation de température  $\Delta t = 75$  °C. Il faut choisir un moteur de classe d'isolement telle que la température limite soit  $t_a + \Delta t = 55 + 75 = 130$  °C

$\rightarrow$  Classe F

Puissance du moteur  $P_M = 12$  kW (même puissance car  $\Delta t$  plus faible)

$\rightarrow$  Puissance normalisée : 13 kW (§ 11.1.5.3.)

**Solutions :** Moteur de 15 kW en classe E

ou Moteur de 13 kW en classe F

### 11.1.3.1. TEMPÉRATURE ET ALTITUDE DE FONCTIONNEMENT

### 11.1.3.2. CLASSE DES ISOLANTS

**CRITÈRES DE CHOIX :**

(Ce sont des critères économiques)

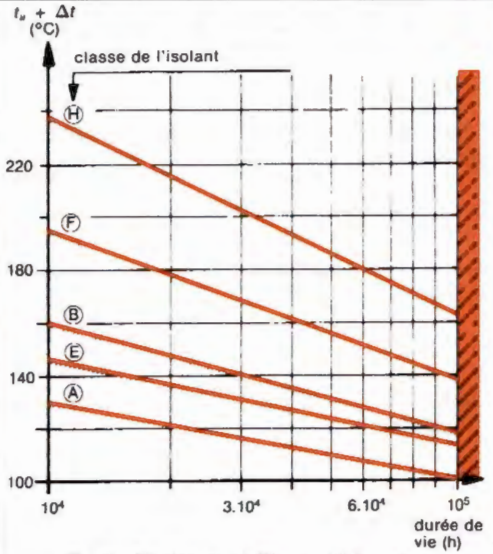
- a) Si  $P_m$  augmente : le prix du moteur augmente
- b) Si la classe d'isolement augmente : le prix du moteur augmente
- c) Si le moteur ne fournit pas une puissance proche de sa puissance nominale : les pertes du moteur augmentent ( $\eta$  du moteur)
- d) Si pour une même classe d'isolement,  $t_a + \Delta t$  est supérieure à la température limite fixée par la norme, la durée de vie de l'isolant diminue (Fig.2).

Les critères (a) et (b) dépendent du tarif constructeur.

Le critère (c) dépend du  $\eta$  du moteur et du prix du kW/h.

Le critère (d) peut dépendre du vieillissement thermique souhaité suivant le facteur de marche.

**Exemple :** Soit un moteur fonctionnant 3 h/jour pendant 250 jours (cas courant des machines agricoles)



**Fig. 2 - Courbes de vieillissement thermique.**

Pour une température réglementaire d'un moteur classe E la durée de vie est de  $10^5/3 \times 250 = 134$  ans (?)  
 Si on admet une augmentation de 20 °C de l'échauffement réglementaire, la courbe de vieillissement thermique donne une durée de vie de  $2.10^4$  h soit  $2.10^4/3 \times 250 = 27$  ans.

**11.1.3.3. NIVEAU SONORE**

Banc d'essai turbo réacteur  
 Seuil de la douleur

Avion à hélice à 10 m

Motocyclette

Musique ou radio puissante

Rue très fréquentée

Conversation courante

Appartement occupé

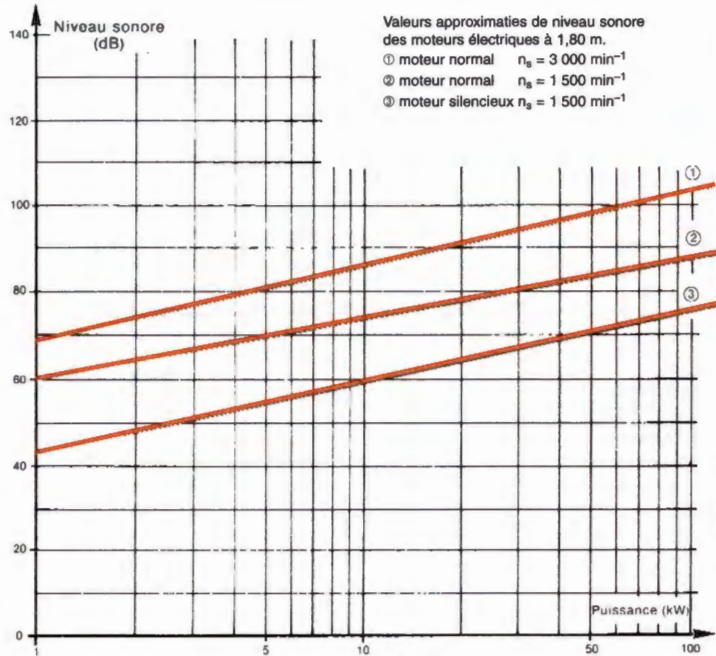
Appartement calme

Conversation à voix basse

Rue calme la nuit

Bruit de fond dans une pièce

Limite de perception auditive



**Fig. 3 - Niveau sonore**

**Exemples :**

- Atelier de chaudronnerie 110 à 120 dB : (niveau sonore peu perturbé par un moteur électrique 1 500 min<sup>-1</sup>)
- Atelier de mécanique avec machines-outils 88 à 100 dB : (niveau sonore perturbé par un moteur électrique 3 000 min<sup>-1</sup>)

**11.1.3.4. VOLUME DU LOCAL**

Le volume du local doit être tel que le renouvellement d'air  $Q$  en m<sup>3</sup>/h soit suffisant pour assurer le fonctionnement normal du moteur. (Refroidissement).

**Exemple :** Moteur LS 160 L4 - 15 kW

Le § 11.1.12.4. indique  $\eta = 0,88$ .

$Q = 0,2 \times 15 (1/0,88 - 1) = 0,37$  m<sup>3</sup>/h

$$Q = 0,2 P_n \left( \frac{1}{\eta} - 1 \right)$$

(m<sup>3</sup>/h) (kW)

$P_n$  : puissance utile du moteur  
 $\eta$  : rendement du moteur

## 11.1.4. CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES

### 11.1.4.1. TENSION DE FONCTIONNEMENT $U$

Le renouvellement d'air doit être de : 0,37 m<sup>3</sup>/h

• **INSTALLATION MONOPHASÉE ( $U$ ) :** 230 V\* – 400 V\*

• **INSTALLATION TRIPHASÉE ( $U_d/U$ ) :** 230/400 V\* – 400/690 V.

\* Ces tensions sont normalisées internationalement avec des tolérances de + 6 % – 10 %.  
Les autres tensions ont des tolérances limitées à ± 10 %.

• **FRÉQUENCE ( $f$ ) :**

Elle est de 50 Hz ± 2 % sur les réseaux de distribution publique en France.

### 11.1.4.2. VARIATIONS DE TENSION $U'/U$

Tension $U'$	$U$	0,95 $U$	1,05 $U$
Courant de démarrage	$I_d$	$\approx 0,95 I_d$	$\approx 1,05 I_d$
Courant nominal	$I_n$	$1 \leq I_n \leq 1,05$	$0,95 \leq I_n \leq 1$
Couple de démarrage	$M_d$	$\approx 0,88 M_n$	$\approx 1,12 M_d$
Couple nominal	$M_n$	$\approx 0,88 M_n$	$\approx 1,12 M_n$
Glissement $\left(\frac{n_s - n_n}{n_s}\right)$	$g_n$	$\approx 1,13 g_n$	$\approx 0,9 g_n$

#### TYPES DE RACCORDEMENT (FORCE MOTRICE)

$u / U$   
(NFC 15.100 § 525)

#### CHUTES DE TENSION $u$ (V)

		CHUTES DE TENSION $u$ (V)			
		230 V	400 V	690 V	
(A)	Installations raccordées directement à un réseau de distribution publique BT	5 %	11,5	20	34,5
(B)	Installations alimentées par un poste de livraison ou par un poste de transformation à partir d'un réseau HT	8 %	18,4	32	55,2

Fig. 4 – Chutes de tension admises entre l'origine de l'installation et tout point de l'utilisation.

### Modification des grandeurs principales d'un moteur suivant la tension $U$

• **Contrôle de la chute de tension  $u$  :**

\* Il faut connaître : – le facteur de puissance  $\cos \varphi$  : type de raccordement (A)  $\cos \varphi = 0,9$   
type de raccordement (B)  $\cos \varphi = 0,8$   
moteur au démarrage  $\cos \varphi = 0,35$

– la longueur de la ligne  $L$  en km

– la section  $S$  des conducteurs en mm<sup>2</sup>

– le matériau des conducteurs (cuivre ou aluminium).

\* **Contrôler la chute de tension sur les abaques Fig. 5, 6 ou 7.**

(Pour plus de renseignements se reporter au chapitre 6.)

### 11.1.4.3. CHUTE DE TENSION EN LIGNE $u$

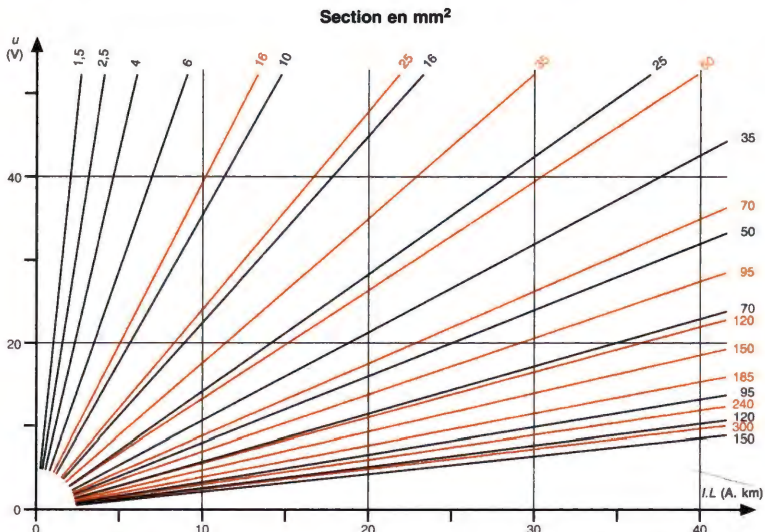
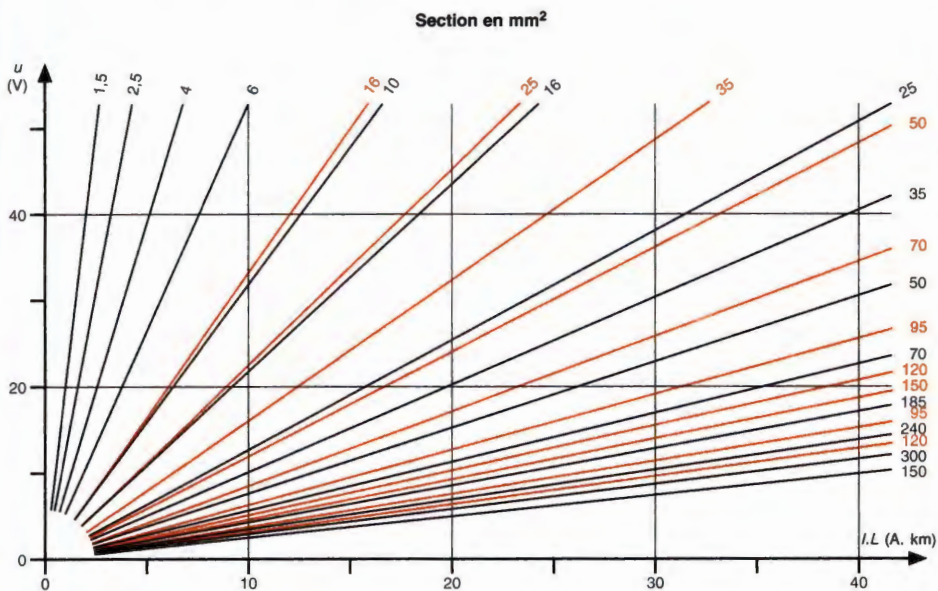
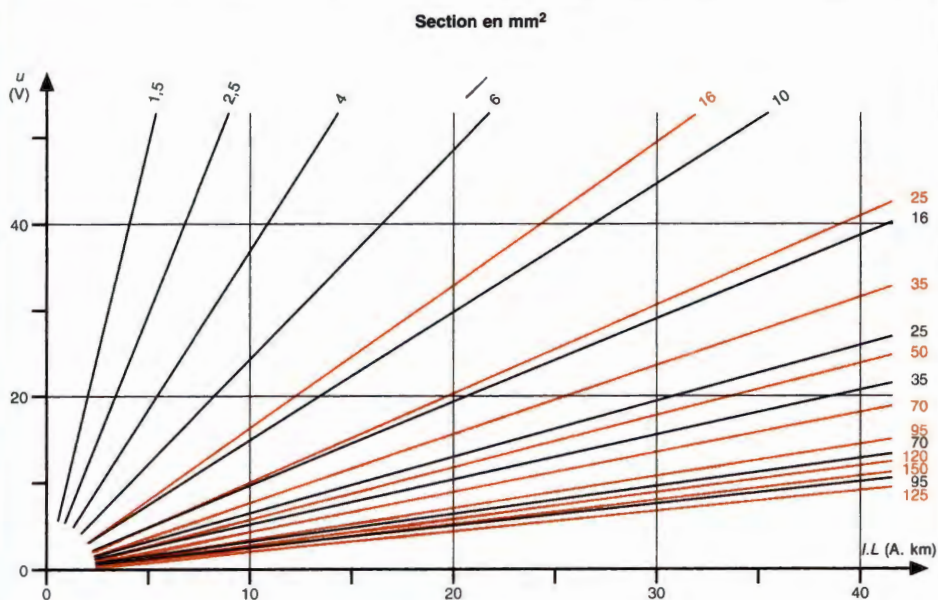


Fig. 5 – Chute de tension en triphasé,  $\cos \varphi = 0,9$  — : cuivre — : aluminium



**Fig. 6 - Chute de tension en triphasé,  $\cos \varphi = 0,8$**  — : cuivre — : aluminium



**Fig. 7 - Chute de tension en triphasé,  $\cos \varphi = 0,35$**  — : cuivre — : aluminium

Les pointes de courant sont dues au démarrage des moteurs (NFC 15-100)

TYPES DE MOTEURS	TYPES DE LOCAUX	PUISSANCE MAXI DES MOTEURS (kW)			INTENSITÉS MAXI DE DÉMARRAGE (A)
		Direct 230 V	Direct 400 V	Avec démarreur 400 V	
Moteurs raccordés en monophasé	d'habitation	1,4	–	–	45
	autres, raccordés en aérien	3	–	–	100
	autres, raccordés en souterrain	5,5	–	–	200
Moteurs raccordés en triphasé	d'habitation	–	5,5	11	60
	autres, raccordés en aérien	–	11	22	125
	autres, raccordés en souterrain	–	22	45	250

11.1.4.4. POINTES DE COURANT ADMISSIBLE  $I_p$

**ABAQUE DE DÉTERMINATION DE LA PUISSANCE RÉACTIVE DE COMPENSATION NÉCESSAIRE À L'AMÉLIORATION DU FACTEUR DE PUISSANCE.**

Les distributeurs d'énergie électrique demandent à leurs clients d'avoir des charges dont le facteur de puissance ( $\cos \varphi$ ) soit le plus proche possible de 1 ou au moins supérieur à 0,93.

Les moteurs asynchrones absorbent d'autant plus d'énergie réactive ( $Q$ ) que leur charge d'entraînement est faible.

L'abaque ci-contre permet de déterminer l'énergie réactive nécessaire au redressement du facteur de puissance en fonction des caractéristiques du moteur.

Puissance réactive pour relever le  $\cos \varphi$  de 0,85 à 0,95

**Méthode :**

Pour un moteur de puissance utile ( $P_u$ ) et de rendement ( $\eta$ ) donnés, l'abaque permet de déterminer graphiquement :

- la puissance absorbée ( $P_a$ ) par le moteur,
- la puissance réactive ( $Q_m$ ) consommée par le moteur,
- la puissance réactive ( $Q_d$ ) pour obtenir le facteur de puissance ( $\cos \varphi$ ) désiré,
- la puissance réactive nécessaire au redressement du facteur de puissance (c'est la différence entre ces deux puissances réactives).

**Exemple :**

Moteur asynchrone triphasé de 5,5 kW ; 1 500  $\text{min}^{-1}$  ; 400 V ; 50 Hz.

Le tableau § 11.1.12.4. indique un moteur du type LS 132 S/4 :  $\eta = 0,83$  et  $\cos \varphi = 0,85$  à pleine charge.

L'abaque ci-dessus donne :

$P_a = 6,5$  kW pour  $P_u = 5,5$  kW et  $\eta = 0,83$  ;

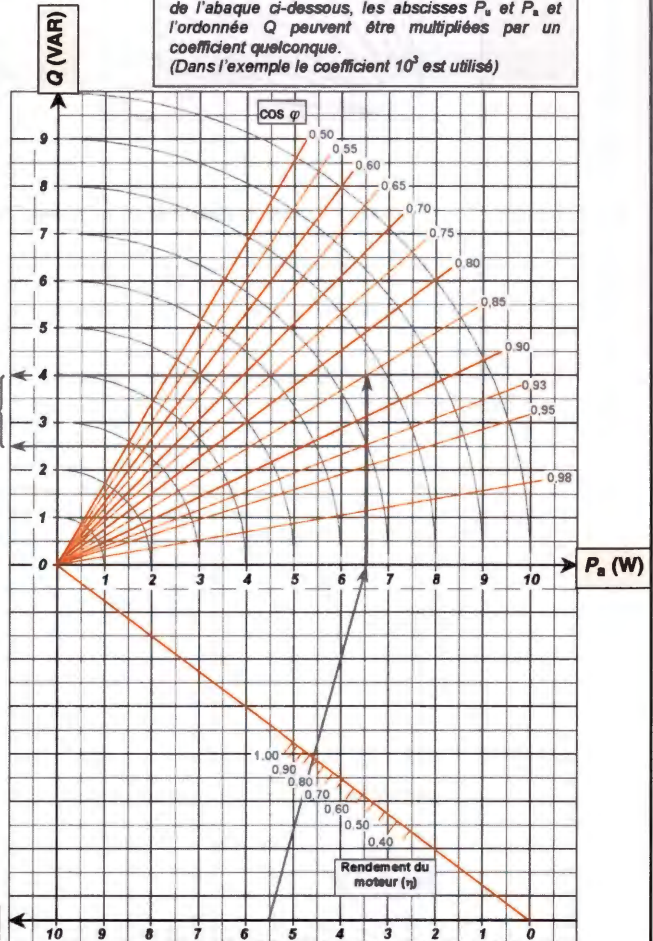
$Q_m = 4$  kVAR pour  $\cos \varphi = 0,85$  ;

$Q_d = 2,5$  kVAR pour  $\cos \varphi = 0,93$ .

La puissance réactive nécessaire au redressement de  $\cos \varphi$  de 0,85 à 0,93 est de 1,5 kVAR.

Cette puissance réactive pourra être donnée par des condensateurs telle que  $Q = U^2 C \omega \sqrt{3}$  en triphasé.

Pour obtenir une bonne précision dans l'utilisation de l'abaque ci-dessous, les abscisses  $P_a$  et  $P_u$  et l'ordonnée  $Q$  peuvent être multipliées par un coefficient quelconque. (Dans l'exemple le coefficient  $10^3$  est utilisé)



11.1.4.5. OPTIMISATION DE L'UTILISATION DES MOTEURS ASYNCHRONES PAR REDRESSEMENT DU COS  $\varphi$

## 11.1.5. DÉTERMINATION DE LA PUISSANCE NOMINALE DES MOTEURS

- Correction suivant la fréquence de rotation ( $n \neq n_n$ )

La fréquence de rotation dépend de la fréquence  $f$ .

**Note :**

La courbe est donnée pour du matériel courant ( $n/n_n \leq 1,2$ )

**Exemple :**

Machine entraînée :  $P_e = 10$  kW

Fréquence de rotation :  $n/n_n = 0,4$ .

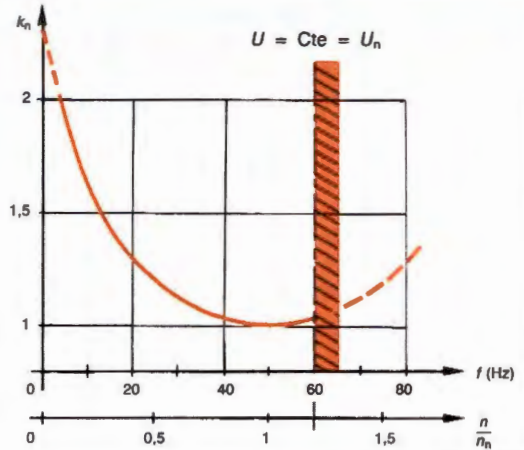
$k_n \geq 1,28$

$P_m \geq 1,28 \times 10 = 12,8$  kW

$P_m$  : puissance minimale du moteur

$P_e$  : puissance d'entraînement (§ 11.1.2.2.)

**Fig. 8 – Courbe donnant le coefficient correcteur  $k_n$  pour moteurs standard non ventilés**



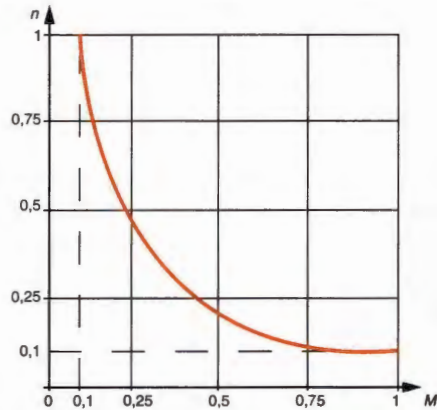
- CAS DU FONCTIONNEMENT À PUISSANCE CONSTANTE

– Pour un fonctionnement à  $P =$  constante, c'est le couple qui conditionne le choix d'un moteur.

–  $P$  moteur =  $M_{\text{maxi}} \cdot \Omega_{\text{maxi}}$

– Le couple fourni par le moteur ne peut guère dépasser  $M_{\text{maxi}}$

**Fig. 9 – Variation du couple en fonction de la fréquence de rotation pour un fonctionnement à  $P =$  constante**



### 11.1.5.1. CORRECTION SUIVANT LA FRÉQUENCE DE ROTATION

- **Exemple :** On désire un fonctionnement à  $P =$  constante = 10 kW dans un rapport de vitesse de 1 à 10

Fréquence de rotation maximale = 1 500  $\text{min}^{-1}$ .

Choix du moteur :

– à 1 500  $\text{min}^{-1}$ , il faut un couple d'entraînement de :

$$M = P/\Omega \quad \Omega = \pi n/30 \quad M = \frac{10^4 \times 30}{\pi \times 1\,500} = 63,7 \text{ Nm}$$

Un moteur de 10 kW ne peut pas fournir plus de 63,7 Nm quelle que soit la fréquence de rotation.

– à 150  $\text{min}^{-1}$ , il faut un couple d'entraînement de 637 Nm. Le moteur doit posséder les deux caractéristiques suivantes :

$$M_{\text{maxi}} = 637 \text{ Nm} \quad n_{\text{maxi}} = 1\,500 \text{ min}^{-1}$$

Soit un moteur de 100 kW, 1 500  $\text{min}^{-1}$  pour obtenir une puissance constante de 10 kW dans une plage de vitesse de 150 à 1 500  $\text{min}^{-1}$ .

La courbe (Fig. 9) donne la variation de  $M$  suivant  $n$  pour un tel fonctionnement.

- **Remarque :** Un tour fonctionne à puissance constante (effort de coupe constant) alors qu'un treuil fonctionne à couple constant ( $m.g.l =$  constante).

### 11.1.5.2. PUISSANCES NORMALISÉES DES MOTEURS

$P_n$

- Détermination de la puissance minimale  $P_m$  d'un moteur :

– conditions normales :  $P_m = P_e$

– conditions particulières :  $P_m = P_e \frac{k_n}{k_t \cdot k_a}$  (§ 11.1.3.1. et 11.1.5.1.)

- Détermination de la puissance nominale  $P_n$  d'un moteur  $P_n \geq P_e$  (Les puissances normalisées  $P_n$  figurent dans le tableau § 11.1.5.3.)

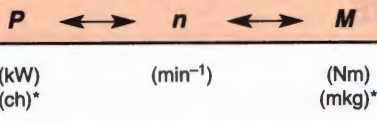
Les valeurs non prévues à la norme sont indiquées en rouge.

$P_n$ kW	$I_n$ sous		$n = 3\ 000\ \text{min}^{-1}$			$n = 1\ 500\ \text{min}^{-1}$			$n = 1\ 000\ \text{min}^{-1}$			$n = 750\ \text{min}^{-1}$		
	230* V (A)	400* V (A)	$\frac{I_d}{I_n}$	$\frac{M_d}{M_n}$	H	$\frac{I_d}{I_n}$	$\frac{M_d}{M_n}$	H	$\frac{I_d}{I_n}$	$\frac{M_d}{M_n}$	H	$\frac{I_d}{I_n}$	$\frac{M_d}{M_n}$	H
	0,075	0,9	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,5	1,8
0,09	1,1	0,6	-	-	-	3	2,2	56 S	-	-	-	-	-	-
0,12	1,2	0,7	-	-	-	3	2	56 M	3	1,9	71 L/63 L	2,5	1,8	71 L/63 L
0,18	1,6	0,9	3,4	2,4	63 M/56 M	3	2	63 M/56 M	3	1,9	71 L/63 L	3,1	2,3	80 L/71 L
0,25	1,8	1,3	3,4	2,4	63 M/56 M	3	2	71 M/63 L	3	1,9	71 L/63 L	3,2	2	80 L/71 L
0,37	1,8	1,3	4,2	2,1	63 L	3,2	2	80 L/71 L	3,2	1,6	80 L/71 L	3,2	2	90 S
0,55	2,75	1,6	5	2,4	80 L/71 L	4,2	2	80 L/71 L	3,5	3	80 L/71 L	3,5	2	90 L
0,75	3,5	2	5	2,2	80 L/71 L	4,2	2	80 L/71 L	4,7	2,6	90 S	3,5	2,1	100 L/90 L
1,1	4,4	2,6	5,5	2,3	80 L/71 L	5,2	2	90 S	4,4	2,5	90 L	3,5	1,9	100 L/90 L
1,5	6	3,5	5,5	2,3	90 S	5	2	90 L	4,2	2,4	100 L/90 L	4,2	2,4	112 M/100 L
1,85	7,8	4,5	-	-	-	5	2	90 L	4,6	2,1	100 L/90 L	-	-	-
2,2	8,7	5	5,5	2,3	90 L	5	2	100 L/90 L	5,6	2,3	112 M/100 L	4,5	4,8	132 S
3	11,5	6,6	6,8	3,2	100 L/90 L	5,8	2,3	100 L/90 L	5,3	1,9	132 S	4,6	4,8	132 M
4	14,5	8,5	6,8	3,2	112 M	6,9	2,8	112 M/100 L	5,8	2,5	132 M	6	2,5	160 M
5,5	20	11,5	6,8	3,2	132 S	6,9	2,4	132 S	6,3	2,3	132 M	6,7	2,4	160 M
7,5	27	15,5	6,8	3	132 S	6,9	2,4	132 M	6	2,3	160 M	6,5	2,6	160 L
9	33	19	8	3,3	132 M	6,9	2,4	132 M	-	-	-	5,6	1,8	180 M
10	35	20	6,8	3,2	132 M	6,8	2,6	160 M	6,6	2,3	160 M	-	-	-
11	39	22	6,8	3	160 M/132 M	6,5	2,8	160 M	6,8	2,4	160 L	5,5	1,7	180 L
13	46,8	27	6,2	1,9	160 M	-	-	-	6,2	1,9	180 M	5,6	1,8	200 L
15	52	30	8	3,3	160 M	6,5	2,8	160 L	6,8	2,4	180 L	5,5	1,7	200 L
18,5	64	37	8	3,3	160 L	6,9	2,3	180 M	6,2	1,9	200 L	5,7	1,6	225 S
22	75	44	7,5	2,2	180 M	6,9	2,3	180 L	6,2	1,9	200 L	5,8	1,6	225 M
25	88	50	-	-	-	6,8	2	200 L	6,2	1,9	225 S	-	-	-
30	103	60	7,3	1,9	200 L	6,8	2	200 L	6,2	1,9	225 M	5,5	1,8	250 M
37	126	72,5	7,3	1,9	200 L	6,8	2	225 S	6,2	1,9	250 M	6	1,7	280 S
45	147	85	7,3	1,9	225 M	7,3	2,2	225 M	6,8	1,8	280 S	5,5	1,6	280 M
55	182	106	7,5	2,2	250 M	7,3	2,2	250 M	6,8	1,8	280 M	6,2	1,8	315 S
75	239	138	6,1	1,9	280 S	7,3	2	280 S	6,8	1,8	315 S	6,3	1,9	315 M
90	295	170	6,6	1,7	280 M	7,3	1,9	280 M	6,8	1,8	315 M	6,3	1,9	315 L
110	356	205	7,3	1,9	315 S	7,3	1,9	315 S	6,2	1,7	315 L	6,3	1,9	315 L
132	425	254	7,3	1,9	315 M	7,5	2	315 M	6,2	1,7	315 L	6,2	1,8	355 L
160	560	300	7,5	1,8	315 L	7,6	1,9	315 L	6,2	1,7	315 L	6,3	1,9	355 L
200	640	370	7,5	1,8	315 L	7,6	1,9	315 L	7,5	1,8	355 L	-	-	-
220	710	408	7,5	1,8	355 L	7,6	1,9	355 L	7,5	1,8	355 L	-	-	-
250	823	475	7,5	1,8	355 L	7,6	1,9	355 L	-	-	-	-	-	-
300	1 000	584	7,5	1,8	355 L	7,6	2	355 L	-	-	-	-	-	-

**Note :** Machine entraînée  $P_o = 14\ \text{kW}$   $n = 1\ 500\ \text{min}^{-1}$   $U = 400\ \text{V}$   
 Le tableau ci-dessus indique :  $P_n = 15\ \text{kW}$   $I_n = 30\ \text{A}$  sous 400 V  $M_d / M_n = 2,8$   
 Courant de démarrage :  $I_d = 30 \times 6,5 = 195\ \text{A}$   
 Hauteur d'axe : 160 L

**Note :**  
 $H =$  hauteur d'axe  
 La lettre qui suit la hauteur d'axe indique la longueur de la carcasse : S ; M ; L.  
 Désignation des carcasses :  
 S : Short = courte  
 M : Médium = moyenne  
 L : Long = longue.  
 \* : en triphasé

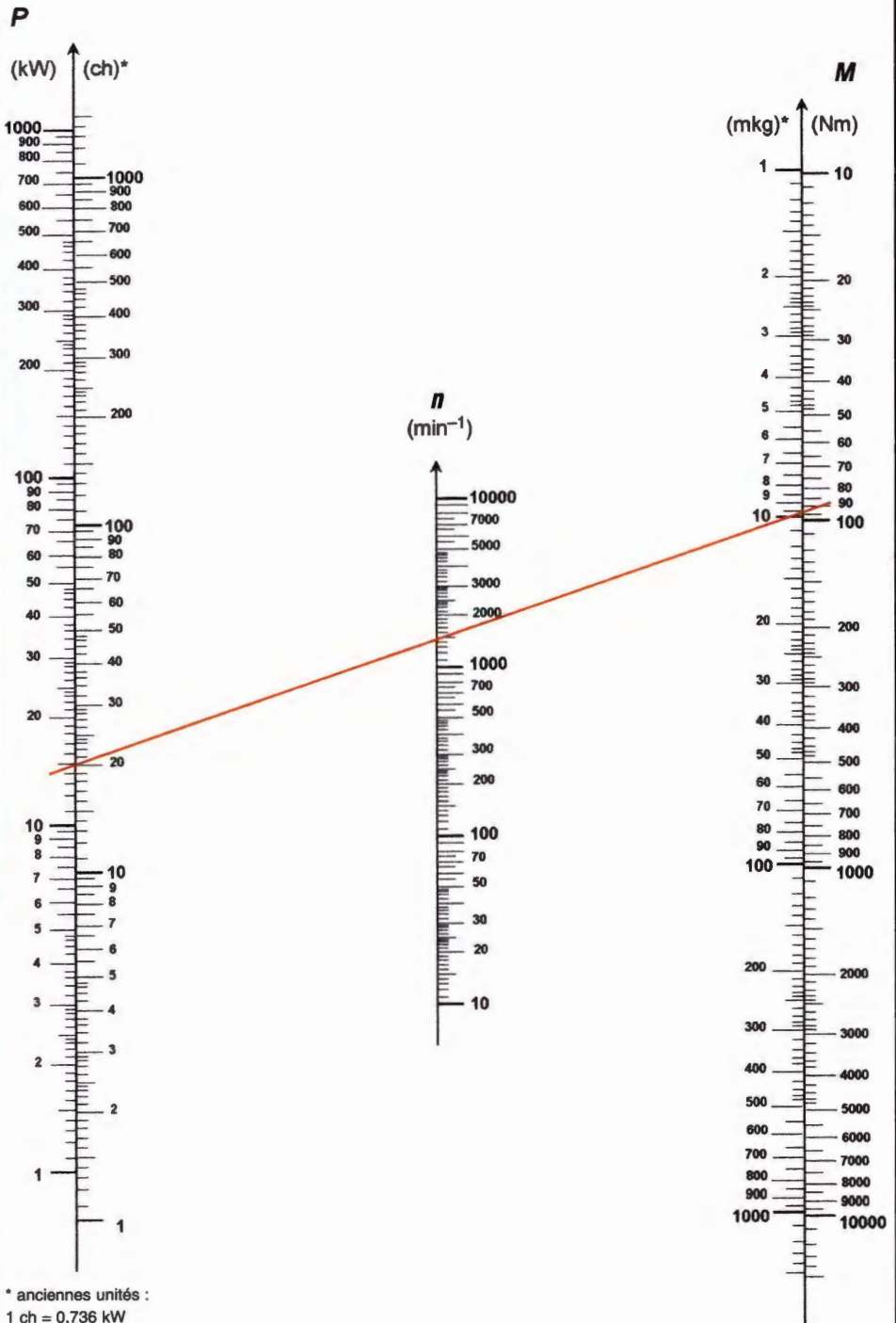
11.1.5.4.  
 GRAPHE DE  
 TRANSFORMATION  
 DE LA  
 PUISSANCE  
 EN COUPLE



**Exemple** : soit le moteur de 15 kW – 1 500 min<sup>-1</sup> (§ 11.1.5.3)  
 l'abaque donne 20 ch ; 9,6 mkg et 64 Nm.

$M_d = 94 \times 2,8 = 263 \text{ Nm}$ .

**Note** : Cet abaque est applicable aux moteurs et aux machines entraînées



\* anciennes unités :  
 1 ch = 0,736 kW  
 1 mkg = 9,81 Nm

## 11.1.6. CONDITIONS DE DÉMARRAGE

### 11.1.6.1. POINTES DE COURANT DU DÉMARRAGE $I_d$ , $I'_d$

#### • Courant de démarrage direct $I_d$ :

Le constructeur indique  $I_d / I_n$  ainsi que  $I_n$  (§ 11.1.11.)

On peut également lire ces valeurs dans le tableau (§ 11.1.5.3.)

**Exemple** : Moteur 11 kW alimenté sous 400 V entre phases,  $n = 1\,500 \text{ min}^{-1}$

Le § 11.1.5.3. donne :  $I_n = 22 \text{ A}$   $I_d / I_n = 6,5$

$$I_d = 22 \times 6,5 = 143 \text{ A}$$

#### • Courant de démarrage $I'_d$ :

Pour un démarrage direct :  $I'_d = I_d$

Dans les autres cas :  $I'_d < I_d$

Le choix de  $I'_d$  (donc du démarreur) dépend du courant admissible  $I_p$  (§ 11.1.4.4.) et du courant admissible en ligne (appareil de protection).

### 11.1.6.2. COUPLES MOTEUR $M_d$ , $M_n$ , $M'_d$

#### • Couple de démarrage direct $M_d$ :

Le constructeur indique  $M_d/M_n$  (§ 11.1.11.)

On peut également lire ces valeurs dans le tableau (§ 11.1.5.3.)

**Exemple** : Moteur 11 kW -  $n = 1\,500 \text{ min}^{-1}$ .

Le § 11.1.5.3. donne  $M_d/M_n = 2,8$

L'abaque § 11.1.5.4. donne  $M_n = 70 \text{ Nm}$ .

$$M_d = 70 \times 2,8 = 196 \text{ Nm}$$

#### • Couple de démarrage $M'_d$ :

Le couple  $M'_d$  dépend du choix du démarreur (§ 11.1.7.)

Démarrage direct :  $M'_d = M_d$

Autres cas :  $M'_d < M_d$

### 11.1.6.3. COUPLES RÉSISTANTS $M_r$ , $M'_n$

Le moteur fournit un couple relatif au démarrage  $M_d / M_n$ .

La machine entraînée nécessite un couple relatif  $M_r / M'_n$  (§ 11.1.2.3.).

L'abaque de transformation (§ 11.1.5.4.) permet, connaissant la puissance et la fréquence de rotation, de déterminer les couples.

Pour que le démarrage et le fonctionnement soient possibles il faut que, quelle que soit la fréquence de rotation, le couple moteur soit toujours supérieur au couple résistant.

**Exemple** : Machine entraînée : (Compresseur à piston)  $P_o = 20 \text{ kW}$  à  $1\,500 \text{ min}^{-1}$  environ

Moteur  $P_n = 22 \text{ kW}$  à  $1\,500 \text{ min}^{-1}$  environ

La courbe (§ 11.1.2.3.) donne  $M_r / M'_n = 2$  (courbe ⑥)

Le tableau (§ 11.1.5.3.) donne  $M_d / M_r = 2,3$

L'abaque (§ 11.1.5.4.) donne  $M'_n$  du compresseur =  $130 \text{ Nm}$ .

$$M_n \text{ du moteur} = 140 \text{ Nm}$$

$$M_r = 130 \times 2 = 260 \text{ Nm}$$

$$M_d = 140 \times 2,3 = 322 \text{ Nm}$$

$$M_d > M_r$$

L'ensemble peut démarrer (Le couple au démarrage du moteur peut être légèrement réduit dans les limites de § 11.1.6.4.).

Dans tous les cas s'assurer que le couple moteur reste supérieur au couple résistant.

11.1.6.4.  
COUPLE  
ACCÉLÉRATEUR  
 $M_a$

$M'_d / M'_n$  : couple de démarrage relatif ramené à la machine entraînée ( $M'_d$  dépend du mode de démarrage)

$M_a / M_n$  : couple accélérateur relatif ramené au moteur

Au démarrage :  $M_a = M_m - M_r$

$M'_n$  : couple nominal résistant

$M_n$  : couple nominal moteur

$M_m$  : couple moteur

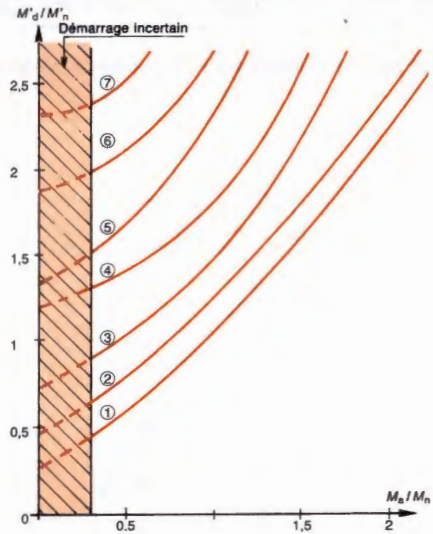
$M_r$  : couple résistant

**Différents types de machines :**

- ① Transmission démarrant entièrement à vide
- ② Machines centrifuges démarrant à vide
- ③ Machines centrifuges démarrant en charge ( $kr^2$ )
- ④ Pompes hélicoïdales centrifuges  
Pompes à hélice
- ⑤ Machines à couple constant
- ⑥ Compresseurs à pistons démarrant sans décompression
- ⑦ Petits compresseurs monocylindriques  
Mouvements horizontaux des charges suspendues

**Remarques :**

Ces courbes sont données pour une première évaluation du couple accélérateur ; elles ne dispensent pas d'un calcul qui nécessite la connaissance exacte de  $M_m$  et de  $M_r$  en fonction de la fréquence de rotation.



**Exemple :** Machine entraînée à  $1\,500\text{ min}^{-1}$

$$M_r \approx \text{Constante } P_e = 32\text{ kW}$$

La courbe ⑤ (§ 11.1.2.3.) donne au démarrage

$$M_r / M'_a \approx 1,1 \text{ pour la machine entraînée.}$$

Le tableau (§ 11.1.5.3.) donne  $P_n = 37\text{ kW}$ .

$$M_d / M_n = 2 \text{ pour le moteur.}$$

L'abaque (§ 11.1.5.4.) donne  $M'_n \approx 210\text{ Nm}$ .

$$M_n \approx 250\text{ Nm.}$$

**Calculs :**  $M_d$  moteur =  $M'_d = 250 \times 2 = 500\text{ Nm}$   
(démarrage direct)

$$M_r \text{ machine} = 210 \times 1,1 = 230\text{ Nm}$$

$$M'_d / M'_n = 500 / 210 = 2,38$$

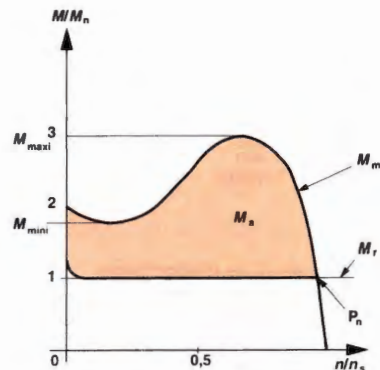
( $M'_d / M'_n$  : couple de démarrage ramené au couple de la machine entraînée)

La courbe (5) (§ 11.1.6.4.) donne  $M_a / M_n = 1,02$

( $M_a / M_n$  : couple accélérateur ramené au couple du moteur)

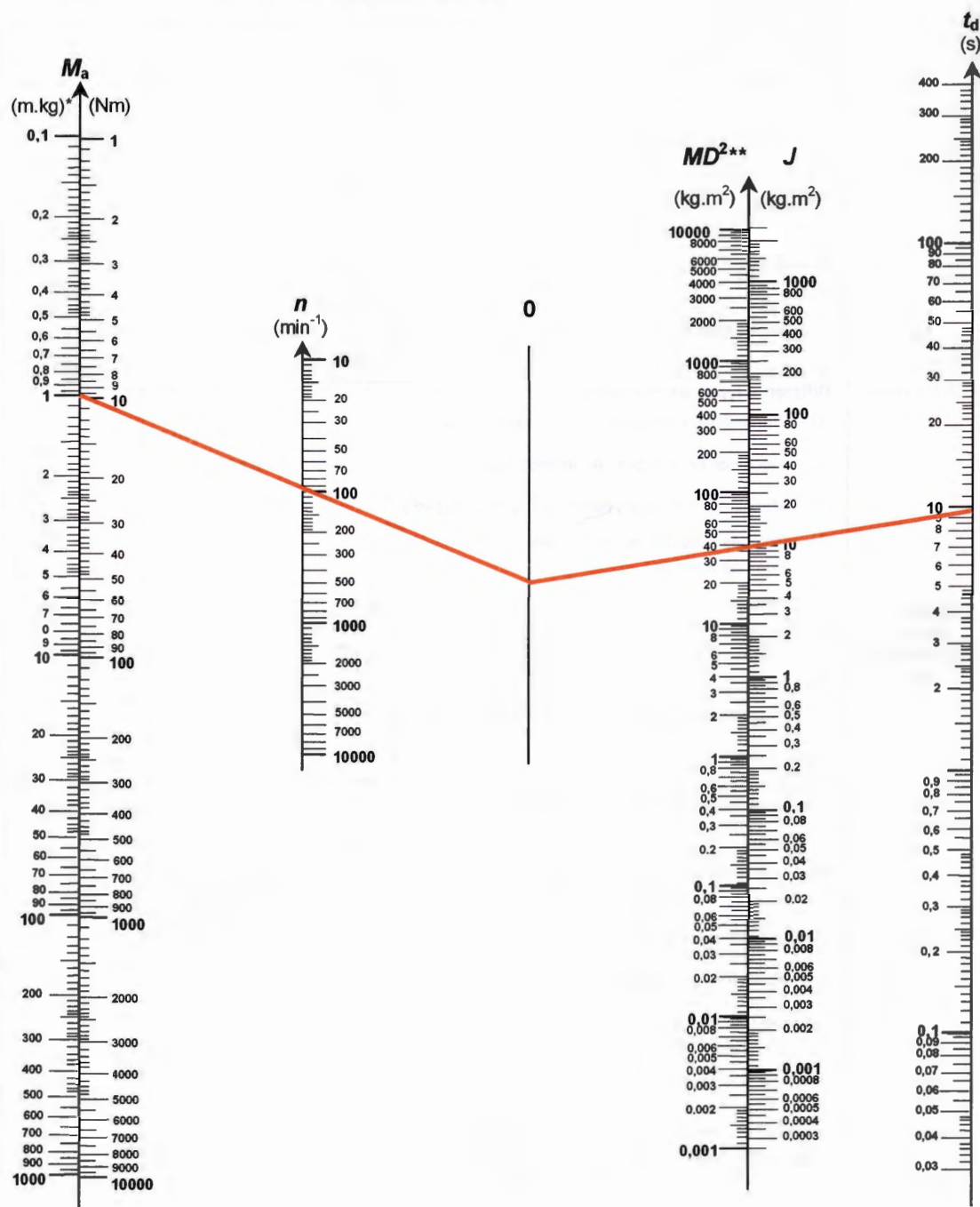
$$\rightarrow M_a = 250 \times 1,02 = 255\text{ Nm}$$

Représentation du  $M_m$ ,  $M_r$  et  $M_a$  ramenés au couple nominal du moteur  $M_n$  en fonction de la fréquence de rotation  $n / n_n$ .



### 11.1.6.5. TEMPS DE DÉMARRAGE ( $t_d$ ) ET TEMPS DE FREINAGE ( $t_f$ )

#### Abaque pour la détermination du temps de démarrage ( $t_d$ )



$n$  : fréquence de rotation finale

$t_d$  : temps de démarrage

$M_a$  : couple accélérateur

$J$  : moment d'inertie

\*\* ancienne grandeur : Moment de giration :  $MD^2 = 4 J$

\* ancienne unité 1 m.kg = 9,81 Nm

**Détermination du temps de démarrage  $t_d$  par le calcul :**

$$t_d = 2,67 \cdot 10^{-3} \frac{MD^2 \cdot n}{M_a^*} = 0,107 \frac{J \cdot n}{M_a}$$

- $t_d$  : temps de démarrage en secondes
- $J$  : moment d'inertie total ramené à  $n$  en  $\text{kg.m}^2$
- $n$  : fréquence de rotation finale en  $\text{min}^{-1}$
- $M_a^*$  : couple accélérateur en  $\text{m.kg}$ .
- $M_a$  : couple accélérateur en  $\text{Nm}$
- $MD^2$  : moment de giration total ramené à  $n$  en  $\text{kg.m}^2$

**Détermination du temps de freinage  $t_f$  par le calcul :**

$$t_f = 0,281 \cdot 10^{-6} \frac{MD^2 \cdot n^2}{P} = 1,125 \cdot 10^{-6} \frac{J \cdot n^2}{P}$$

(freinage électrique à contre-courant)

- $t_f$  : temps de freinage en secondes
- $J$  : moment d'inertie total ramené à  $n$  en  $\text{kg.m}^2$
- $n$  : fréquence de rotation au début du freinage en  $\text{min}^{-1}$
- $P$  : puissance de freinage en  $\text{kW}$
- $MD^2$  : moment de giration total ramené à  $n$  en  $\text{kg.m}^2$

**Exemple :**

- Une machine entraînée par l'intermédiaire d'un réducteur ( $K_r = 10$ ) présente un moment d'inertie de  $9,15 \text{ kg.m}^2$  (ou un moment de giration  $MD^2$  de  $36,6 \text{ kg m}^2$ )
  - Le réducteur présente une inertie de  $0,5 \text{ kg.m}^2$  ramenée sur son arbre d'entrée.
  - Le moteur d'entraînement est du type LS 132 S/4.
  - Le couple accélérateur fourni par l'arbre de sortie du réducteur est de  $10 \text{ Nm}$  jusqu'à  $100 \text{ min}^{-1}$ .
  - Définir le temps pour atteindre  $100 \text{ min}^{-1}$ .
  - Définir le temps de freinage à partir de la vitesse nominale du moteur ( $P_f = P_n$ ).

- **Temps de démarrage  $t_d$**  pour atteindre  $100 \text{ min}^{-1}$  à la sortie du réducteur :  $J$  à  $100 \text{ min}^{-1} = 9,15 \text{ kg.m}^2$ .

- L'abaque § 11.1.6.5. indique  $t_d : 10 \text{ s}$ .
- Le calcul donne  $t_d = 0,107 \times 9,15 \times 100/10 = 9,8 \text{ s}$ .

- **Temps de freinage  $t_f$**  du moteur :

- Le tableau § 11.1.12.4. donne  $J$  rotor =  $0,021 \text{ 125 kg.m}^2$  à  $1 \text{ 435 min}^{-1}$   
 $P_n : 5,5 \text{ kW}$   
 $J$  total ramené à  $1 \text{ 435 min}^{-1} : (0,021 \text{ 125} + 0,5 + 9,15/10^2) = 0,6125 \text{ kg.m}^2$
- Le calcul donne  $t_f = 1,125 \cdot 10^{-6} \frac{0,6125 \times 1 \text{ 435}^2}{5,5} \approx 0,3 \text{ s}$ .

(On suppose un freinage à contre-courant sans limitation de  $t_f$ )

## 11.1.7. CHOIX DU DÉMARREUR

**Notes :**

- Petite puissance (PP) :  $P_e \leq 10$  kW environ
- Puissance moyenne (PM) :  $10 < P_e \leq 100$  kW environ
- Grande puissance (PG) :  $P_e > 100$  kW environ.

**Légendes :**

- Modes de démarrage : O : oui  
N : non  
P : possible

Types de machines (Exemples)	Conditions de mise en route		Puissances			Réseau		Modes de démarrage						
	$M_d/M_n$	J	PP	PM	PG	$> 8 I_n$	$< 8 I_n$	D	YD	Y.DR.D	RS	AT	RR	
Machines-outils (tours, fraiseuses rectifieuses)	$\leq 0,5$	faible	X			X		O	P	P	P	N	N	
			X				X	N	O	P	P	P	N	N
	$\leq 0,5$	important		X		X		O	P	P	P	N	P*	
			X	X		X	X	N	O	P	P	P	N	O*
Machines à bois (scie circulaire, scie à ruban, raboteuse, fraise...)	$\leq 0,5$	sans volant	X			X		O	P	P	P	N	N	
			X				X	N	O	P	P	P	N	N
	$\leq 0,5$	avec volant		X		X		O	P	P	P	N	P*	
			X	X		X	X	N	O	P	P	P	N	O*
Pompes centrifuges (vanne fermée)	$\leq 0,5$	faible	X			X		O	P	P	P	N	N	
			X				X	N	O	N	N	P	N	N
				X			X	N	N	N	N	O	N	P*
					X		X	N	N	N	N	O	P	O*
Pompes centrifuges (vanne ouverte)	0,8 à 1	faible	X			X		O	N	N	P	N	N	
			X				X	N	N	N	O	N	N	
				X			X	N	N	N	N	O	N	P*
				X		X	X	N	N	N	O	P	O	
Pompes centrifuges (vanne ouverte ou fermée)	0,5 à 1	important		X		X		P	N	N	N	P	O	
				X			X	N	N	N	N	P	O	
					X		X	P	N	N	N	O	O	
					X		X	N	N	N	N	O	O	
Ventilateurs (aspirateurs, turbine...)	1	faible $t_d \leq 8$ s	X			X		O	N	N	P	N	N	
			X				X	N	N	N	O	N	N	
		Faible $t_d \leq 10$ s		X		X		O	N	N	P	N	P*	
				X		X	X	N	N	N	O	N	O*	
		Important $t_d \leq 10$ s		X		X		O	N	N	P	P	P	
				X	X		X	X	N	N	N	O	P	O

11.1.7.1.  
CHOIX DU  
DÉMARREUR  
SUIVANT  
LE TYPE  
DE MACHINE  
ENTRAÎNÉE

Types de machines (Exemples)	Conditions de mise en route		Puissances			Réseau		Modes de démarrage					
	$M_d/M_n$	J	PP	PM	PG	$> 8 I_n$	$< 8 I_n$	D	YD	Y.DR.D	RS	AT	RR
Compresseurs pour petits appareils frigorifiques	2 à 2,5	petite	X			X		O	N	N	N	N	N
Pompes à hélice (pompes volumétriques, pompes à engrenages, pompes à palettes...)	0,8 à 1,2	vanne	X			X		O	N	N	P	N	N
			X				X	O	N	N	O	N	P*
				X			X	O	N	N	P	N	O*
					X		X	P	N	N	O	N	P*
Compresseurs à piston (sans décompression)	≥ 1,5	sans volant	X			X		O	N	N	N	N	P*
			X				X	O	N	N	N	N	O*
				X			X	O	N	N	N	N	O*
	≥ 1,5	$t_d > 8$ s avec volant $t_d > 10$ s		X		X		O	N	N	N	N	P
			X				X	O	N	N	N	N	O
				X			X	P	N	N	N	N	O
Compresseurs à piston (avec décompression)	0,8 à 1		X			X		O	N	N	P	N	N
			X				X	O	N	N	O	N	P*
	0,5 à 0,8	sans volant		X		X		O	N	N	P	N	P*
Compresseurs rotatifs	1,5			X				O	N	N	N	N	P*
				X			X	O	N	N	N	N	O*
					X		X	O	N	N	N	N	O*
						X	X	O	N	N	N	N	P
Transporteurs (à bandes, à godets, convoyeurs)	1 à 1,5	Démarrage à vide	X			X		O	N	N	P	N	N
			X				X	O	N	N	O	N	N
		Démarrage en charge	X			X		O	N	N	P	N	N
			X				X	O	N	N	O	N	P*

	Types de machines (Exemples)	Conditions de mise en route		Puissances			Réseau		Modes de démarrage					
		$M_d/M_n$	J	PP	PM	PG	$> 8 I_n$	$< 8 I_n$	D	YD	Y.DR.D	RS	AT	RR
CHOIX DU DÉMARREUR SUIVANT LE TYPE DE MACHINE ENTRAÎNÉE	Broyeurs et concasseurs (faible inertie)	1 à 1,8	$t_d \leq 8$ s	X			X		O	N	N	P	N	N
				X			X	X	N	N	N	O	N	P*
		$t_d \leq 10$ s		X			X		O	N	N	P	N	P*
		$t_d$ indifférent				X	X	X	N	N	N	N	N	O
	Broyeurs et concasseurs (forte inertie)	1 à 1,8	$t_d > 8$ s	X			X		O	N	N	N	N	P
				X			X	X	N	N	N	N	N	O
		$t_d > 10$ s		X			X		P	N	N	N	N	O
		$t_d$ indifférent				X	X	X	N	N	N	N	N	O
	Essoreuses centrifugeuses	0,5 à 1,5	important	X			X		P	N	N	N	N	O
				X				X	N	N	N	N	N	O
					X	X	X		N	N	N	N	N	O
	Matériel de levage	2 à 2,5		X			X		P	N	N	N	N	O
X							X	N	N	N	N	N	O	
				X	X	X		N	N	N	N	N	O	
Groupe convertisseur (alternateur, génératrice, Ward Leonard...)	0,5 à 1	sans volant	X			X		O	P	N	N	N	N	
			X			X	X	N	O	P	N	P	N	
				X	X	X		O	P	N	N	N	P*	
				X	X	X	X	N	O	P	N	N	P*	
Téléphérique Télécabine Télébenne Téléski, télésiège	1 à 1,2			X		X		P	N	N	N	N	O	
				X			X	N	N	N	N	N	O	
Transmissions (paliers et coussinets)	1	faible		X		X		O	P	N	N	N	N	
				X			X	N	O	P	P	N	P*	
					X	X	X		N	N	N	N	N	O
Transmissions (paliers à roulements)	0,8	faible		X	X	X		O	P	N	P	N	P*	
				X	X		X	N	P	N	N	N	O	

**Remarques :** – Démarrage par élimination de résistances rotoriques :  
P\* possible avec moteur à coupleur centrifuge (rotor bobiné)  
O\* oui avec moteur à coupleur centrifuge (rotor bobiné)  
– Prendre le démarrage le moins onéreux si plusieurs solutions sont possibles (§ 11.1.7.3.)

Modos de démarrage	Symbole lettre	Couple au démarrage $M'_d$	Courant au démarrage $I'_d$	Nombre d'étapes	Nombre de contacteurs	$t_d$ max	Adaptation de $M'_d$ et $I'_d$
Direct	D	$M_d$ (1)	$I_d$ (1)	1	1	8 s	non
Étoile-Triangle	Y.D	$M_d/3$	$I_d/3$	2	3	8 s	non
Étoile Triangle résistance Triangle	Y.DR.D	$M_d/3$	$I_d/3$	3	4	10 s	non
Résistances statoriques	RS	$K^2 \cdot M_d$	$K \cdot I_d$	$n_e$	$n_e$	$\approx 15$ s	oui
Autotransformateur	AT	$K^2 \cdot M_d$	$1,1 \cdot K^2 \cdot I_d$	$n_e \geq 3$	si $n_e = 3 \Rightarrow 3$ si $n_e > 3 \Rightarrow n_e + 1$	$\approx 15$ s	oui
Résistances rotoriques *	RR	$\leq M_{max}$	$\left( Q + \frac{M'_d}{M_n} \right) I_n$	$n_e$	$n_e$	$\approx 25$ s	oui

\* Nécessite un moteur à bagues (rotor bobiné) ou un moteur à coupleur (rotor bobiné)

(1) Ce sont les valeurs données dans le tableau (§ 11.1.5.3.) ou les tableaux (§ 11.1.12.).

$K = U' / U$  avec  $U'$  tension aux bornes du moteur au démarrage.

Seuls les démarrages du type RS, AT et RR permettent d'adapter le couple au démarrage  $M'_d$  en fonction des besoins de l'utilisateur.

**Exemple :** Moteur **LEROY-SOMER** de 30 kW – Alimentation triphasée 400 V.

Couple au démarrage  $M'_d$  souhaité :  $M'_d/M_n \approx 1,4$      $n_s = 1\ 500 \text{ min}^{-1}$ .

Machine entraînée  $M_r$  du type  $kn^2$ .

a) Moteur rotor à cage → type LS 200 LT (§ 11.1.12.4.)

$$I_n \text{ sous } 400 \text{ V} = 60 \text{ A}; \quad M_d/M_n \approx 2,5; \quad I_d/I_n = 6,3.$$

– Démarrage RS →  $K^2 = M'_d/M_d = 1,4/2,5 = 0,56 \rightarrow K = 0,75$

$$K = U' / U = 0,75 \rightarrow U' = KU = 0,75 \times 400 = 300 \text{ V}$$

$$I'_d = K I_d = 0,75 \times 6,3 \times 60 = 284 \text{ A.}$$

( $U'$ ;  $M'_d$ ;  $I'_d$  = valeurs au démarrage)

– Démarrage AT →  $K^2 = M'_d/M_n = 0,56 \rightarrow K = 0,75$ .

$$U' = K U = 0,75 \times 400 = 300 \text{ V.}$$

$$I'_d = 1,1 K^2 I_d = 1,1 \times 0,56 \times 6,3 \times 60 = 233 \text{ A.}$$

b) Moteur rotor bobiné → type FB 225 Mv/4 (§ 11.1.12.4.)

$$I_n \text{ sous } 400 \text{ V} = 59 \text{ A}; \quad M_{max}/M_n = 3.$$

– Démarrage RR →  $U' = U = 400 \text{ V.}$

$$M'_d/M_n < M_{max}/M_n$$

–  $Q$  dépend du couple souhaité au démarrage  $M'_d$  et du type du couple résistant  $M_r$  de la machine entraînée. Valeurs de  $Q$  (§ 11.1.9.6.).

→  $Q = 1$ .

$$I'_d = I_n (M'_d/M_n + Q) = 59 (1 + 1) = 118 \text{ A.}$$

11.1.7.2.  
TABLEAU  
COMPARATIF  
DES MODES  
DE DÉMARRAGE

**11.1.7.3.  
CRITÈRES  
ÉCONOMIQUES**

Le prix total d'une installation tient compte :  
 – du prix du moteur,  
 – du prix du démarreur (contacteurs, sectionneur, protections, coffret...),  
 – du prix de la mise en place.  
 L'indice de base est de 100, il correspond à la valeur du moteur rotor à cage.

*Tableaux comparatifs suivant la puissance du moteur :*  
 (Les indices figurant dans ces tableaux sont donnés à titre indicatif.)

**MOTEURS DE FAIBLE PUISSANCE ( $P_n \leq 10$  kW environ)**

Type de moteur	Valeur	Appareillage Type de démarrage	Valeur	Valeur totale de l'installation
Moteur rotor à cage	100	Contacteur tripolaire Démarrage D	22	122
Moteur rotor à cage	100	Contacteurs tripolaires Démarrage Y.D.	44	144
Moteur rotor à cage	100	Contacteurs tripolaires Démarrage Y. DR. D	68	168
Moteur rotor à cage	100	Contacteurs tripolaires Démarrage RS (3 temps)	70	170
Moteur rotor bobiné coupleur centrifuge	150	Contacteur tripolaire	22	172
Moteur rotor bobiné à bagues	200	Contacteurs tripolaires Démarrage RR (3 temps)	70	270

*Remarque :* RR et RS sont des résistances métalliques dans l'air ambiant.

**MOTEURS DE MOYENNE PUISSANCE ( $10 < P_n \leq 100$  kW environ)**

Type de moteur	Valeur	Appareillage Type de démarrage	Valeur	Valeur totale de l'installation
Moteur rotor à cage	100	Contacteur tripolaire Démarrage D	20	120
Moteur rotor à cage	100	Contacteurs tripolaires Démarrage Y.D.	40	140
Moteur rotor à cage	100	Contacteurs tripolaires Démarrage Y. DR. D	63	163
Moteur rotor à cage	100	Contacteurs tripolaires Démarrage RS (3 temps)	66	166
Moteur rotor bobiné coupleur centrifuge	150	Contacteur tripolaire	20	170
Moteur rotor bobiné à bagues	170	Contacteurs tripolaires Démarrage RR (3 temps)	66	236
Moteur rotor bobiné à bagues	170	Contacteur tripolaire Rhéostat de démarrage dans l'huile	42	212
Moteur rotor bobiné à bagues	170	Contacteur tripolaire Rhéostat de démarrage liquide vapeur	62	232

MOTEURS DE GRANDE PUISSANCE ( $P_n > 100$ kW environ)				
Type de moteur	Valeur	Appareillage Type de démarrage	Valeur	Valeur totale de l'installation
Moteur rotor à cage	100	Contacteur tripolaire Démarrage D	15	115
Moteur rotor à cage	100	Contacteurs tripolaires Démarrage Y.D.	30	130
Moteur rotor à cage	100	Contacteurs tripolaires Démarrage RS (3 temps)	50	150
Moteur rotor à cage	100	Contacteurs tripolaires Démarrage AT (3 temps)	90	190
Moteur rotor bobiné coupleur centrifuge	150	Contacteur tripolaire	15	165
Moteur rotor bobiné à bagues	130	Contacteurs tripolaires Démarrage RR (3 temps)	55	185
Moteur rotor bobiné à bagues	130	Contacteur tripolaire Rhéostat de démarrage dans l'huile	35	165
Moteur rotor bobiné à bagues	130	Contacteur tripolaire Rhéostat de démarrage liquide-vapeur	50	180

Une étude menée par EDF et le CEREN (Centre d'Études et de Recherches Économiques, financé par tous les producteurs d'énergie et l'ADEME – *Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie*) a effectué le recensement des moteurs.

- 15 millions de moteurs ont une puissance inférieure à 4 kW
- 0,5 million de moteurs ont une puissance supérieure à 30 kW ; *ces moteurs de forte puissance sont en augmentation de 15 % en moyenne tous les 5 ans.*

• Sur un échantillon de 50 700 moteurs recensés, ceux de plus de 10 kW ont un âge moyen de 12 à 15 ans : *dans les années à venir, un fort taux de remplacement des moteurs sera donc observé, et dont la vitesse variable pourrait bénéficier.*

- La consommation des moteurs représente 85 TWh (térawatt heure : 1 milliard de kWh).

- Répartition des consommations et économies envisagées.

11.1.7.4.  
ÉVOLUTION DU  
MARCHÉ DES  
MOTEURS

<b>Domaine de la vitesse variable</b>	process	12,5 TWh	14 %
	optimisation de process économie d'énergie	1,5 TWh	
<b>Autres domaines (1)</b>	pompage	50 TWh	86 %
	compression		
	ventilation		
	particuliers	9 TWh	
<b>Économie envisagée</b>	consommation actuelle d'éclairage domestique ou 1/2 tranche nucléaire	4,7 TWh	25 % de la consommation en (1)

# 11.1.8. DÉMARRAGE ET FREINAGE DES MOTEURS ASYNCHRONES

(Les convertisseurs statiques sont traités chapitre 13)

## 11.1.8.1. DÉMARRAGE DES MOTEURS ASYNCHRONES MONOPHASÉS À CONDENSATEUR PERMANENT

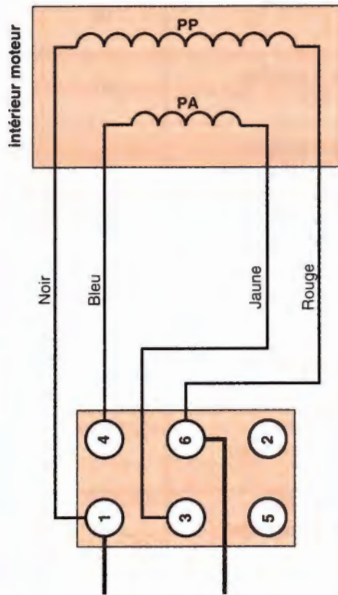


Schéma de principe

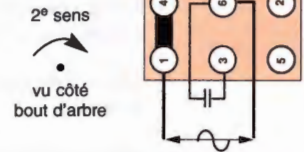
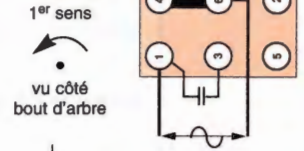


Schéma de branchement

### PLAQUE À BORNES

Condensateur raccordé sur branchement  
1 TENSION – 2 SENS DE ROTATION

## 11.1.8.2. DÉMARRAGE DES MOTEURS ASYNCHRONES MONOPHASÉS À COUPLEUR CENTRIFUGE ET À CONDENSATEUR PERMANENT

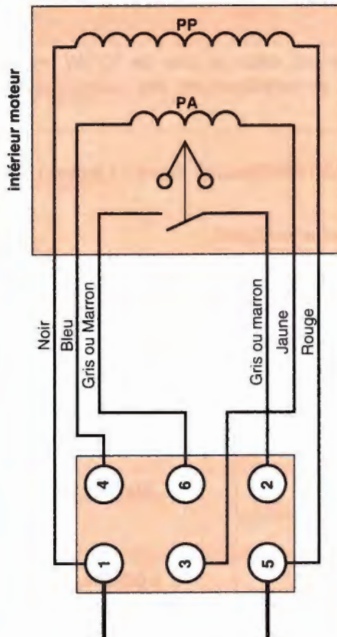


Schéma de principe

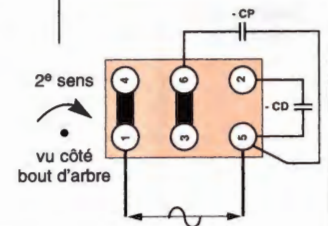
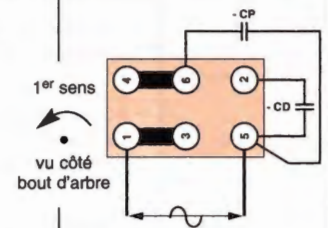
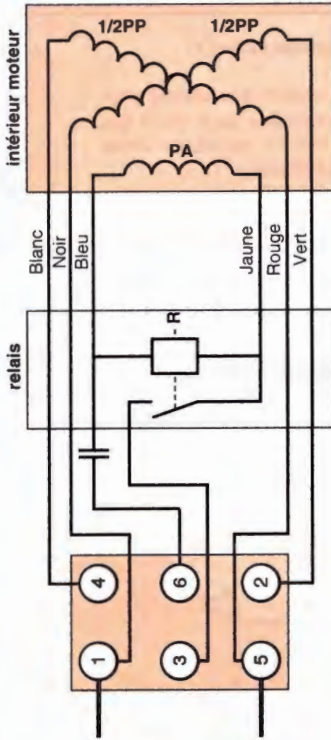


Schéma de branchement

### PLAQUE À BORNES

Condensateurs raccordés sur branchement  
1 TENSION – 2 SENS DE ROTATION

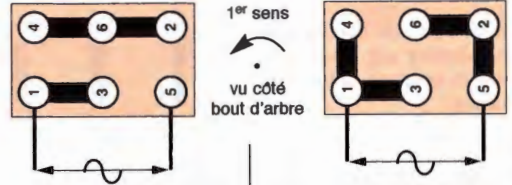
**11.1.8.3.  
DÉMARRAGE  
DES MOTEURS  
ASYNCHRONES  
MONOPHASÉS  
À RELAIS DE  
DÉMARRAGE**



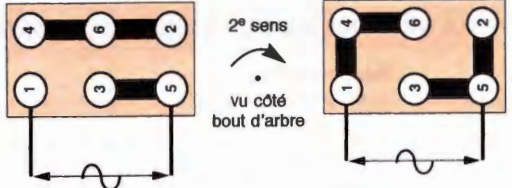
**Schéma de principe**

230 V

115 V



1<sup>er</sup> sens  
vu côté  
bout d'arbre



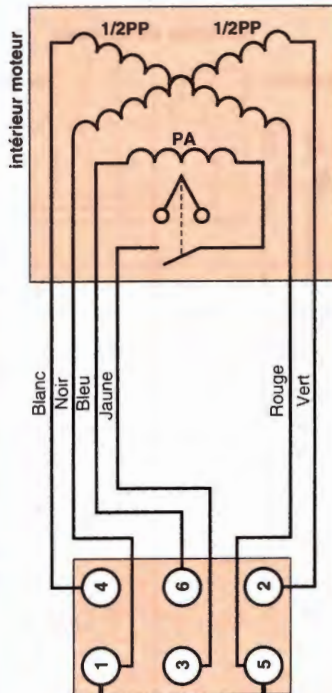
2<sup>e</sup> sens  
vu côté  
bout d'arbre

**Schéma de branchement**

**PLAQUE À BORNES**

2 TENSIONS – 2 SENS DE ROTATION

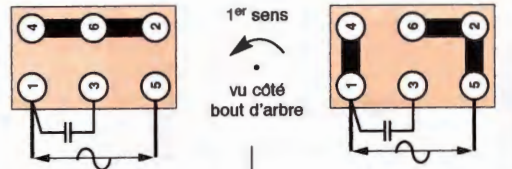
**11.1.8.4.  
DÉMARRAGE  
DES MOTEURS  
ASYNCHRONES  
MONOPHASÉS  
À COUPLEUR  
CENTRIFUGE**



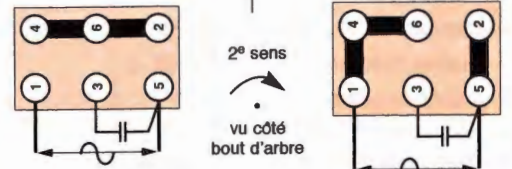
**Schéma de principe**

230 V | ou tension  
supérieure

115 V | ou tension  
inférieure



1<sup>er</sup> sens  
vu côté  
bout d'arbre



2<sup>e</sup> sens  
vu côté  
bout d'arbre

**Schéma de branchement**

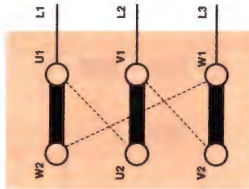
**PLAQUE À BORNES**

Condensateur raccordé sur branchement  
2 TENSIONS – 2 SENS DE ROTATION

### 11.1.8.5. RACCORDEMENT DE LA PLAQUE À BORNES DES MOTEURS ASYNCHRONES TRIPHASÉS

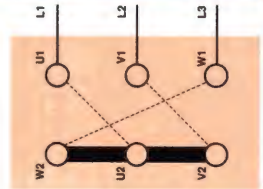
#### Couplage triangle (D)

La tension aux bornes d'un enroulement est égale à la tension existante entre deux phases.



#### Couplage étoile (Y)

La tension aux bornes d'un enroulement vaut  $1/\sqrt{3}$  fois la tension existante entre deux phases.



**Exemple :** Moteur 400/690 V : réseau 400 V.

**Exemple :** Moteur 230/400 V : réseau 400 V.

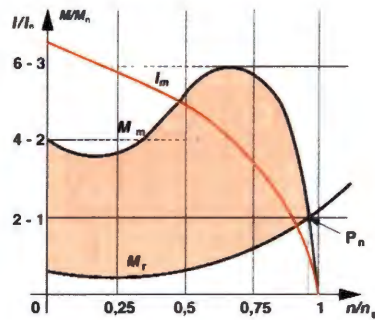
- Les enroulements du moteur sont raccordés respectivement entre U et X ; V et Y ; W et Z.
- Les trois phases I, II et III alimentent respectivement les bornes U, V et W.

### 11.1.8.6. DÉMARRAGE DIRECT (D) DES MOTEURS ASYNCHRONES TRIPHASÉS À CAGE

#### Représentation simplifiée



#### Courbes caractéristiques

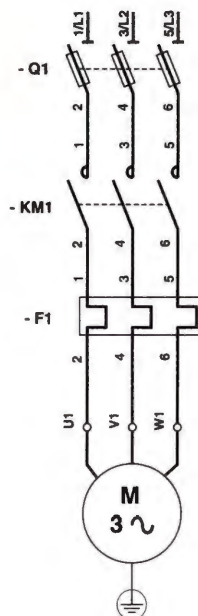


#### Identification calibrage

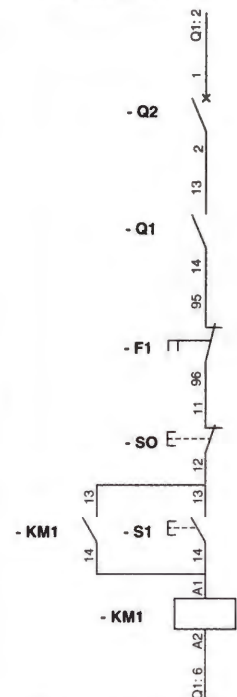
IDENTIFICATION	DÉSIGNATION	CALIBRAGE
S0	BP arrêt (1 "O")	-
S1	BP marche (1 "F")	-
Q1	Sectionneur 3 "P" + 1 "F" Fusibles "puissance"	$I_n$ 3 . aM . $I_n$
Q2	Disjoncteur contrôle	1 "F"
KM1	Contacteur 3 "P" + 1 "F"	$I_n$
F1	Relais thermique, 1 "O"	réglé à $I_n$
M	Moteur triphasé (à cage)	$I_n$

#### Schémas développés

##### de puissance



##### de commande

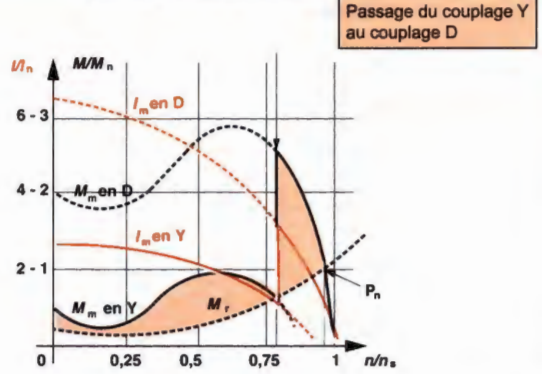


### 11.1.8.7. DÉMARRAGE ÉTOILE-TRIANGLE (YD) MOTEURS ASYNCHRONES TRIPHASÉS

Représentation simplifiée

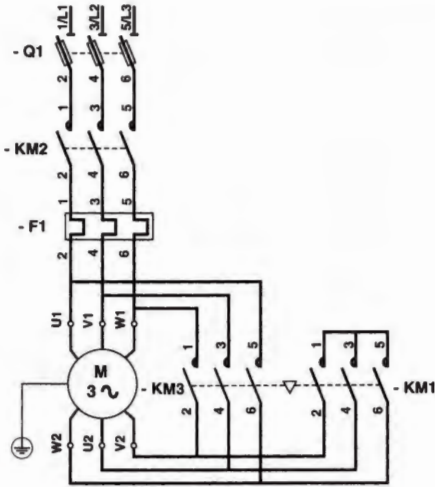


Courbes caractéristiques

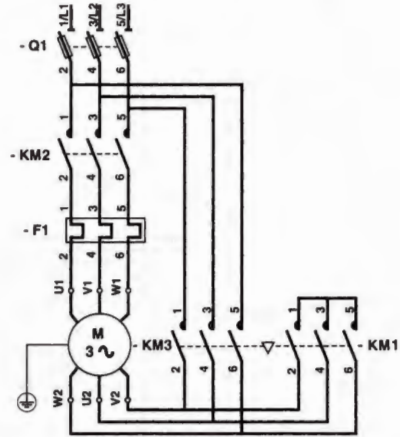


Schémas développés de la puissance

variante 1



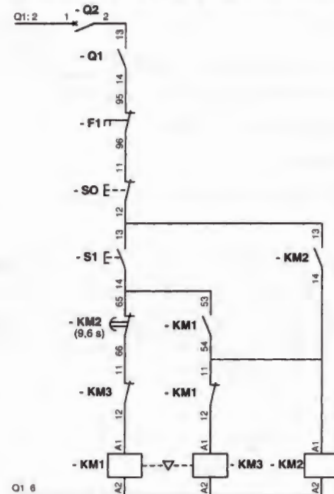
variante 2



Identification - Calibrage

Ident.	DÉSIGNATION	Calibrage	
		①	②
S0	BP arrêt (1 "0")	-	-
S1	BP marche (1 "F")	-	-
Q1	Sectionneur 3 "P" + 1 "F" Fusibles "puissance"	$I_n$	$I_n$
Q2	Disjoncteur contrôle 1 "F"	-	-
KM1	Contacteur Y. 3 "P" + 1 "0" + 1 "F"	$I_n / 3$	$I_n / 3$
KM2	Contacteur 3 "P" + 1 "F" + 1 "F" tp	$I_n$	$I_n \sqrt{3}$
KM3	Contacteur D. 3 "P" + 1 "0"	$I_n / \sqrt{3}$	$I_n \sqrt{3}$
F1	Relais thermique, 1 "0"	$I_n$	$I_n \sqrt{3}$
M	Moteur triphasé (à cage)	$I_n$	$I_n$

Schéma développé de la commande



Note : Calcul du temps de démarrage (§ 11.1.9.2.).

### 11.1.8.8. DÉMARRAGE ÉTOILE – TRIANGLE RÉSISTANCE – TRIANGLE (Y. DR. D)

Représentation simplifiée



Courbes caractéristiques

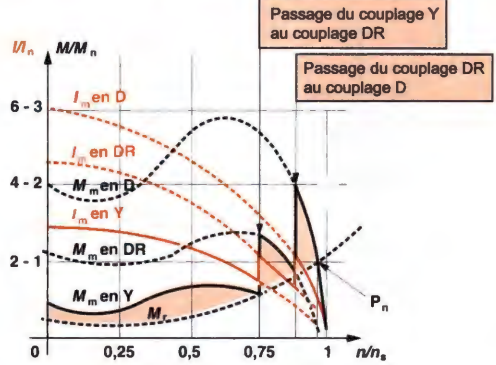
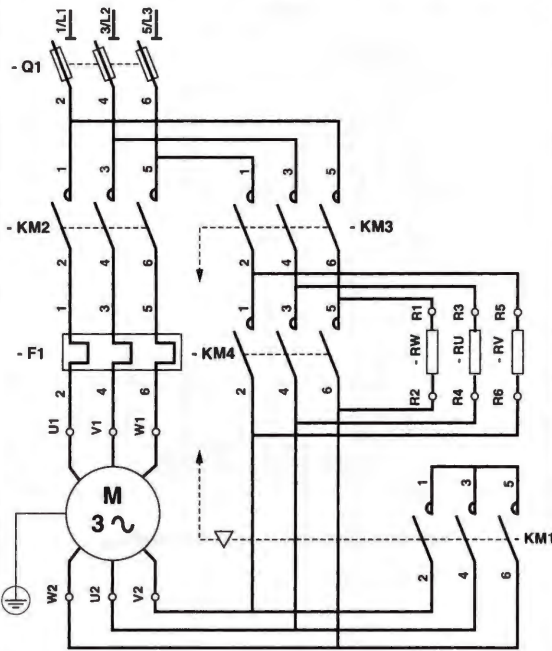


Schéma développé de la puissance



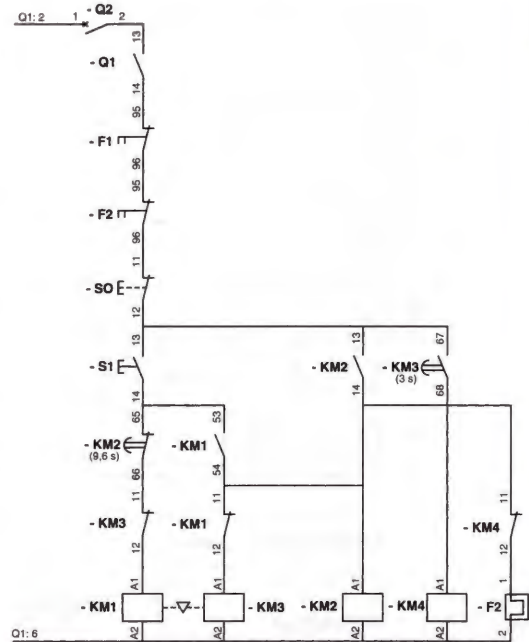
M : Moteur triphasé rotor à cage

Intensité nominale :  $I_n$

RW - RV - RU : résistances statoriques (§ 11.1.9.)

Schéma développé de la commande

Note : Les temps de démarrage sont déterminés (§ 11.1.9.3.)

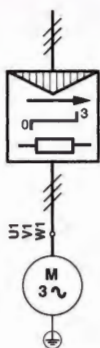


#### IDENTIFICATION – CALIBRAGE

Identification	Désignation	Calibrage	Identification	Désignation	Calibrage
S0	BP arrêt (1 "O")		Q2	Disjoncteur contrôle 1 "F"	
S1	BP marche (1 "F")		KM1	Contacteur Y. 3 "P"	$I_n/3$
Q1	Sectionneur 3 "P" + 1 "F" Fusibles "puissance"	$I_n$ $3 \cdot aM \cdot I_n$	KM2-KM3-KM4	Contacteur 3 "P"	$I_n\sqrt{3}$
			F1	Relais thermique, 1 "O"	$I_n\sqrt{3}$
			F2	Relais de protection 1 "O"	$t_d \text{ maxi}$

### 11.1.8.9. DÉMARRAGE PAR ÉLIMINATION DE RÉSISTANCES STATORIQUES (RS)

Représentation simplifiée



Courbes caractéristiques

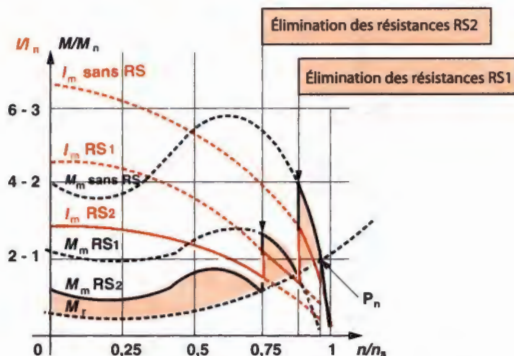
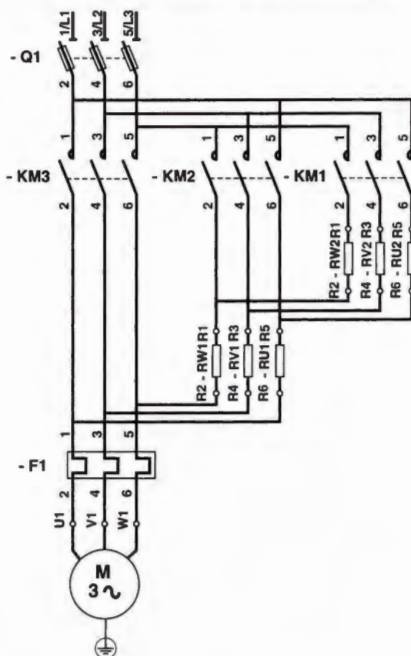


Schéma développé de la puissance

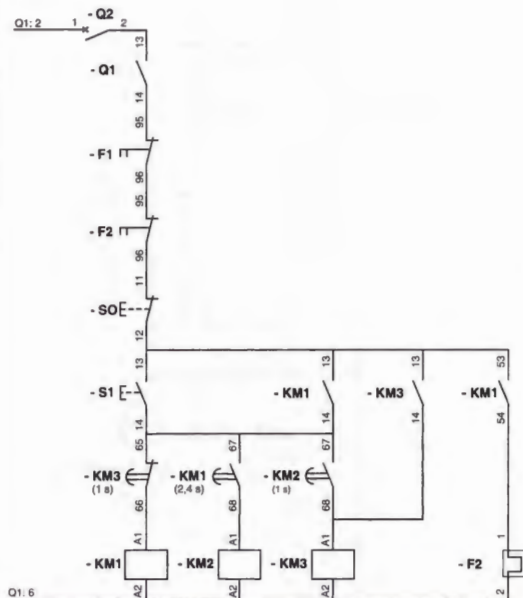


Choix des résistances (§ 11.1.9.)

Les résistances peuvent être remplacées par un démarreur électrolytique pour les moteurs de forte puissance.

Schéma développé de la commande

Note : Calcul des temps de démarrage (§ 11.1.9.4.).



### IDENTIFICATION - CALIBRAGE

Identification	Désignation	Calibrage	Identification	Désignation	Calibrage
S0	BP arrêt : (1 "0")		F2	Relais de protection 1 "0"	$t_d$ maxi
S1	BP marche (1 "F")		Q2	Disjoncteur contrôle 1 "F"	
Q1	Sectionneur 3 "P" + 1 "F" Fusibles "puissance"	$I_n$ $3 \cdot aM \cdot I_n$	KM1-KM2	Contacteur 3 "P"	$I_n/2$
F1	Relais thermique, 1 "0"	réglé à $I_n$	KM3	Contacteurs 3 "P"	$I_n$
			M	Moteur triphasé (à cage)	$I_n$

### 11.1.8.10. DÉMARRAGE PAR AUTOTRANSFORMATEUR (AT)

Représentation simplifiée



Courbes caractéristiques

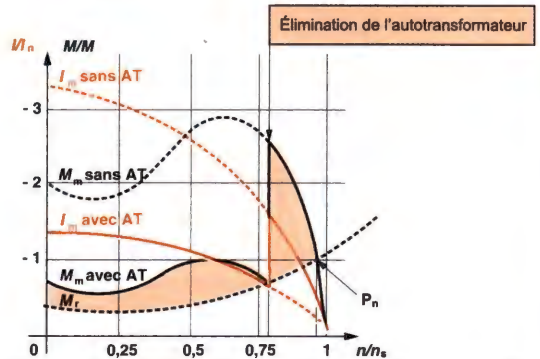


Schéma développé de la puissance

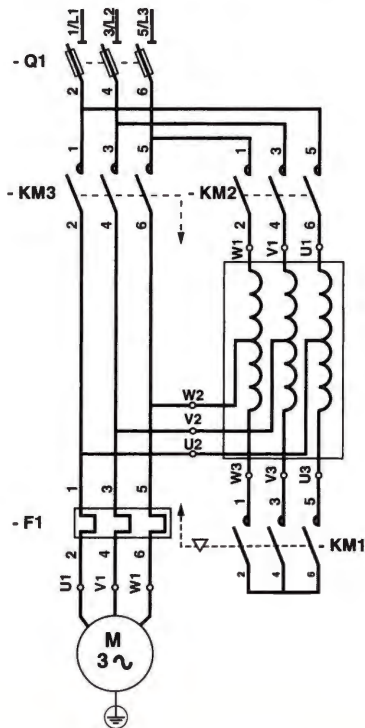
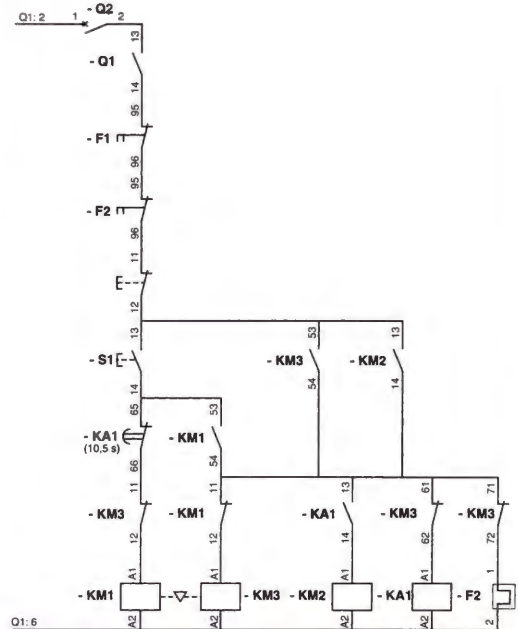


Schéma développé de la commande

Note : Les temps de démarrage sont déterminés (§ 11.1.9.5.).

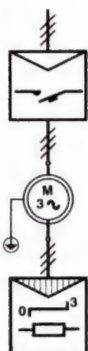


### IDENTIFICATION - CALIBRAGE

Identification	Désignation	Calibrage	Identification	Désignation	Calibrage
S0	BP arrêt : (1 "O")		F2	Relais de protection 1 "O"	
S1	BP marche (1 "F")		Q2	Disjoncteur contrôle 1 "F"	
Q1	Sectionneur 3 "P" + 1 "F"	$I_n$	KA1	Relais auxiliaire 1 "F" + 1 "O" tp	-
	Fusibles "puissance"	$3 \cdot aM \cdot I_n$	KM1-KM2-KM3	Contacteur 3 "P"	$I_n$
F1	Relais thermique 1 "O"	réglé à $I_n$	M	Moteur triphasé (à cage)	$I_n$

### 11.1.8.11. DÉMARRAGE PAR ÉLIMINATION DE RÉISTANCES ROTORIQUES (RR)

Représentation simplifiée



Courbes caractéristiques

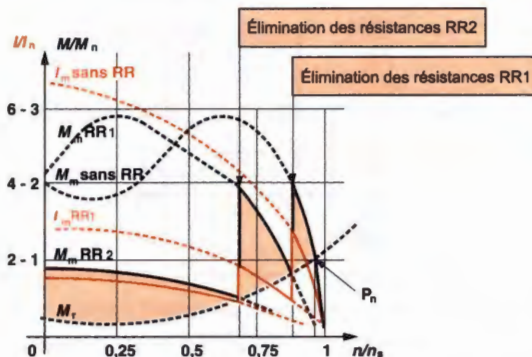


Schéma développé de la puissance

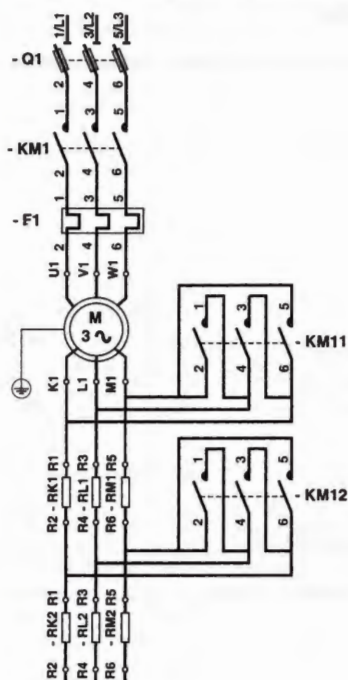
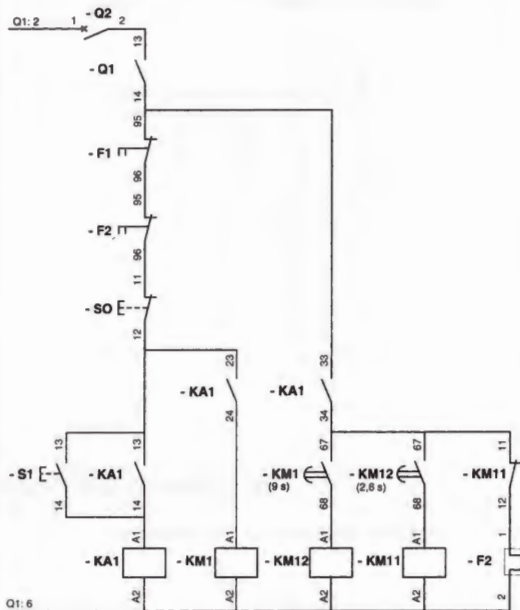


Schéma développé de la commande

Note : Calcul des temps de démarrage (§ 11.1.9.6).



Choix des résistances (§ 11.1.9.6)

Les résistances peuvent être remplacées par un démarreur électrolytique pour les moteurs de forte puissance.

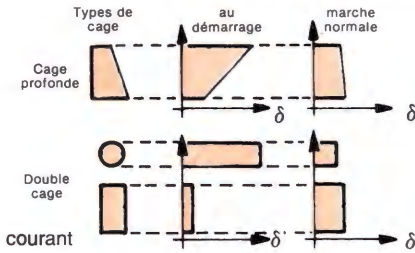
#### IDENTIFICATION - CALIBRAGE

Identification	Désignation	Calibrage	Identification	Désignation	Calibrage
S0	BP arrêt : (1 "O")	-	Q2	Disjoncteur contrôle 1 "F"	-
S1	BP marche (1 "F")	-	KM1	Contacteur 3 "P" + 1 "F" tp	$I_n$
F1	Relais thermique 1 "O"	réglé à $I_n$	KA1	Relais auxiliaire 3 "F"	-
F2	Relais de protection 1 "O"	$t_d$ maxi	KM11	Contacteur 3 "P" + 1 "O"	$I_r / 1,4$
Q1	Sectionneur 3 "P" + 1 "F" Fusibles "puissance"	$I_n$ $3 \cdot aM \cdot I_n$	KM12	Contacteur 3 "P" + 1 "F" tp	$I_n - I_r$
			M	Moteur triphasé (rotor bobine)	$I_n - I_r$

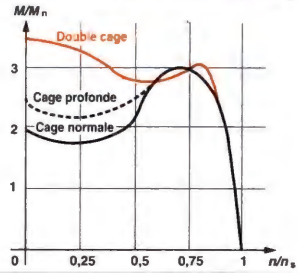
### 11.1.8.12. DÉMARRAGES PARTICULIERS

#### Moteurs à cage spéciale

Circulation des courants rotoriques durant le démarrage :



Modification de l'allure du couple suivant le type de cage :



**Remarques :** Ces cages spéciales permettent d'obtenir un bon couple au démarrage.

Utilisées pour entraîner des treuils de levage.

Les moteurs munis de ces cages spéciales démarrent le plus souvent directement.

(Mêmes schémas que pour le démarrage direct (D).)

### INVERSION DU SENS DE ROTATION

Schéma développé de la puissance

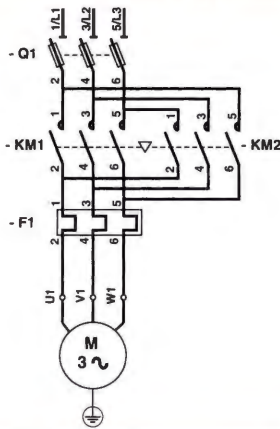
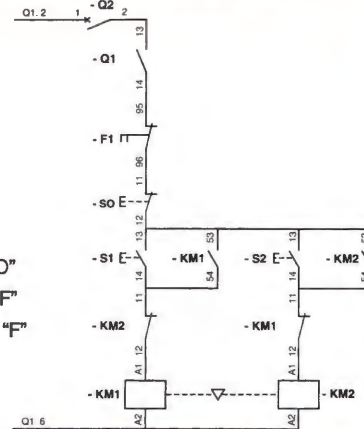


Schéma développé de la commande



SO : BP arrêt 1 "O"  
S1 : BP avant 1 "F"  
S2 : BP arrière 1 "F"

### DÉMARRAGE ROTORIQUE À COUPLAGE CENTRIFUGE

Schéma développé de la puissance

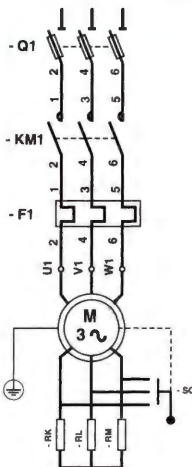
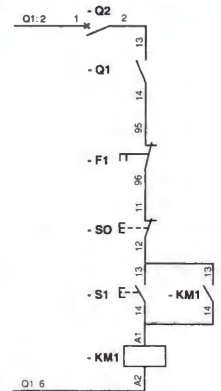


Schéma développé de la commande



SO : BP arrêt 1 "O"  
S1 : BP marche 1 "F"

**Note :** l'ensemble RK ; RL ; RM, coupleur centrifuge (SC) est monté dans le rotor.

### 11.1.8.13. DÉMARRAGE DIRECT DES MOTEURS DEUX VITESSES À BOBINAGES INDÉPENDANTS

Schéma développé de la puissance

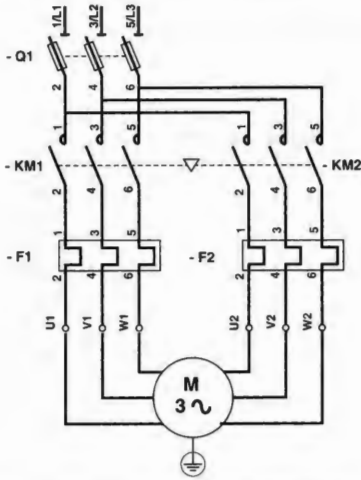
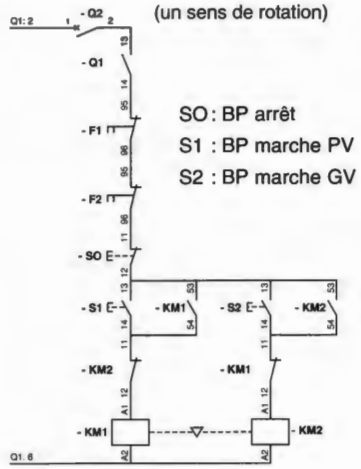


Schéma développé de la commande



Ce type de moteur permet d'obtenir deux fréquences de rotation différentes.  
L'intensité est différente suivant la fréquence de rotation  $I_{pv} < I_{gv}$ .

### 11.1.8.14. DÉMARRAGE DIRECT DES MOTEURS À DEUX VITESSES À PÔLES COMMUTABLES (DAHLANDER)

Schéma développé de la puissance

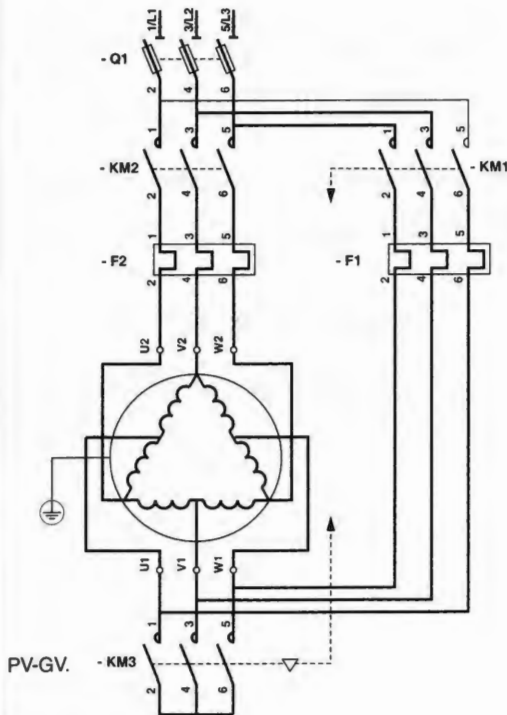
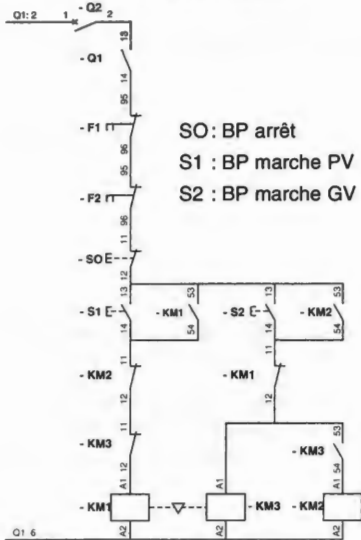


Schéma développé de la commande



**Note** : dans certains cas le démarrage peut se faire en PV et le fonctionnement normal en GV :  
on réalise ainsi un démarreur automatique

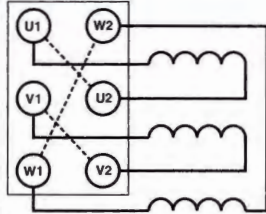
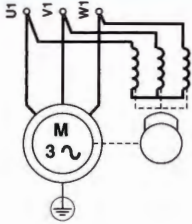


Ce type de moteur permet d'obtenir deux fréquences de rotation différentes dans le rapport 2.  
L'intensité est différente suivant la fréquence de rotation.

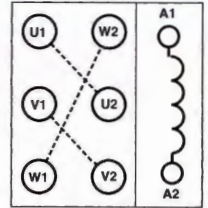
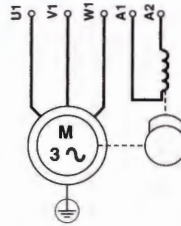
### 11.1.8.15. MOTEURS-FREINS (MOTEURS ASYNCHRONES TRIPHASÉS)

- Moteurs-freins à manque de courant (frein à commande de repos) } Électro-aimant à courant redressé 100 V.
- Moteurs-freins à appel de courant (frein à commande de travail) } Électro-aimant à courant alternatif triphasé 230/400 V.
- Moteurs-freins à manque de courant à électro-aimant déviateur de champ (sans bobine).

#### POSSIBILITÉS DE BRANCHEMENT DES BOBINES ACTIONNANT LE FREIN



Auto-alimentées



Source autonome (1 ou 3 bobines)

Symbole du moteur-frein à manque de courant (électro-aimant triphasé)

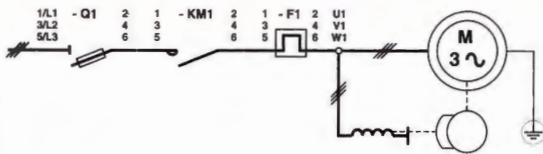
Raccordements à la plaque à bornes

Symbole du moteur-frein à manque de courant (électro-aimant monophasé)

Raccordements à la plaque à bornes

#### MOTEUR-FREIN À MANQUE DE COURANT

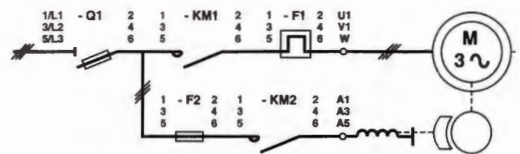
##### Schéma développé de la puissance



KM1 - F1 : Discontacteur ( $I_n$ )

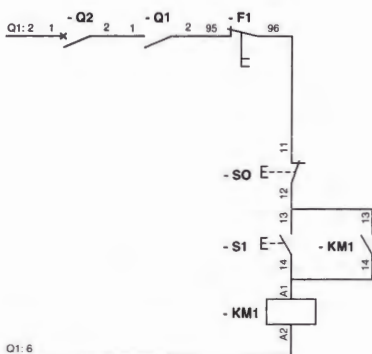
#### MOTEUR-FREIN À APPEL DE COURANT

##### Schéma développé de la puissance



- L'alimentation du frein peut être de tension différente de celle du moteur.
- KM1 - F1 : Discontacteur ( $I_n$ )

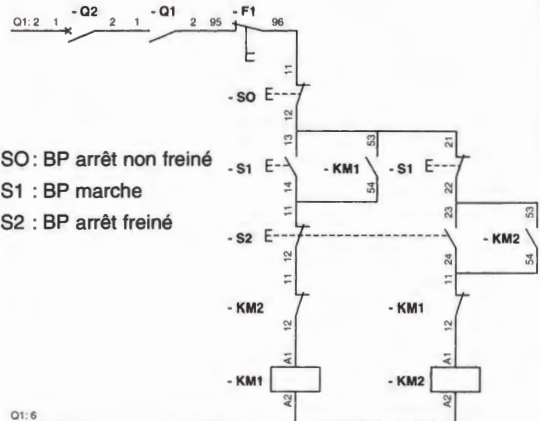
##### Schéma développé de la commande



SO : BP arrêt 1 "O"

S1 : BP marche "1 F"

##### Schéma développé de la commande



SO : BP arrêt non freiné

S1 : BP marche

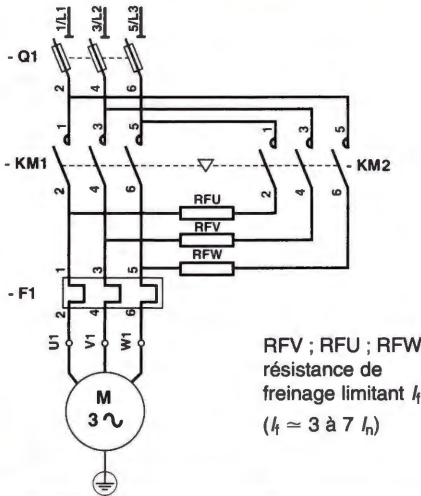
S2 : BP arrêt freiné

Q1 : 6

### 11.1.8.16. FREINAGE À CONTRE-COURANT

#### MOTEUR À CAGE

Schéma développé de la puissance



#### MOTEURS À BAGUES

Schéma développé de la puissance  
(démarrage 2 temps) :

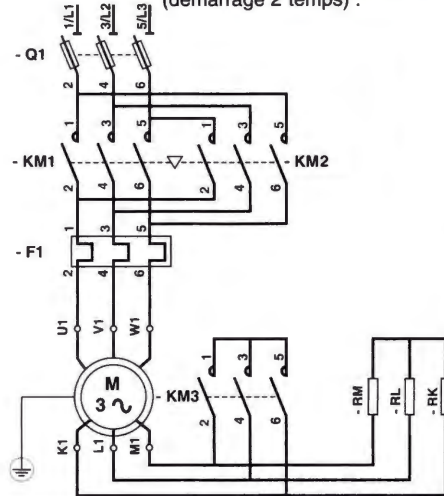


Schéma développé de la commande

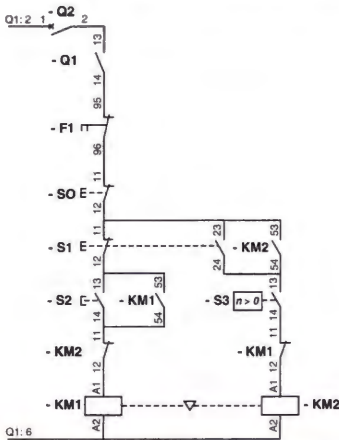
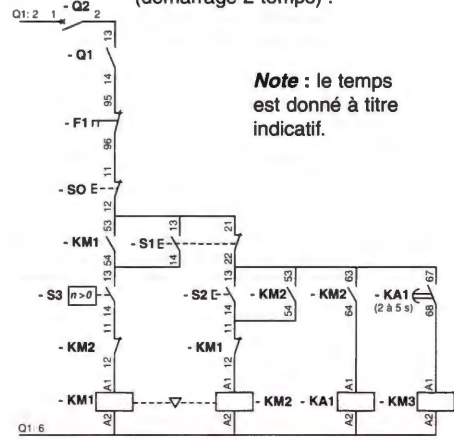


Schéma développé de la commande  
(démarrage 2 temps) :



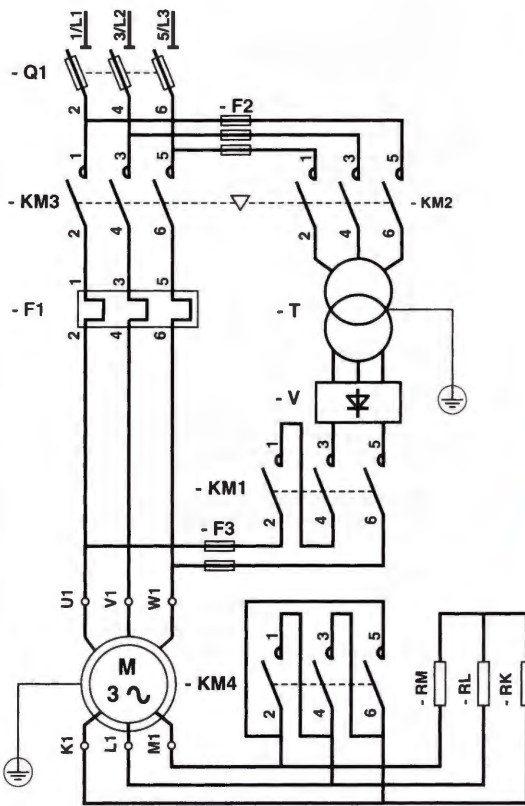
#### IDENTIFICATION - CALIBRAGE

#### IDENTIFICATION - CALIBRAGE

Identification	Désignation	Calibrage	Identification	Désignation	Calibrage
S0	BP arrêt non freiné (1 "O")	-	S0	BP arrêt non freiné (1 "O")	-
S1	BP arrêt freiné (1 "O" + 1 "F")	-	S1	BP arrêt freiné (1 "O" + 1 "F")	-
S2	BP marche (1 "F")	-	S2	BP marche (1 "F")	-
S3	Détecteur ( $n = 0$ ) 1 "F"	-	S3	Détecteur ( $n = 0$ ) 1 "F"	-
Q1	Sectionneur 3 "P" + 1 "F"	-	Q1	Sectionneur 3 "P" + 1 "F"	-
	Fusibles "puissance"	3 aM. $I_n$	Q2	Disjoncteur contrôle 1 "F"	-
Q2	Disjoncteur contrôle 1 "P"	-	F1	Relais thermique 1 "O"	réglé à $I_n$
F1	Relais thermique 1 "O"	réglé à $I_n$	KM1-KM2	Contacteur 3 "P" + 1 "O" + 2 "F"	$I_n$
KM1-KM2	Contacteur 3 "P" + 1 "O" + 1 "F"	$I_n$	KM3	Contacteur 3 "P" supportant 2. $U_r$	1,3 $I_t$
			KA1	Relais auxiliaire temporisé 1 "F"	2 à 5 s

### 11.1.8.17. FREINAGE PAR INJECTION DE COURANT CONTINU DANS LE STATOR

Schéma développé de la puissance (démarrage 2 temps) :



**Note :**

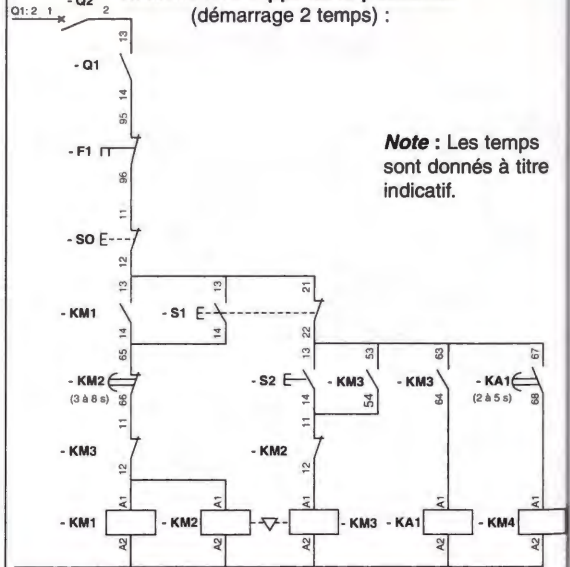
Ce système de freinage est principalement utilisé sur les moteurs à bagues.

La temporisation KM2 définissant le temps de freinage peut être remplacée par un détecteur de fréquence de rotation faible.

Ce procédé ne permet pas l'arrêt total du rotor.

Ce type de freinage est utilisé sur les moteurs de moyenne et grande puissance.

Schéma développé de la puissance (démarrage 2 temps) :



**Note :** Les temps sont donnés à titre indicatif.

Identification	Désignation	Calibrage
S0	BP arrêt non freiné (1 "0")	-
S1	BP arrêt freiné (1 "0" + 1 "F")	-
S2	BP marche (1 "F")	-
Q1	Sectionneur 3 "P" - 1 "F"	-
Q2	Fusibles "puissance"	3 a.M. $I_n$
KM3 + F1	Disjoncteur contrôle "F"	-
T*	Discontacteur 1 "0" 2 "F"	réglé à $I_n$
F2	Transformateur	$I_p / I_s$
KM2	Fusible "transformateur"	3.a.M. $I_p$
V	Contacteur 3 "P" + 1 "O" + 1 "O" $I_p$	$I_p$
F3	Pont redresseur $\rightarrow I_t$	-
KM1	Fusible "V"	2UR. $I_t$
KM4	Contacteur 3 "P" + 1 "F"	$I_t$
KA1	Contacteur 3 "P"	$I_t / 1,4$
M	Relais temporisé 1 "F"	2 à 5 s
RM-RL-RK	Moteur à bagues	$I_n / I_r$
	Résistances rotoriques	-

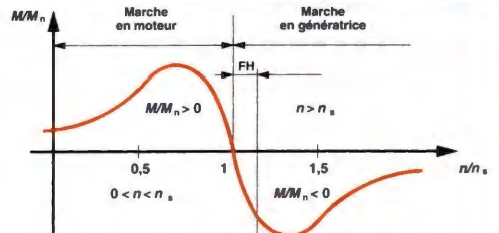
\* Le transformateur T permet d'adapter la tension de freinage à quelques dizaines de volts. (Pour un freinage convenable le courant de freinage  $I_t$  doit être voisin de  $1,3 I_n$ .)

### 11.1.8.18. FREINAGE HYPER SYNCHRONE

S'applique dans le cas de charges entraînant (levage) et principalement sur les moteurs asynchrones triphasés à bagues.

Le moteur se comporte comme une génératrice asynchrone débitant sur le réseau triphasé ( $n > n_s$ ).

En réalité le moteur fonctionne à fréquence de rotation pratiquement constante quelle que soit la charge entraînant (voir graphe ci-contre : zone FH).



## 11.1.9. DÉTERMINATION DES DÉMARREURS (Calculs approchés)

### 11.1.9.1. DÉMARRAGE DIRECT (D)

Le temps de démarrage dépend de  $M_a$  (§ 11.1.6.4.), de  $n$  fréquence de rotation finale (§ 11.1.8.6.) et de  $J$  ou  $MD^2$  (§ 11.1.2.1.).

Lire le temps de démarrage  $t_d$  sur l'abaque (§ 11.1.6.5.) ou le calculer.

**Exemple :** Moteur : LEROY SOMER LS 180 L/4 (§ 11.1.11.4.) 22 kW  $U = 400$  V.

$I_n = 44,1$  A.  $n_n = 1\ 455$  min<sup>-1</sup>.  $M_d / M_n = 2,4$ .  $I_d / I_n = 5,5$ .  $J$  rotor =  $0,122$  kg m<sup>2</sup>.

Machine entraînée : pompe centrifuge démarrant en charge (du type  $kn^2$ )

$P_e \approx P_n \approx 22$  kW.  $J = 2,3$  kg.m<sup>2</sup>. (Ramené sur l'arbre du moteur)

$J$  à  $1\ 455$  min<sup>-1</sup> =  $0,122 + 2,3 = 2,422$  kg.m<sup>2</sup>.

$M_n = 140$  Nm à  $1\ 455$  min<sup>-1</sup> (§ 11.1.5.4.)

Machine entraînée : (courbe ③ § 11.1.6.4.).  $M_a = 1,6 M_n$  pour  $M'_d / M'_n = 2,4$  ( $M'_d = M_d$  et  $M'_n = M_n$ )  
(à  $1\ 455$  min<sup>-1</sup>  $M_r \approx M_m \approx M'_n$ ) →  $M_a = 1,6 \times 140 = 224$  Nm.

L'abaque (§ 11.1.6.5.) donne  $t_d \approx 1,8$  s.

$I_d = 5,5 \times 44,1 = 243$  A.

### 11.1.9.2. DÉMARRAGE ÉTOILE- TRIANGLE (Y-D)

Même moteur et même machine entraînée qu'au § 11.1.9.1. ( $M'_n = M_n$ )

Le couplage © (§ 11.1.8.7.) se fait à  $n_c = 0,85 n_s$  (fréquence de rotation finale en Y).

$n_c = 1\ 275$  min<sup>-1</sup>.  $J = 2,422$  kg.m<sup>2</sup>.

Le couple à  $n_c$  vaut  $0,75 M_n = 0,75 \times 140 = 105$  Nm

$M'_d / M'_n = M_d / 3$ .  $M_n = 2,4 / 3 = 0,8$  (§ 11.1.7.2.)

$I'_d / I_n = I_d / 3$ .  $I_n = 5,5 / 3 = 1,8$  (§ 11.1.7.2.)

La courbe ③ (§ 11.1.6.4.) donne  $M_a = 0,3 M_n$  (Le démarrage est juste acceptable.)

$M_a = 0,3 \times 105 = 31,5$  Nm.

(Le couple  $M_n$  est dans ce cas le couple obtenu à  $n_c$ )

**Remarque :**

La courbe caractéristique (§ 11.1.8.7.) indique un ordre de grandeur de  $M_a$ .

Au démarrage  $M_a = M_m - M_r = 0,7 - 0,3 \approx 0,4 M_n$ .

L'abaque (§ 11.1.6.5.) donne  $t_y \approx 9,6$  s.

$I'_d = I_d / 3 = 1,8 I_n = 1,8 \times 44,1 = 80$  A.

### 11.1.9.3. DÉMARRAGE ÉTOILE- TRIANGLE RÉSISTANCE- TRIANGLE (Y-DR-D)

Le temps du couplage en Y se détermine de la même façon qu'au § 11.1.9.2.

Le temps du couplage en DR est généralement de 2 à 3 s.

Détermination de  $R$  : (par phase)

$$R = 0,28 \frac{U}{I_n}$$

$R$  = valeur de la résistance en  $\Omega$ .

$U$  = tension entre phases en V.

$I_n$  = courant nominal du moteur.

(Choix de  $R$  § 11.1.9.7.)

**Exemple :**

Cas précédent  $t_y \approx 9,6$  s.

$R = 0,28 (400/44,1)$

$R = 2,54 \Omega$ .

$t_{dr} = 3$  s.

$I'_d = 1,8 I_n = 80$  A.

### Temps de démarrage total ( $t_{dt}$ )

$\alpha$  : constante à relever (Fig. 11).

$J$  : moment d'inertie en  $\text{kg.m}^2$  à la vitesse  $n$ .

$n$  : fréquence de rotation finale en  $\text{min}^{-1}$ .

$P_M$  : puissance du moteur en kW.

$MD^2$  : moment de giration en  $\text{kg. m}^2$  à la vitesse  $n$ .

$$t_{dt} \text{ (s)} = \frac{\alpha MD^2 n^2}{P_M 10^6} = \frac{\alpha 4 J n^2}{P_M 10^6}$$

### Résistance totale par phase $R_T$ :

$U$  : tension entre phases en V.

$I_n$  : courant nominal du moteur en A.

$I'_d/I_n$  : pointe de courant au démarrage désirée

$A$  : constante à lire (Fig. 10)

$$R_T \text{ (}\Omega\text{)} = A \frac{U}{(I'_d / I_n) I_n}$$

### 11.1.9.4. DÉMARRAGE PAR ÉLIMINATION DE RÉSISTANCES STATORIQUES (RS)

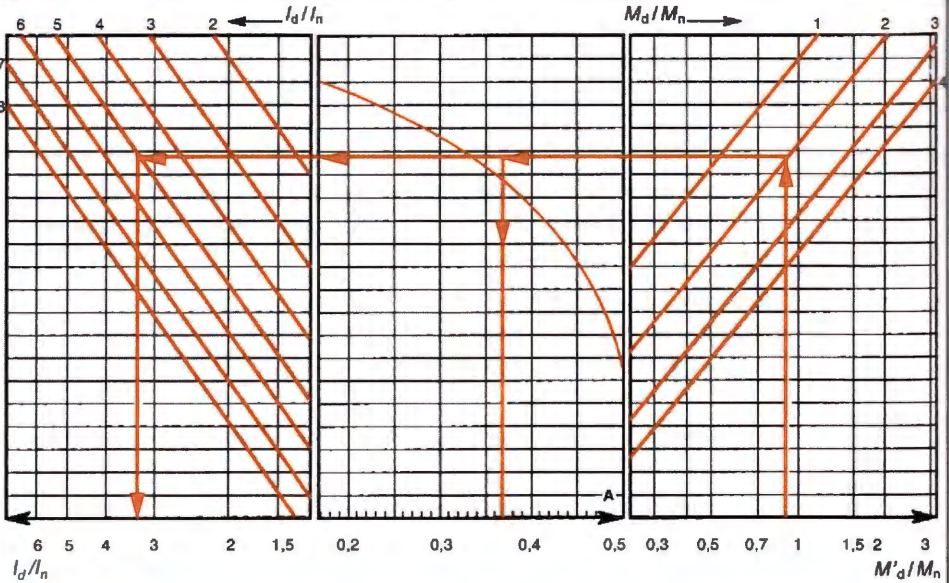


Fig. 10 - Abaques donnant  $M'_d/M_n \leftrightarrow M_d/M_n \leftrightarrow A I_d/I_n \leftrightarrow I'_d/I_n$

		$M_d/M_n$	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,5	2
$\alpha$	à vide		38,3	14,3	10,2	8,75	6,9	5,7	5,3	4,5	3,14	2,03
	1/2 charge					14,8	10,1	7,97	6,58	6,45	3,92	2,91
	pleine charge $kn^2$				8,42	7,6	5,92	4,9	3,83	3,32	2	1,45

Fig. 11 - Tableau donnant  $\alpha$  suivant  $M'_d/M_n$  et le type de charge.

### Exemple :

Même moteur et même machine entraînée qu'au § 11.1.9.1. ( $M'_n = M_n$ )

La courbe ③ (§ 11.1.6.4.) donne  $M'_d/M'_a \approx 0,9$  (Couple minimum donnant un démarrage certain).

Les abaques (Fig. 10) donnent  $A = 0,37$ .  $I'_d / I_n = 3,3$ . ( $M_d/M_n = 2,4$  et  $I_d/I_n = 5,5$ ).

Le tableau (Fig. 11) donne  $\alpha = 3,83$   $J$  à  $1455 \text{ min}^{-1} = 2,422 \text{ kg. m}^2$

$t_{dt} = 3,83 \times 4 \times 2,422 \times 1455^2 / (22 \cdot 10^6) = 3,6 \text{ s.}$

$R_T = 0,37 \times 400 / (3,3 \times 44,1) = 1,02 \Omega.$

$I'_d = 3,3 \times 44,1 = 146 \text{ A.}$

Généralement ce type de démarrage se fait en 2 temps. Si le démarrage se fait en 3 temps on peut appliquer les relations approximatives page suivante.

**Valeur de la résistance au deuxième temps :** $U$  : tension entre phases en V. $I_d/I_n$  : pointe de courant en démarrage direct. $I_n$  : courant nominal du moteur en A.

$$R_{tn} = 0,17 \frac{U}{(I_d / I_n) I_n}$$

**Durée du deuxième temps :** $t_{dt}$  : durée totale du démarrage en s. $R_{tn}$  : résistance au temps  $t_n$  en  $\Omega$ . $R_T$  : résistance totale en  $\Omega$ .

$$t_n^{(s)} = t_{dt} \frac{R_{tn}}{R_T}$$

**Exemple précédent :**

(Démarrage en trois temps)

 $R_T = 1,02 \Omega$   $t_{dt} = 3,4$  s.

Résistance au deuxième temps

 $R_{t2} = 0,17 \times 400 / (5,5 \times 44,1) = 0,28 \Omega$ .

Durée du deuxième temps

 $t_2 = 3,4 \times 0,28 / 1,02 = 1$  s.Démarrage 1<sup>er</sup> temps : $R_T = 1,02 \Omega$ . $t_d = 3,4$  s.Démarrage 2<sup>e</sup> temps : $R$  1<sup>er</sup> temps =  $1,02 \Omega = R_T$  $t_d$  1<sup>er</sup> temps =  $3,4 - 1 = 2,4$  s. $R$  2<sup>e</sup> temps =  $0,28 \Omega$ . $t_d$  2<sup>e</sup> temps =  $1$  s.

Définition des résistances et des temps de démarrage sur le schéma (§ 11.1.8.9.)

RW2 = RV2 = RU2 =  $0,74 \Omega$ .

KM1 : temporisé 2,4 s.

RW1 = RV1 = RU1 =  $0,28 \Omega$ .

KM2 : temporisé 1 s.

(Choix des résistances § 11.1.9.7.)

Même moteur et même machine entraînée qu'au § 11.1.9.1. ( $M'_n = M_n$ )La courbe ③ (§ 11.1.6.4.) donne  $M'_d/M'_n \approx 0,9$  (Couple minimum donnant un démarrage certain).Le tableau (§ 11.1.7.2.) donne  $K^2 = M'_d/M_d = 0,375$ .  $K = 0,61$ . ( $M_d/M_n = 2,4$ ). $U' = K U = 0,61 \times 400 = 244$  V (tension au démarrage). $I'_d = 1,1 K^2 I_d = 1,1 \times 0,375 \times 44,1 \times 5,5 = 100$  A ( $I_d/I_n = 5,5$ )Le couplage se fait à  $n_c \approx 0,85 n_s$ .  $n_c \approx 0,85 \times 1 500 = 1 275$  min<sup>-1</sup> (§ 11.1.8.10.). $J = 2,422$  kg. m<sup>2</sup>Le couple vaut à  $n_c$  :  $0,75 M_n$  soit  $0,75 \times 140 = 105$  Nm.La courbe ③ (§ 11.1.6.4.) donne  $M_a = 0,3 M_n$ . $M_a = 0,3 \times 105 = 31,5$  Nm.(Le couple  $M_n$  est dans ce cas le couple obtenu à  $n_c$ )La courbe caractéristique (§ 11.1.8.10.) indique un ordre de grandeur de  $M_a$  :Au démarrage on peut admettre  $M_a = M_m - M_n = 0,7 - 0,3 = 0,4 M_n$ L'abaque (§ 11.1.6.5.) donne  $t_{at} \approx 10$  s.**11.1.9.5.  
DÉMARRAGE  
PAR AUTO-  
TRANSFOR-  
MATEUR (AT)**

Le moteur est à rotor bobiné.

**Résistance totale par phase RT**

A : valeur à lire (Fig. 12)

$U_R$  : tension rotorique en V.

$I_R$  : courant rotorique en A.

**Si  $U_R$  ou si  $I_R$  n'est pas connu :**

$P_M$  : puissance du moteur en kW.

$U_R$  : tension rotorique en V.

**Temps de démarrage total  $t_{dt}$**

$t_{dt}$  : temps total du démarrage en s

$\alpha$  : valeur à lire (Fig. 12)

J : moment de giration ramené à la vitesse nominale en kg m<sup>2</sup>.

n : fréquence de rotation nominale du moteur en min<sup>-1</sup>.

$P_n$  : puissance nominale du moteur en kW

$$R_T = A \frac{U_R}{I_R}$$

$$I_R = \frac{666 P_n}{U_R}$$

$$t_{dt} = \alpha \frac{4 J n^2}{P_n 10^6}$$

**11.1.9.6. DÉMARRAGE PAR ÉLIMINATION DE RÉISTANCES ROTORIQUES (RR)**

Type de couple résistant	Nombre d'étapes de démarrage	Nombre de crans de résistances	$\frac{I'_d}{I_n} = \frac{M'_d}{M_n} + Q$	A	$\lambda$	$\alpha$
<p><math>\frac{I'_d}{I_n} \quad \frac{M'_d}{M_n}</math> à 1/2 charge (<math>M_r = Cte</math>)</p>	2	1	2,25	0,258	1,59	7,13
	3	2	1,00	0,578	0,50	14,97
	4	3	0,70	0,863	0,32	22,45
	5	4	0,53	1,100	0,25	29,14
	6	5	0,45	1,290	0,217	35,44
				$\frac{I'_d}{I_n} = \frac{M'_d}{M_n} + 0,2^*$		
<p><math>\frac{I'_d}{I_n} \quad \frac{M'_d}{M_n}</math> à pleine charge (<math>M_r = cte</math>)</p>	2	1	3,50	0,164	4,98	4,32
	3	2	1,85	0,314	2,19	8,13
	4	3	1,30	0,434	1,55	11,56
	5	4	1,10	0,528	1,33	14,57
	6	5	1,00	0,602	1,20	17,34
				$\frac{I'_d}{I_n} = \frac{M'_d}{M_n} + 0,4^*$		
<p><math>\frac{I'_d}{I_n} \quad \frac{M'_d}{M_n}</math> à pleine charge (<math>M_r = cte</math>)</p>	2	1	6,00	0,115	12,58	3,00
	3	2	3,00	0,192	6,93	5,18
	4	3	2,25	0,257	5,43	7,08
	5	4	2,09	0,289	4,76	8,79
	6	5	1,70	0,340	4,40	10,22
				$\frac{I'_d}{I_n} = \frac{M'_d}{M_n} + 0,6^*$		
<p><math>\frac{I'_d}{I_n} \quad \frac{M'_d}{M_n}</math> à pleine charge (<math>M_r = cte</math>)</p>	2	1	6,00	0,144	8,00	1,24
	3	2	3,00	0,289	2,59	5,05
	4	3	2,25	0,462	1,50	7,63
	5	4	2,00	0,578	1,27	10,00
	6	5	1,70	0,826	0,88	16,60
				$\frac{I'_d}{I_n} = \frac{M'_d}{M_n} + 1$		

**Remarques :** -  $\lambda$  est un coefficient qui intervient au niveau du choix des résistances (§ 11.1.9.7.)  
 - \* valeurs de Q données à titre indicatif.

Fig. 12 - Tableau donnant A,  $\lambda$ ,  $\alpha$  et le nombre de crans suivant  $M_r$  et  $I'_d/I_n$ .

**Exemple :**

Machine entraînée  $P_g = 25$  kW  $MD^2 = 24,6$  kg.m<sup>2</sup> (ramené sur l'arbre moteur)

Le tableau (§ 11.1.12.6.) indique un moteur du type FB 225 Su/4 (rotor bobiné)

$I_n = 50$  A.  $n_n = 1 460$  min<sup>-1</sup>.  $M_{max}/M_n = 3$ .  $U_R = 245$  V.  $I_R = 63$  A.

J rotor = 0,55 kg.m<sup>2</sup>.

J à 1 460 min<sup>-1</sup> = 0,55 +  $\frac{24,6}{4} = 0,55 + 6,15 = 6,7$  kg.m<sup>2</sup>.

La courbe © (§.11.1.6.4.) donne  $M'_d/M'_n \approx 0,9$  (Couple mini donnant un démarrage certain).  $M'_n = M_n$   
 Choix d'un  $M'_d/M'_n$  de 2 par exemple ( $M'_d/M'_n$  mini  $\leq M'_d/M'_n \leq M'_d/M'_n$  maxi).

Couple résistant du type  $kn^2 \rightarrow I'_d/I_n = M'_d/M'_n + 1 = 2 + 1 = 3$ .

$$t_{dt} = (5,05 \times 4 \times 6,7 \times 1\,460^2)/25 \cdot 10^6 \approx 11,6 \text{ s.}$$

$$A = 0,289. \quad \alpha = 5,05. \quad \lambda = 2,59.$$

$$R_T = 0,289 \times 245/63 = 1,13 \, \Omega \text{ (Choix de la résistance § 11.1.9.7.)}$$

$$I'_d = 3 \times 50 = 150 \text{ A.}$$

#### Valeur de la résistance aux temps intermédiaires (par phase)

$R_{tn}$  : valeur de la résistance restant en service au temps  $t_n$

$R_{t(n-1)}$  : valeur de la résistance en  $\Omega$  au temps précédent

$I'/I_n$  : pointe de courant désirée au temps  $t_n$

$r$  : résistance en  $\Omega$  par phase de l'enroulement rotorique du moteur

$$R_{tn} = \frac{R_{t(n-1)} + r}{I'/I_n} - r$$

#### Valeur des temps intermédiaires (valeur approchée)

$t_{(n-1)}$  : temps de mise sous tension de la résistance considérée  $R_{t(n-1)}$

$t_{dt}$  : durée totale en s du démarrage

$R_{t(n-1)}$  : résistance en  $\Omega$  en service au temps précédent

$R_{tn}$  : résistance restant sous tension au temps  $t_n$

$R_T$  : résistance totale en  $\Omega$  de démarrage

$$t_{(n-1)} = t_{dt} \frac{R_{t(n-1)} - R_{tn}}{R_T}$$

Si le constructeur n'indique pas la valeur ohmique de la résistance  $r$  de l'enroulement rotorique du moteur, on peut appliquer la relation approchée suivante.

$$g_n : \text{glissement nominal } g_n = \frac{n_s - n_n}{n_s}$$

$U_R$  : tension rotorique en V

$p$  : nombre de paires de pôles

$M_n$  : couple nominal du moteur en Nm

$f_n$  : fréquence nominale de fonctionnement en Hz (50 Hz)

$r$  : résistance en  $\Omega$  par phase de l'enroulement rotorique du moteur

$$r \approx \frac{g_n 3 p U_R^2}{M_n 2 \pi f_n}$$

#### Exemple précédent :

(Démarrage en 3 temps)

$$R_T = 1,13 \, \Omega. \quad t_{dt} = 11,6 \text{ s.}$$

$$g_n = (1\,500 - 1\,460)/1\,500 = 0,0267 \quad U_R = 245 \text{ V.} \quad p = 2 \quad (1\,500 \text{ min}^{-1})$$

$$\text{L'abaque (§ 11.1.5.4.) donne } M_n = 160 \text{ Nm.} \quad (P_n = 25 \text{ kW})$$

$$r \approx (0,0267 \times 3 \times 2 \times 245^2)/(160 \times 2 \times \pi \times 50) \approx 0,19 \, \Omega.$$

Si on désire, au deuxième temps  $I'/I_n = I'_d/I_n = 3$

$$R_{tn} = [(R_T + r)I'_d/I_n] - r = [(1,13 + 0,19)/3] - 0,19 = 0,25 \, \Omega.$$

$$t_{n-1} = t_{dt} (R_T - R_{tn})/R_T = 11,6 (1,13 - 0,25)/1,13 = 9 \text{ s.}$$

La résistance de 0,25  $\Omega$  sera sous tension pendant 11,6 s.

La résistance de 0,88  $\Omega$  sera sous tension pendant 9 s.

**Note** : On peut diminuer la valeur de  $I'/I_n$  : souvent on prend 1,5 à 2

Définition des résistances et des temps sur les schémas du circuit de puissance et du circuit de commande (§ 11.1.8.11.)

$$RK2 = RL2 = RM2 = R_T - RK1 = 1,13 - 0,25 = 0,88 \, \Omega.$$

$$RK2 - RL2 = RM2 = 0,88 \, \Omega \quad KM1 \text{ temporisé } 9 \text{ s.}$$

$$RK1 = RL1 = RM1 = 0,25 \, \Omega \quad KM12 \text{ temporisé } 2,6 \text{ s.} \quad (11,6 - 9 = 2,6 \text{ s})$$

**11.1.9.7.  
CHOIX DES  
RÉSISTANCES  
DE DÉMARRAGE**

**Valeur de la capacité calorifique pour démarrage statorique :**

- $Q$  : capacité calorifique en kJ.
- $R_T$  : résistance totale de démarrage par phase en  $\Omega$ .
- $I_d/I_n$  : pointe de courant au moment du couplage de  $R_T$
- $I_n$  : courant nominal du moteur en A. ( $I_n$  stator)
- $t_{dt}$  : temps total de démarrage

- $n'$  : coefficient suivant la classe de démarrage  $N_d$  (Fig. 13)
- Calcul de  $N_d$  (§ 11.1.11.2.)

$$Q = \frac{2,5 R_T (I_d/I_n)^2 I_n^2 t_{dt} n'}{10^3}$$

**Valeur de la capacité calorifique pour démarrage rotorique :**

- $Q$  : capacité calorifique en kJ.
- $R_T$  : résistance totale de démarrage par phase en  $\Omega$ .
- $I_R$  : courant nominal rotorique du moteur en A.
- $t_{dt}$  : temps total de démarrage
- $n'$  : coefficient suivant la classe de démarrage  $N_d$  (Fig. 13)

- Si  $N_d < 6$  (Démarrages non consécutifs)  $\Rightarrow$  Service S1  $\rightarrow n' = 1$
- Si  $N_d < 6$  (Démarrages consécutifs)  $n' = N_d$

$$Q = \frac{\lambda R_T I_R^2 t_{dt} n'}{10^3}$$

**Exemple :**

$N_d = 12$   $t_{dt} = 10$  s  
 $R_T = 1,20 \Omega$   $I_d/I_n = 5$

$I_n = 40$  A  
Démarrage statorique  
Résistance du type GFT

La Fig. 13 donne  $n' \approx 2$   
 $Q = 2,5 \times 1,2 \times 5^2 \times 40^2 \times 10 \times 2 \times 10^{-3}$   
 $= 2\ 400$  kJ

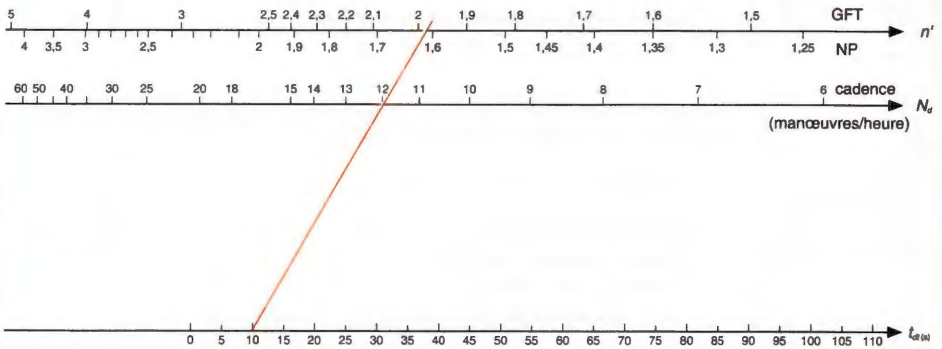


Fig. 13 – Détermination de  $n'$  suivant  $t_{dt}$  et  $N_d$  et pour deux types de résistances GFT ou NP ( $N_d \geq 6$  ; S  $\neq$  S1)

**Exemple :**

Mêmes conditions que précédemment  
 $R_T = 1,2 \Omega$   
 $Q = 2\ 400$  kJ  
La Fig. 14 donne la résistance 1 GFTNS

**Remarque :**

Pour le démarrage Y-DR-D la relation donnant  $Q$  pour un démarrage statorique reste valable.  
 $I_d/I_n$  devient  $I'/I_n$  (pointe de courant au moment du couplage DR)  
On peut admettre  $I'/I_n = I_d/3I_n$ .  
 $t_{dt}$  devient  $t_{dr}$  (temps d'application du courant en couplage DR)  
 $t_{dt} = 3$  s.

Lire à l'intersection de RT et Q le type de la résistance à retenir

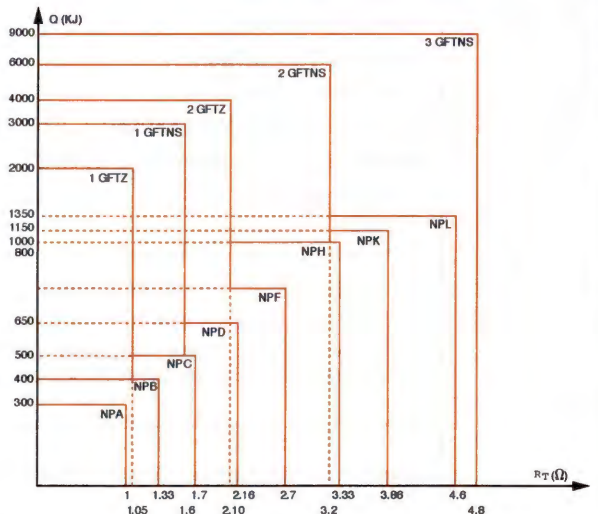



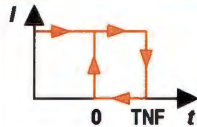

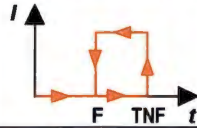
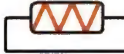
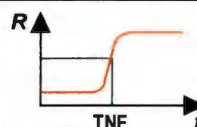
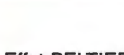

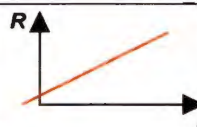
Fig. 14 – Choix des résistances de démarrage.

## 11.1.10. PROTECTION THERMIQUE DES MOTEURS ASYNCHRONES

La protection globale des moteurs asynchrones contre les surcharges est assurée par un dispositif magnéto-thermique placé entre l'appareil de sectionnement et le moteur.

Si l'on souhaite diminuer le temps de réaction, détecter une surcharge instantanée, suivre l'évolution de la température aux points « chauds » du moteur ou à des points caractéristiques pour la maintenance de l'installation, il est conseillé d'installer des sondes de protection thermique aux points sensibles.

En aucun cas ces sondes ne peuvent être utilisées pour réaliser une régulation directe des cycles d'utilisation des moteurs.

TYPE	PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT	COURBES DE FONCTIONNEMENT	POUVOIR DE COUPE (A)	PROTECTION ASSURÉE	MISE EN ŒUVRE
Protection thermique à ouverture PTO	Bilame à chauffage indirect avec contact à fermeture (NF) 		2,5 A sous 250 V à cos φ 0,4	Surveillance globale surcharges lentes	Montage dans le circuit de commande 2 ou 3 en série
Protection thermique à fermeture PTF	Bilame à chauffage indirect avec contact à fermeture (NO) 		2,5 A sous 250 V à cos φ 0,4	Surveillance globale surcharges lentes	Montage dans le circuit de commande 2 ou 3 parallèle
Thermistance à coefficient de température positif CTP	Résistance variable non linéaire à chauffage indirect 		0	Surveillance globale surcharges rapides	Montage avec relais associé dans le circuit de commande 3 en série
Thermocouples T (t < 150 °C) Cuivre Constantan K (t < 1 000 °C) Cuivre Cuivre-Nickel	Effet PELTIER 		0	Surveillance continue ponctuelle des points chauds	Montage dans les tableaux de contrôle avec appareil de lecture associé 1/point à surveiller
Sonde thermique sur platine PT 100	Résistance variable linéaire à chauffage indirect		0	Surveillance continue de grande précision des points chauds clés	Montage dans les tableaux de contrôle avec appareil de lecture associé 1/point à surveiller

**TNF** : Température Nominale de Fonctionnement

Les **TNF** sont choisies en fonction de l'implantation de la sonde dans le moteur et de la classe d'échauffement.

Les thermocouples et les **PT 100** sont montés avec des appareils de lecture (ou enregistreur) dans les tableaux de contrôle pour un suivi en continu.

## 11.1.11. FONCTIONNEMENT EN SERVICE INTERMITTENT

(D'après LEROY-SOMER)

### 11.1.11.1. PUISSANCE EFFICACE EN RÉGIME INTERMITTENT

• La détermination d'un moteur utilisé en service intermittent dépend des paramètres suivants :

- puissance d'entraînement de la machine  $P_e$  (§ 11.1.2.2.),
- moments de giration (ou d'inertie) ramenés à l'arbre moteur (§ 11.1.2.1.),
- ambiance (§ 11.1.3.1.),
- couple résistant pendant la période de démarrage (§ 11.1.6.3.),
- facteur de marche  $k_m$  (§ 11.1.2.5.),
- classe de démarrage  $N_d$  (§ 11.1.11.2.).

• PUISSANCE EFFICACE EN RÉGIME INTERMITTENT :

- C'est la puissance nominale absorbée par la machine entraînée corrigée éventuellement suivant les conditions ambiantes (altitude, température).
- Si cette puissance est variable au cours du cycle, la puissance efficace  $P_e$  répond à la relation :

$$P_e = \sqrt{\frac{\sum P_{e_i}^2 \cdot t_i}{\sum t_i}} = \sqrt{\frac{P_{e_1}^2 \cdot t_1 + P_{e_2}^2 \cdot t_2 + \dots + P_{e_n}^2 \cdot t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}}$$

avec  $P_{e_1}$  : puissance absorbée par la machine entraînée pendant le temps  $t_1$ .

$P_{e_2}$  : puissance absorbée par la machine entraînée pendant le temps  $t_2$ .

$P_{e_n}$  : puissance absorbée par la machine entraînée pendant le temps  $t_n$ .

**11.1.11.2.  
CLASSE DE  
DÉMARRAGE**  
 $N_d$

$$N_d = n_d + a \cdot n_f + b \cdot n_i$$

(> 6 démarrages/heure)

$N_d$ : classe de démarrage.

$n_d$ : nombre de démarrage complets dans l'heure.

$n_f$ : nombre de freinages électriques dans l'heure.

$n_i$ : nombre d'impulsions (démarrages incomplets jusqu'au tiers de la fréquence de rotation nominale) dans l'heure.

$a$  et  $b$ : constantes.

Constantes	$a$	$b$
Moteurs à cage	3	0,5
Moteurs à bagues	0,8	0,25

Par freinage électrique, on entend :

– freinage à contre-courant (§ 11.1.8.16.),

– freinage par injection de courant continu (§ 11.1.8.17.),

– freinage hypersynchrone (§ 11.1.8.18.).

**11.1.11.3.  
CAS DES  
MOTEURS  
ASYNCHRONES  
TRIPHASÉS  
ENTRAÎNANT DE  
FAIBLES  
INERTIES**

• **Domaines d'application :**

- Moteurs de machines-outils.
- Moteurs pour petits ventilateurs...
- Plus de 6 démarrages à l'heure.
- Temps de démarrage  $\leq 5$  s.
- $P_{e \max}$  du cycle  $\leq 2 P_n$  du moteur.
- $M_a$  suffisant pendant le démarrage.

• **Résolution :**

- Utilisation de moteurs à cage des séries courantes auxquels on procède à un déclassement ou à un sur-classement.
- Calcul du facteur de démarrage  $k_d$  en % :

$$k_d = \frac{N_d \cdot t_d}{36}$$

$N_d$ : classe de démarrage (§ 11.1.11.2.)

$t_d$ : temps d'un démarrage (§ 11.1.6.5.) en s.

• **À partir de :**

→  $k_d$ : facteur de démarrage,

→  $k_m$ : facteur de marche (§ 11.1.2.5.)

– déterminer le rapport  $P_e/P_m$  de la puissance  $P_e$  du service intermittent à la puissance moteur  $P_m$  sur :

→ les abaques § 11.1.11.5., Fig. 16, pour les moteurs 4 pôles ;

→ les abaques § 11.1.11.5., Fig. 17, pour les moteurs 6 ou 8 pôles.

Même démarche qu'au § 11.1.11.3. avec la condition supplémentaire :

$$m = J \text{ à entraîner} / J \text{ du rotor du moteur d'entraînement} < m'$$

Petits palans	0,15	Portiques, ponts roulants Grues (Levage)	0,6	Portiques et ponts roulants (Direction)	2
Monorails	0,2	Ascenseurs Monte-charges	0,8	Transporteurs Carrousels	3
Élévateurs	0,3	Treuiis de halage	1	Grues (Orientation)	4
Petits transporteurs	0,5	Relevage de flèche pour les grues et portiques	1,5	Portiques, ponts roulants et grues (Translation)	8

Fig. 15 – Valeur de  $m'$

**11.1.11.4.  
CAS DES  
MOTEURS  
ASYNCHRONES  
TRIPHASÉS  
POUR  
MOUVEMENTS  
VERTICAUX ET  
HORIZONTAUX**

**Exemple :**

**Données :**

Choix d'un moteur de levage d'un pont roulant (Démarrage en charge).

$P_e = 2,2$  kW. Fréquence de rotation du treuil :  $100 \text{ min}^{-1}$ .  $J = 1,25 \text{ kg.m}^2$  à  $100 \text{ min}^{-1}$ .

$N_d = 25$ .  $k_m = 70$  %.  $a_f = 1\,000$  m.  $t_a = 35$  °C.  $n_n \approx 1\,500 \text{ min}^{-1}$ .

$J$  du réducteur et du frein négligés.  $t_d = 2$  s. Puissance  $\approx$  constante.

**Solution :**

– Facteur de démarrage :  $k_d = (25 \times 2)/36 = 1,4$  %.

– Facteur de marche :  $k_m = 70$  %.

– L'abaque § 11.1.11.5., Fig. 16 donne  $P_e/P_m = 0,6$  (Prendre la valeur par excès).

–  $P_e$  ne nécessite pas de correction pour l'altitude et la température de fonctionnement.

– Puissance du service intermittent :  $P_e = 2,2$  kW.

– Puissance minimale du moteur :  $P_m = 2,2/0,6 = 3,7$  kW.

– Le tableau § 11.1.12.4. donne un moteur de 4 kW avec  $J = 0,01345 \text{ kg.m}^2$  à  $n = 1\,440 \text{ min}^{-1}$ .

–  $J$  à entraîner à  $n = 1\,440 \text{ min}^{-1}$  :  $1,25 \times (100/1\,440)^2 = 0,006 \text{ kg.m}^2$ .

**Contrôle :**  $m = 0,006/0,01345 = 0,45 < m = 0,6$ .  $t_d < 5$  s.  $P_{e \max} < 2 P_m$ . Plus de 6 démarrages par heure.

Si l'une des conditions n'est pas respectée, choisir un moteur de puissance plus élevée.

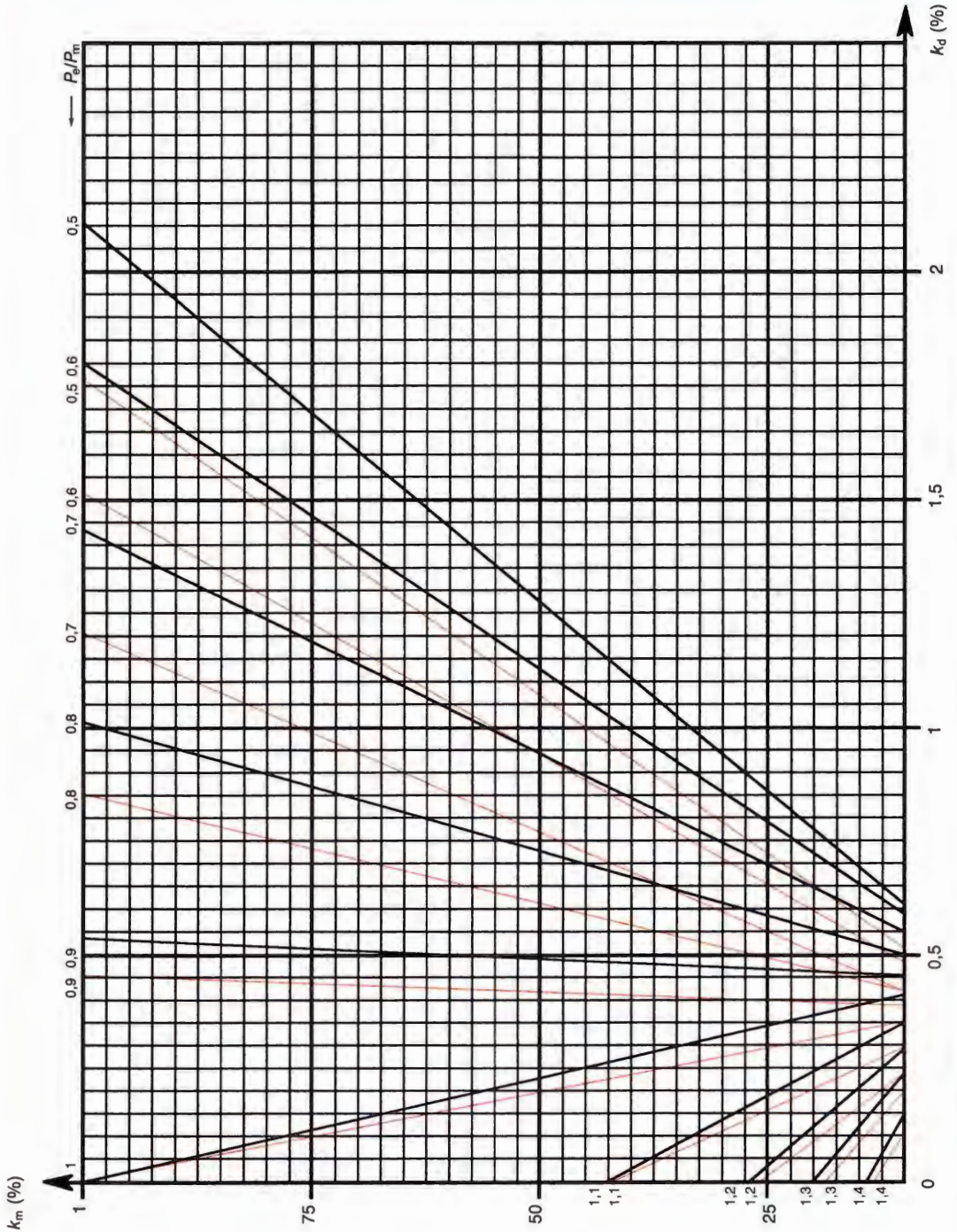


Fig. 16 - Abaques de résolution pour moteurs 4 pôles ( $n_p = 1\ 500\ \text{min}^{-1}$ ) donnant  $P_e/P_m$ .

→ EN NOIR : Moteurs de hauteur d'axe  $\leq 132$  mm.

→ EN ROUGE : Moteurs de hauteur d'axe  $\leq 160$  mm.

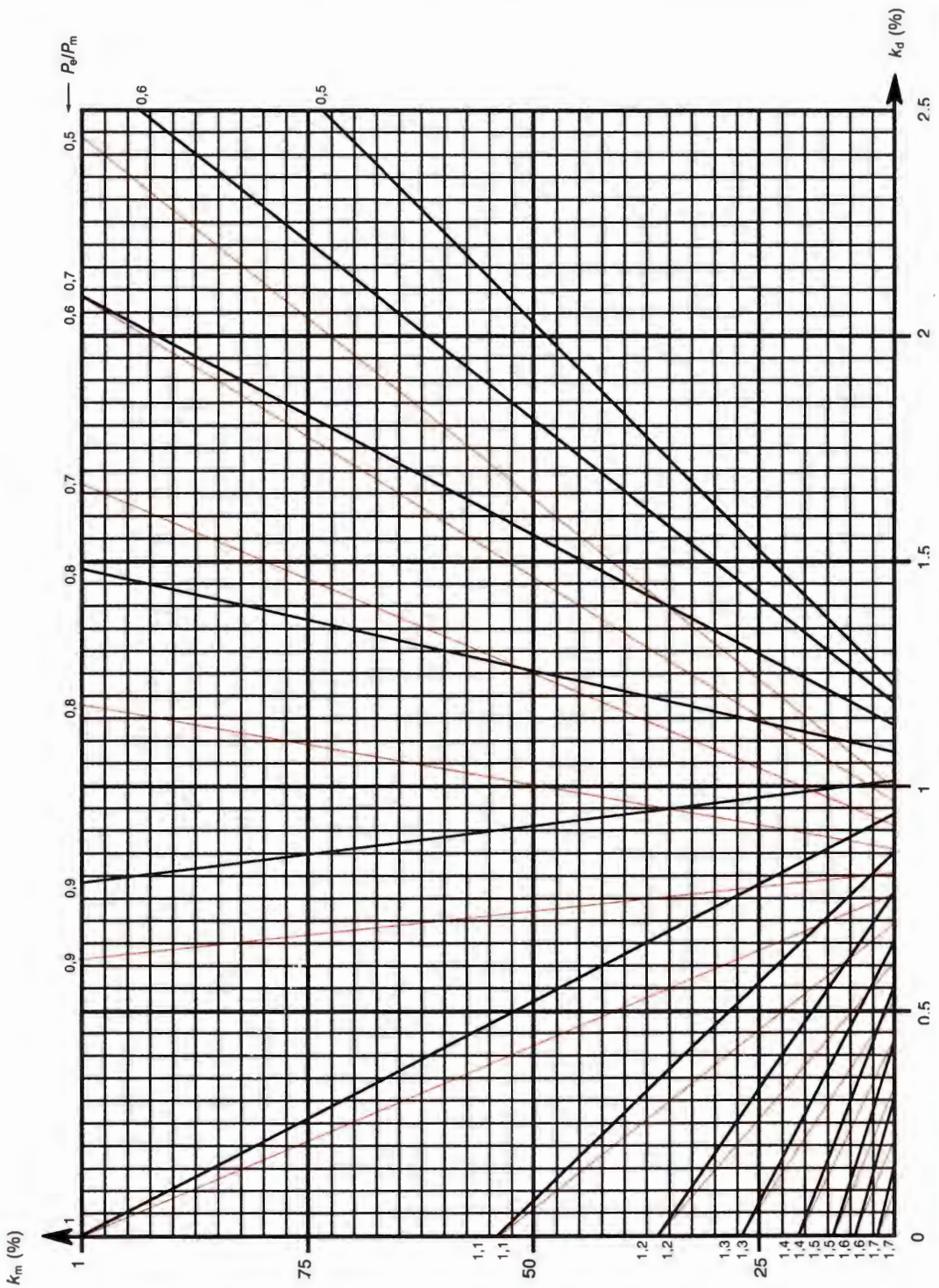


Fig. 17 - Abaques de résolution pour moteurs 6 à 8 pôles ( $n_p = 1\ 000$  et  $750\ \text{mlr}^{-1}$ ) donnant  $P_e/P_m$ .

- EN NOIR : Moteurs de hauteur d'axe  $\leq 132$  mm.
- EN ROUGE : Moteurs de hauteur d'axe  $\leq 160$  mm.

11.1.11.6.  
CAS DES  
MOTEURS-FREINS

MÉTHODE DE DÉTERMINATION	EXEMPLE
<p>• <b>DONNÉES :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Puissance sur l'arbre moteur</li> <li>- Caractéristiques de la machine entraînée (fréquence de rotation, rendement...)</li> <li>- Cycle de marche</li> <li>- Type de frein</li> </ul>	<p>• <b>CAHIER DES CHARGES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Moteur-frein 0,75 kW motorisant un chariot de 24 tonnes à 1 400 min<sup>-1</sup>.</li> <li>- Vitesse linéaire : 15 m/min ; rendement de la chaîne cinématique : 0,8 ; coefficient de roulement <math>K = 0,1</math> N/kg.</li> <li>- Temps de marche : 12 s, arrêt : 33 s.</li> <li>- Frein de sécurité à commande de repos.</li> </ul>
<p>• <b>VITESSE ANGULAIRE ET VITESSE LINÉAIRE :</b></p> <p><math>\Omega_n = 2 \pi n / 60</math> en rd/s <math>V_n</math> en m/s</p>	<p><math>\Omega_n = 2 \pi \cdot 1\,400 / 60 = 147</math> rd/s <math>V_n = 15 / 60 = 0,25</math> m/s.</p>
<p>• <b>INERTIE RAMENÉE SUR L'ARBRE MOTEUR :</b></p> <p><math>J_c = m (V/\Omega)^2</math> en kg. m<sup>2</sup> Le tableau (§ 11.1.12.5.) donne <math>J_m</math></p>	<p><math>J_c = 24\,000 (0,25/147)^2 = 0,068</math> kg.m<sup>2</sup>. <math>J_m = 0,006</math> kg.m<sup>2</sup>.</p>
<p>• <b>CYCLE DE FONCTIONNEMENT :</b></p> <p><math>t_c = t_N + t_R \rightarrow k_m = t_N / t_c</math></p>	<p><math>t_c = 12 + 33 = 45</math> s <math>\rightarrow k_m = 12/45 \approx 25</math> %.</p>
<p>• <b>FRÉQUENCE DE DÉMARRAGE :</b></p> <p><math>Z_{oc} = Z_c \frac{J_m + J_c}{J_m}</math> avec <math>Z_c = n / t_c</math> <math>n</math> : nombre de démarrages/cycle. Il faut <math>Z_o \geq Z_{oc}</math> <math>Z_o</math> (§ 11.1.12.5.)</p>	<p><math>Z_c = \frac{1}{45/3\,600} = 80</math> h<sup>-1</sup> <math>Z_{oc} = 80 \frac{0,006 + 0,068}{0,006} = 990</math> h<sup>-1</sup> Le tableau § 11.1.12.5. donne <math>Z_c = 1\,250</math> h<sup>-1</sup></p>
<p>• <b>CHOIX DU MOTEUR</b> <math>\rightarrow</math></p>	<p>{ <b>Moteur LS 80 L2.</b> Rotor aluminium, 230/400 V. 1 500 min<sup>-1</sup> Classe F. 0,75 kW. Frein à commande de repos (<math>U_f = 100</math> V).</p>
<p>• <b>TEMPS DE FREINAGE :</b></p> <p><math>M_f = m \cdot K \cdot \frac{V}{\Omega} \cdot \frac{1}{\eta}</math> en Nm. <math>t_f = (J_m + J_c) \frac{\Omega_n}{M_f \pm M_r}</math> en s.</p>	<p><math>M_f = 24\,000 \times 0,1 \times \frac{0,25}{147} \times \frac{1}{0,8} = 5,1</math> Nm. <math>t_f = (0,006 + 0,068) \frac{147}{10 + 5,1} = 0,72</math> s.</p>
<p>• <b>DISTANCE D'ARRÊT :</b></p> <p><math>L_a = V (t_c + t_2 + \frac{t_f}{2})</math> en m.</p>	<p><math>L_a = 0,25 (0,01 + 0,26 + \frac{0,72}{2}) = 0,158</math> m.</p>
<p>• <b>PRÉCISION D'ARRÊT :</b></p> <p><math>\Delta L_a = 0,2 L_a</math>.</p>	<p><math>L_a = 0,158 \pm 0,032</math> m.</p>





11.1.11.7.  
CAS DES  
MOTEURS  
À BAGUES


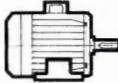

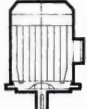
<p>Le choix des moteurs à bagues se fait à partir des tableaux (§ 11.1.12.6.) Il faut connaître :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la puissance d'entraînement (même démarche que pour les moteurs à cage § 11.1.1.)</li> <li>- le facteur de marche <math>k_m</math> (§ 11.1.2.5.)</li> <li>- la classe de démarrage <math>k_d</math> (§ 11.1.11.3.)</li> </ul> <p>• <b>Exemple :</b> Mouvement vertical. (Conditions ambiantes normales.) Masse à lever 50 t à 3 m/min. <math>k_d = 150</math>. <math>k_m = 25</math> %. <math>\eta</math> du treuil = 0,84. La relation (§ 11.1.2.2.) donne :</p> <p><math>P_e \geq m \cdot g \cdot \frac{V}{\eta} = 50 \times 9,81 \times \frac{3}{60 \times 0,84} = 29,2</math> kW.</p> <p>Le tableau § 11.1.12.6. donne un moteur LS FB 225 MZ 44 de 37 kW. 1450 min<sup>-1</sup>.</p> <p>• <b>Exemple :</b> Mouvement horizontal. (Conditions ambiantes normales.) Masse en mouvement 150 t à 40 m/min. 2 moteurs <math>k_d = 150</math> <math>k_m = 25</math> %. 1 500 min<sup>-1</sup>. <math>\eta</math> de la chaîne cinématique = 0,84. <math>K</math> (coefficient de roulement) = 10. La relation (§ 11.1.2.2.) donne :</p> <p><math>P_e \geq \frac{K \cdot m \cdot V}{6\,115 \eta} = \frac{10 \times 150 \times 40}{6\,115 \times 0,84} = 11,7</math> kW. <math>M_f \frac{P_e}{\Omega} = \frac{11\,700 \times 60}{2 \times \pi \times 1\,500} = 74,5</math> Nm. pour les 2 moteurs.</p> <p>Il convient de choisir le moteur pour que :</p> <p><math>M_n \geq \frac{M_f + M\delta}{1,9}</math> avec <math>M\delta = m \cdot \delta \cdot \frac{V}{\Omega} \cdot \frac{1}{\eta}</math> <math>\delta = \begin{cases} 0,15 \text{ m/s}^2 \text{ pour un } V \text{ de } 25 \text{ à } 30 \text{ m/min.} \\ 0,2 \text{ m/s}^2 \text{ pour un } V \text{ de } 36 \text{ à } 60 \text{ m/min.} \\ 0,25 \text{ m/s}^2 \text{ pour un } V \text{ de l'ordre de } 80 \text{ m/min.} \end{cases}</math></p> <p><math>M\delta = 150 \times 10^3 \times 0,2 \times \frac{40}{60} \times \frac{60}{2 \times \pi \times 1\,500} \times \frac{1}{0,84} = 152</math> Nm.</p> <p><math>M_n = \frac{74,5 + 152}{1,9} = 120</math> Nm soit <math>P_n = 120 \times \frac{2 \times \pi \times 1\,500}{60 \times 2} = 9\,450</math> W par moteur.</p> <p>Le tableau (§ 11.1.12.6.) donne 2 moteurs LS FB 160 Mv 4 de 9,5 kW. 1 425 min<sup>-1</sup>.</p>
--

# 11.1.12. CHOIX DES MOTEURS

## 11.1.12.1. GUIDE DE CHOIX DES MOTEURS MONOPHASÉS



(D'après LEROY-SOMER)

APTITUDES →  TYPE ↓	FORME ET ASPECT ↓	HAUTEUR D'AXE					
		↓ mm	↓ W	↓ COUPLE AU DÉMARRAGE $M_d / M_n$		↓ INTENSITÉ AU DÉMARRAGE $I_d / I_n$	↓ FRÉQUENCE DE ROTATION ALIMENTATION V
MOTEUR À CONDENSATEUR DE DÉMARRAGE R		56	90 à 1 100	1,7 à 2,5	3 à 5,7	~ 1 400 à ~ 2850	115 à 230
		63					
		71					
		80					
		90					
MOTEUR À CONDENSATEUR PERMANENT P		56	90 à 1 500	0,5 à 1	3,2 à 4,8	~ 1350 à ~ 2750	230
		63					
		71					
		80					
		90					
MOTEUR À CONDENSATEUR PERMANENT ET A CONDENSATEUR DE DÉMARRAGE PR	Type de boîte à bornes version PR hauteur d'axe ≤ 90 mm	63	180 à 5500	1,4 à 3,2	5,4 à 6,6	~ 1 425 à ~ 2850	230
		71					
		80					
		90					
		100					
		112					
MOTEUR À BOSSAGES		Distance entre deux bossages opposés	90 à 550			1 000 à 1 500	230
		146 ou 190					
MOTO-VENTILATEUR		Diamètre de l'hélice	50 à 300	Débit m <sup>3</sup> 470 à 8500 suivant la pression		1 000 à 1 500	monophasé 230 V ou triphasé 230-400 V

MODE DE FIXATION			
↓	CONDITIONS PRINCIPALES D'UTILISATION		APPLICATIONS ET REMARQUES
	↓	CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES	
<p>B3</p>   <p>Fixation à pattes</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Démarrage par condensateur éliminé par coupleur centrifuge.</li> <li>- Jusqu'à 550 W, démarrage par relais de tension R pour coupure du condensateur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Isolation classe E.</li> <li>- Roulements graissés à vie.</li> <li>- IP 54 (option IP 55 IK 08).</li> <li>- Imprégnation au vernis tropicalisé.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilisation nécessitant un couple de démarrage important, pour 15 démarrages de courte durée maximum par heure.</li> <li>- Applications domestiques et tertiaires principalement.</li> <li>- Fonctionnement prévu pour un service continu S1.</li> <li>- Possibilité de bride de fixation à trous taraudés.</li> </ul>
<p>B5</p>   <p>Fixation à brides</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le condensateur permanent est fixé à l'extérieur de la boîte à bornes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Isolation classe E.</li> <li>- Roulements graissés à vie.</li> <li>- IP 54 (option IP 55 IK 08).</li> <li>- Imprégnation au vernis tropicalisé.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilisation sans contraintes particulières.</li> <li>- Applications domestiques et tertiaires principalement.</li> <li>- Fonctionnement prévu pour un service continu S1.</li> <li>- Possibilité de bride de fixation à trous taraudés.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fixation par bossages.</li> <li>- Possibilité de fixation : B14-B5.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilisation en position verticale ou horizontale.</li> <li>- Moteur à 2 vitesses en option : 1 500/1 000 ou 1 500/750 ou 750/500.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Carcasse en tôle acier peinte.</li> <li>- Flasques en aluminium.</li> <li>- Arbre en acier C45.</li> <li>- Roulements protégés.</li> <li>- Moteur IP 55.</li> <li>- Connexion par boîte avec presse-étoupe.</li> <li>- Option : arbre inox 230 C 13.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Entraînement d'aérothermes.</li> <li>- Motoventilateurs d'évaporateurs.</li> <li>- Motoventilateurs de condenseurs.</li> <li>- Évaporateurs de chambres froides.</li> <li>- Climatiseurs.</li> <li>- Tourelles d'extraction.</li> <li>- Homogénéisateur d'air.</li> <li>- Ventilateurs de renouvellement d'air.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fixation pour virole en acier, assurant la tenue de l'ensemble.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gamme de motoventilateurs utilisés en débit important et faible pression.</li> <li>- Moteur à 2 vitesses (1000-1500) en option.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hélice en aluminium.</li> <li>- Carcasse en tôle acier peinte.</li> <li>- Roulements protégés et graissés à vie.</li> <li>- IP 55.</li> <li>- Construit suivant les normes CEI et NEMA.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Renouvellement d'air de locaux industriels.</li> <li>- Salles de sport (3 à 5 volumes/heure).</li> <li>- Serres.</li> <li>- Salles de réunion.</li> <li>- Aérothermes.</li> <li>- Évaporateurs et condenseurs de groupes frigorifiques.</li> <li>- Extracteurs d'air.</li> </ul>

11.1.12.2. GUIDE DE CHOIX DES MOTEURS TRIPHASÉS

(D'après LEROY-SOMER)

APTITUDES →	FORME ET ASPECT ↓	HAUTEUR D'AXE						FRÉQUENCE DE ROTATION ALIMENTATION ↓ V	
		↓ mm	↓ W	↓ COUPLE AU DÉMARRAGE INTENSITÉ AU DÉMARRAGE ↓ $M_d / M_n$		↓ $I_d / I_n$			↓ $\text{min}^{-1}$
TYPE ↓									
MOTEURS FERMÉS STANDARD ALUMINIUM ROTOR À CAGE		56 à 315	0,09 à 200	2,3 à 4,9	3,5	3 000 1 500 1 000 750	230/400 400 400/690		
MOTEURS FERMÉS STANDARD FONTE ROTOR À CAGE		80 à 315	0,75 à 550	1,5 à 3	2,8 à 7,8	3 000 1 500 1 000 750			
MOTEURS FERMÉS RENFORCÉS ALUMINIUM ROTOR À CAGE		80 à 315	0,75 à 132	1,4 à 3,7	2,7 à 8	3 000 1 500 1 000 750			
MOTEURS FERMÉS RENFORCÉS FONTE ROTOR À CAGE		80 à 315	0,18 à 450	1,5 à 3,3	2,6 à 7,8	3 000 1 500 1 000 750			
MOTEURS OUVERTS ALUMINIUM ROTOR À CAGE		160 à 355	11 à 900	1,2 à 3	2,5 à 7,2	3 000 1 500 1 000 750			
MOTEURS-FREINS ROTOR À CAGE		Frein à commande de repos (serré au repos) ou à commande de travail (desserré au repos) adaptable aux moteurs des gammes 56 à 180.						230/400 400 400/690 ou tension continue	
MOTEURS DEUX VITESSES ROTOR À CAGE		Réalisé dans la gamme de moteurs de 56 à 315 en 1 bobinage (3 000/1 500 et 1 500/750 $\text{min}^{-1}$ ) en 2 bobinages (3 000/1 500 ; 1 500/1 000 et 1 500/750 $\text{min}^{-1}$ )						400	
MOTEURS FERMÉS ÉCONOMIQUES ROTOR À CAGE		80 à 315	0,55 à 132	1,4 à 3,7	2,6 à 8	3 000 1 500		230/400 400 400/690	
MOTEURS FERMÉS FONTE ROTOR BOBINÉ USAGE GÉNÉRAL			160 à 355	4 à 300	maxi 4,4	Adaptable en fonction du démarreur		1 500 1 000 750	400
MOTEURS FERMÉS FONTE ROTOR BOBINÉ LEVAGE ET MANUTENTION			160 à 355	5 à 300	maxi 4,2	Adaptable en fonction du démarreur		1 500 1 000 750	
MOTEURS FREINS ROTOR BOBINÉ	Frein à commande de repos (serré au repos) ou à commande de travail (desserré au repos) adaptable aux moteurs des gammes 80 à 180.								

MODES DE FIXATION			
	CONDITIONS PRINCIPALES D'UTILISATION	CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES	APPLICATIONS ET REMARQUES
B3-B6-B7 B8-V5-V6 B5-V1-V3 B35-B14-V18 V19-B34	IP 55 IPW 55 IK 08	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Carcasse en alliage d'aluminium.</li> <li>- Flasques en fonte.</li> <li>- Rotor en aluminium coulé.</li> <li>- Isolation classe B.</li> <li>- Roulements graissés à vie. Graisseur à partir du 160.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Entraînement de tout système.</li> <li>- Robuste et performant.</li> <li>- Adapté aux besoins industriels courants.</li> </ul>
B3-B5-V1 B14-B34 B35	IP 55 IP 55W IK 08	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Carcasse et flasques en fonte.</li> <li>- Rotor à cage en cuivre.</li> <li>- Isolation classe F.</li> <li>- Roulements graissés à vie jusqu'au 132.</li> <li>- Graisseur à partir du 160.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilisation en milieu poussiéreux et très humide.</li> <li>- Entraînement de tout système.</li> <li>- Très robuste et performant.</li> </ul>
B3-B5 V1-B35	IP 55	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Carcasse en alliage d'aluminium.</li> <li>- Flasques en fonte.</li> <li>- Rotor monobloc en aluminium.</li> <li>- Isolation classe F.</li> <li>- Roulements étanches jusqu'au 160.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilisation en milieu agressif.</li> <li>- Sidérurgie, chimie.</li> <li>- Marine, traitement des eaux.</li> <li>- Papeterie, usine de cellulose.</li> </ul>
B3-B5-V1 B14-B34 B35	IP 55W IK 08 IP 58 en option	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Carcasse et flasques en fonte.</li> <li>- Rotor à cage en cuivre.</li> <li>- Isolation classe F.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilisation en milieu très agressif.</li> <li>- Résistance à la corrosion.</li> <li>- Étanchéité à tous les niveaux.</li> </ul>
B3-B5-V1 B35	IP 23	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Carcasse en alliage d'aluminium.</li> <li>- Flasques en fonte.</li> <li>- Rotor coulé sous pression.</li> <li>- Isolation classe F.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilisation pour les démarrages difficiles et pour les démarrages répétés.</li> <li>- Compresseurs à vis.</li> <li>- Pompes.</li> </ul>
	IP 23 IP 55	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Isolation classe B (F en option).</li> <li>- Alimentation directe ou séparée.</li> <li>- Possibilité de commande manuelle par levier.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Levage.</li> <li>- Mouvements horizontaux.</li> <li>- Utilisation suivant le type de moteur.</li> </ul>
B3-B5-V1 B14-B34 B35	IP 23 IP 55	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Caractéristiques suivant le type de moteur acceptant les deux fréquences de rotation.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilisation nécessitant 2 gammes de vitesse.</li> <li>- Utilisation suivant le type de moteur.</li> </ul>
B3-B5-V1 B14-B34 B35	IP 55	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dérive du moteur fermé renforcé.</li> <li>- Isolation classe E3.</li> <li>- <math>\eta</math> maxi à partir de 3/4 charge.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Résistance à la corrosion.</li> <li>- Utilisation en tenant compte du bilan économique (surcoût amortissable dans un délai raisonnable).</li> <li>- Bruit atténué.</li> <li>- Cos <math>\varphi</math> voisin de l'unité.</li> </ul>
B3-B6-B7 B8-V5-V6 B5-V1-V3 B35	IP 55 IP 55W IK 08	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Carcasse et flasques en fonte.</li> <li>- Isolation classe F.</li> <li>- Rotor bobiné avec bagues.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tout entraînement nécessitant une adaptation du couple moteur au couple résistant.</li> <li>- Démarrage par résistances ou rhéostat électrolytique.</li> </ul>
	IP 55	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Carcasse lisse en fonte.</li> <li>- Flasques en fonte.</li> <li>- Isolation classe F.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Adaptation du couple moteur au couple résistant.</li> <li>- Démarrage par résistance ou par rhéostat électrolytique.</li> </ul>
	IP 55	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Isolation classe B (F en option).</li> <li>- Alimentation directe ou séparée.</li> <li>- Possibilité de commande manuelle par levier.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Levage et mouvements horizontaux.</li> <li>- Utilisation suivant le type de moteur.</li> </ul>

### 11.1.12.3. CARACTÉRISTIQUES DES MOTEURS MONOPHASÉS

Couple de démarrage 1,8 à 2 fois le couple nominal, 2 sens de rotation, 2 tensions d'alimentation. Démarrage par condensateur éliminé par coupleur centrifuge (jusqu'à 0,55 kW, démarrage par relais de tension R sur demande à contacts spéciaux pour coupure de condensateur).

PUISSANCE		TYPE	CARACTÉRISTIQUES EN CHARGE				CARACTÉRISTIQUES AU DÉMARRAGE		CONDENSATEUR		POIDS
kW	ch	Leroy Somer	Fréquence de rotation min <sup>-1</sup>	Intensité nominale en A sous 230 V	Rendement %	Cos φ	*I <sub>d</sub> /I <sub>n</sub>	*M <sub>d</sub> /M <sub>n</sub>	μF	V	kg
0,09	0,12	LS 63 ER	1 420	1,3	45	0,70	3	1,7	35	120	5
0,12	0,17	LS 71 C	1 440	2,3	44	0,60	3	2	60	120	6
0,18	0,25	LS 63 ER	2 800	1,95	55	0,80	3,9	1,8	80	120	5,2
		LS 71 C	1 445	2,65	52	0,60	3,8	1,8	80	120	7
0,25	0,33	LS 71 C	2 850	2,5	57,5	0,70	4,8	2,5	120	120	6,5
		LS 80 C	1 415	3,3	52	0,65	3,6	2	120	120	9,5
0,37	0,50	LS 71 C	2 800	3,3	66	0,77	4,8	2	160	120	7,5
		LS 80 C	1 405	4,4	54	0,69	3,7	1,9	160	120	10,5
0,55	0,75	LS 80 C	2 825	4,8	62	0,84	4,6	2	230	120	11
		LS 80 C	1 390	6	57	0,72	4	1,9	230	120	12
0,75	1	LS 80 C	2 865	6	68	0,82	5,7	1,9	310	120	12,5
		LS 90 C	1 425	6,8	65	0,76	4,7	1,9	310	120	15,5
1,10	1,5	LS 90 C	2 870	8,3	72	0,84	5,2	2,1	460	120	16,5
		LS 90 C	1 435	9,5	66	0,79	5	1,8	460	120	17,5

Couple de démarrage 0,5 à 0,8 fois le couple nominal, 2 sens de rotation, une tension d'alimentation.

PUISSANCE		TYPE	CARACTÉRISTIQUES EN CHARGE				CARACTÉRISTIQUES AU DÉMARRAGE		CONDENSATEUR		POIDS
kW	ch	Leroy Somer	Fréquence de rotation min <sup>-1</sup>	Intensité nominale en A sous 230 V	Rendement %	Cos φ	*I <sub>d</sub> /I <sub>n</sub>	*M <sub>d</sub> /M <sub>n</sub>	μF	V	kg
0,09	0,12	LS 56 P	2 800	1,1	51	0,74	3	0,75	3	400	4,2
		LS 63 P	1 310	0,8	55	0,97	2,2	0,7	6	400	4,5
0,12	0,17	LS 63 P	2 770	0,9	60	0,96	3,4	0,7	5	400	4,7
		LS 63 P	1 380	1,2	50	0,97	2,4	1,1	8	400	5
0,18	0,25	LS 63 P	2 800	1,4	62	0,94	3,3	0,85	8	400	5,2
		LS 71 P	1 380	1,7	55	0,90	2,7	0,5	8	400	6
0,25	0,33	LS 71 P	2 750	2	60	0,91	3,4	0,9	8	400	6,5
		LS 71 P	1 410	2,2	61	0,83	3,5	0,6	10	400	7
0,37	0,50	LS 71 P	2 760	3	62	0,90	3,1	0,7	10	400	7,5
		LS 71 P	1 370	2,9	63	0,88	3,1	0,5	12	400	7,5
0,55	0,75	LS 71 P	2 730	3,8	69	0,97	3,1	0,5	12	400	8
		LS 80 P	1 370	4,3	63	0,90	3	0,5	20	400	10,5
0,75	1	LS 80 P	2 775	5,3	68	0,94	4	0,6	20	400	11
		LS 80 P	1 370	5,5	65	0,93	3,2	0,5	25	400	12
1,1	1,5	LS 90 P	2 790	7,8	70	0,91	4,2	0,6	30	400	16,5
		LS 90 P	1 400	8,5	73	0,96	3,5	0,6	40	340	17,5
1,5	2	LS 90 P	2 750	9,8	72	0,95	4,3	0,6	40	400	18,5

Couple de démarrage 1,6 à 2 fois le couple nominal. Deux sens de rotation. Une tension d'alimentation. Démarrage par coupleur centrifuge.

PUISSANCE		TYPE	CARACTÉRISTIQUES EN CHARGE				CARACTÉRISTIQUES AU DÉMARRAGE		CONDENSATEUR		POIDS
kW	ch	Leroy Somer	Fréquence de rotation min <sup>-1</sup>	Intensité nominale en A sous 230 V	Rendement %	Cos φ	*I <sub>d</sub> /I <sub>n</sub>	*M <sub>d</sub> /M <sub>n</sub>	μF	V	kg
0,55	0,75	LS 71 PR	2 845	3,6	73	0,96	5,5	2,4	10 60	400 250	7,6
0,55	0,75	LS 80 PR	1 425	4,3	65	0,90	5	2,2	20 80	400 250	11
0,75	1	LS 80 PR	2 895	5,4	71	0,88	5,6	2,7	16 80	400 250	11
0,75	1	LS 80 PR	1 430	5,4	68	0,90	5	2,2	25 100	400 250	12,5
1,1	1,5	LS 80 PR	2 890	7,4	74	0,93	5,5	2	25 100	400 250	12,6
1,1	1,5	LS 90 PR	2 425	7,1	74	0,95	5,4	2,2	30 150	400 250	16
1,5	2	LS 90 PR	2 875	9,3	74	0,97	6,3	2,5	30 150	400 250	17
1,5	2	LS 90 PR	1 440	9,1	76	0,97	5,7	1,6	40 150	400 250	18
1,8	2,5	LS 90 PR	2 890	11,7	76	0,96	5,5	2,2	40 150	400 250	19

\*I<sub>n</sub> : Intensité nominale - \*I<sub>d</sub> : Intensité absorbée au démarrage - \*M<sub>d</sub> : Couple au démarrage - \*M<sub>n</sub> : Couple nominal.

11.1.12.4. CARACTÉRISTIQUES DES MOTEURS ASYNCHRONES TRIPHASÉS À CAGE (VALEURS INDICATIVES)

(D'après LEROY-SOMER)

	PUISSANCE		TYPE	INTENSITÉ (A)				COUPLE (Nm)		RENDEMENT (%)			COS φ			n min <sup>-1</sup>	INERTIE DU ROTOR J kg.m <sup>2</sup>	MASSE kg
	kW	Ch		$I_n$ sous 400 V	$I_a/I_n$	$M_a/M_n$	$\frac{M_{max}}{M_n}$	1/2	3/4	4/4	1/2	3/4	4/4					
<b>CARACTÉRISTIQUES DES MOTEURS TRIPHASÉS ROTOR À CAGE (MOTEURS 2 PÔLES) SERVICE S1</b>	0,09	0,12	LS 56 L	0,29	4	2,5	2,4	52	60	58	0,62	0,75	0,82	2710	0,0001525	3,8		
	0,12	0,17	LS 56 L	0,45	3,50	2	2,2	45	52	56	0,59	0,70	0,79	2740	0,0001525	3,8		
	0,18	0,25	LS 63 M	0,5	5,2	3	2,6	58	65	67	0,61	0,77	0,82	2810	0,0001875	4,8		
	0,25	0,33	LS 63 M	0,65	6,5	3	3,7	60	68	71	0,60	0,68	0,80	2810	0,00025	5		
	0,37	0,5	LS 71 L	0,98	4,8	2,3	2,6	72	71	70	0,60	0,75	0,82	2790	0,00035	-		
	0,55	0,75	LS 71 L	1,4	4,5	2,3	2,7	70	72	72	0,68	0,81	0,84	2770	0,00045	7,3		
	0,75	1	LS 80 L	1,9	5,9	2,8	2,5	67,5	71	72	0,64	0,76	0,84	2820	0,000725	9		
	1,1	1,5	LS 80 L	2,6	6,6	3	2,9	74	76	76	0,71	0,81	0,86	2810	0,00095	10,5		
	1,5	2	LS 80 L	3,4	7,1	3,4	2,9	74	77	78	0,71	0,81	0,85	2825	0,001225			
	1,5	2	LS 90 S	3,6	6,2	2,7	2,9	69	74	77	0,67	0,80	0,83	2825	0,001375	15		
	1,8	2,5	LS 90 S	4,1	6,5	2,8	3	77	79	80	0,65	0,83	0,86	2830	0,0017	16		
	2,2	3	LS 90 S	4,9	7,4	3,3	3,3	79	82	82	0,67	0,79	0,84	2860	0,002075	18		
	3	4	LS 100 L	6,25	6,9	2,8	2,7	77	80	81	0,79	0,87	0,90	2850	0,002775	21		
	4	5,5	LS 112 M	8,7	7,8	2,9	2,9	82	82	82	0,74	0,82	0,86	2855	0,00845	27,5		
	5,5	7,5	LS 112 M	11,9	7	3,3	3,1	79	82	83	0,70	0,80	0,85	2875	0,01075	32		
	5,5	7,5	LS 132 S	11,9	7,8	3,3	3,1	79	82	83	0,70	0,82	0,85	2875	0,01505	46		
	7,5	10	LS 132 S	15	8	4,9	4,3	80	82	83	0,70	0,80	0,89	2875	0,018825	57		
	9	12	LS 132 M	19,6	6,7	3,1	2,6	83	86	86	0,70	0,79	0,81	2900	0,0236	63		
	11	15	LS 132 M	23,3	6,8	2,9	2,4	83	85	86	0,71	0,80	0,83	2900	0,0285	72		
	11	15	LS 160 M	22	6,9	3	2,5	80	84	85	0,83	0,87	0,89	2925	0,03375	76		
	15	20	LS 160 M	29,6	7,5	3,3	3	81	86,5	87	0,81	0,87	0,89	2935	0,04325	90		
	18,5	25	LS 160 L	35	8	3,1	3	84,5	87,5	88	0,84	0,67	0,91	2940	0,05375	105		
	22	30	LS 180 M	42,3	7,5	3,7	3,1	83	87,5	88,5	0,82	0,86	0,88	2940	0,0615	114		
	30	40	LS 200 L	57	6,9	3,2	2,6	87	89	89,5	0,83	0,87	0,89	2920	0,09625	160		
	37	50	LS 200 L	69	7,3	2,6	2,8	87	90	90	0,85	0,89	0,90	2940	0,148	205		
	45	60	LS 225 M	85	7,1	2,6	2,9	83,5	87,5	89	0,84	0,88	0,90	2940	0,398	255		
	55	75	LS 250 M	104	7,5	2,6	2,7	84	88,5	89,5	0,82	0,88	0,89	2950	0,715	320		
	75	100	LS 280 S	139,5	7,9	3,3	3,2	87,5	90,5	91,5	0,82	0,86	0,89	2960	1,085	390		
90	125	LS 280 M	162	7,9	3,2	2,9	88	91	92	0,87	0,90	0,92	2960	1,6375	510			
110	150	LS 315 S	199	7,5	2,9	2,6	89	91,5	92,5	0,87	0,90	0,91	2965	1,905	650			
132	180	LS 315 M	237	7,8	3,3	2,6	89,5	92,5	93,5	0,84	0,88	0,90	2970	2,2275	740			
160	220	LS 315 M	300	7,7	1,7	2,5	91	93	93,5	0,79	0,85	0,87	2950	2,15	1050			
200	270	LS 315 M	367	7,8	1,7	2,5	92	94	94	0,8	0,85	0,88	2950	2,6	1150			
<b>CARACTÉRISTIQUES DES MOTEURS TRIPHASÉS ROTOR À CAGE (MOTEURS 4 PÔLES) SERVICE S1</b>	0,09	0,12	LS 56 L	0,38	2,89	1,8	1,85	41	48	54	0,48	0,58	0,67	1375	0,00002	4		
	0,12	0,17	LS 63 M	0,43	2,79	2	2	52	56	55	0,52	0,67	0,80	1350	0,00035	4,8		
	0,18	0,25	LS 63 M	0,60	3,50	2,10	2,10	56	60	63	0,57	0,68	0,78	1390	0,000475	5		
	0,25	0,33	LS 71 L	0,82	3,90	1,8	2,4	50	57	61	0,51	0,64	0,75	1415	0,000675	6,4		
	0,37	0,50	LS 71 L	1,1	4,36	1,85	2,5	58	64	67	0,51	0,66	0,76	1400	0,00085	7,3		
	0,55	0,75	LS 80 L	1,65	4,61	2,1	2,2	60	66	68	0,50	0,64	0,75	1400	0,001375	9		
	0,75	1	LS 80 L	2,1	4,76	2,4	2,4	66	71	72	0,57	0,70	0,75	1400	0,0018	10,5		
	0,9	1,25	LS 80 L	2,6	5,38	2,9	2,7	67	73	73	0,48	0,61	0,76	1415	0,00235	11,5		
	1,1	1,5	LS 90 S	2,7	5,67	2,2	2,4	74	76	77	0,60	0,74	0,82	1420	0,003175	14		
	1,5	2	LS 90 L	3,7	5,92	2,3	2,6	75	78	78	0,57	0,72	0,80	1420	0,003925	15		
	1,8	2,5	LS 90 L	4,3	5,65	2,1	2,3	78	80	79	0,62	0,75	0,82	1410	0,0049	17		
	2,2	3	LS 100 L	5,25	6,3	2,5	2,6	78	80,5	81	0,58	0,70	0,79	1435	0,00595	21		
	3	4	LS 100 L	7,1	6,35	2,8	2,8	78	81	81	0,60	0,72	0,79	1435	0,00745	23		
	4	5,5	LS 112 M	9,5	5,7	2,3	2,4	79	81	82	0,56	0,70	0,78	1440	0,01345	28		
	5,5	7,5	LS 132 S	11,8	7,25	2,4	2,5	79	82	83	0,57	0,73	0,85	1435	0,021125	45		
	7,5	10	LS 132 M	16	7,9	3,2	3,1	81	84	85	0,66	0,77	0,83	1450	0,03345	56		
	9	12	LS 132 M	18,6	8,2	2,6	2,9	83	85	85	0,72	0,82	0,86	1445	0,038525	62		
	11	15	LS 160 M	22	5	2,1	2,1	86	87,5	87	0,80	0,85	0,87	1440	0,05375	80		
	15	20	LS 160 L	29,3	5,8	2,4	2,5	88	89	89	0,76	0,83	0,86	1445	0,073	97		
	18,5	25	LS 180 M	36,4	5,8	2,5	2,4	88	89	88,5	0,77	0,84	0,87	1450	0,0885	113		
	22	30	LS 180 L	44,1	5,5	2,4	2,5	88	89	89	0,73	0,81	0,85	1455	0,122	135		
	30	40	LS 200 L	60	6,3	2,5	2,4	87,5	89,5	89,5	0,74	0,81	0,85	1455	0,15125	170		
	37	50	LS 225 S	72	6,4	2,7	2,5	88,5	90,5	90,5	0,74	0,83	0,86	1460	0,25675	210		
	45	60	LS 225 M	85,5	6	2,7	2,7	89,5	91	91	0,75	0,83	0,86	1460	0,6065	275		
	55	75	LS 250 M	106	6,6	2,7	2,7	89	91,5	92	0,77	0,83	0,86	1470	1,1075	315		
	75	100	LS 280 S	145	7	3,1	2,9	90	91,5	92	0,78	0,82	0,85	1470	1,5775	400		
	90	125	LS 280 M	173	7	3,1	2,7	90,5	92	92,5	0,77	0,83	0,85	1475	2,15725	565		
	110	150	LS 315 S	211	7,4	3,4	2,6	90,5	92	93	0,75	0,81	0,85	1475	2,6515	685		
132	180	LS 315 M	253	7,1	3,3	2,6	91,5	93	94	0,75	0,81	0,84	1480	2,967	750			
160	220	LS 315 L	300	7,2	1,7	2,7	93	94	94	0,8	0,84	0,86	1475	3,8	1050			
200	270	LS 315 L	370	7,2	1,7	2,7	93,5	94,5	95	0,8	0,84	0,86	1475	4,4	1150			

11.1.12.5. CARACTÉRISTIQUES DES MOTEURS-FREINS TRIPHASÉS

(D'après Leroy-Somer)

	Masse	Inertie	Frein			Moteur			Frein			Inertie	Masse								
	$m$	$J$	$M_F/M_n$	$M_F$	$M_F$	$P$	LS	$P$	$M_F$	$M_F$	$M_F/M_n$	$J$	$m$								
	kg	$10^{-3}$ kg.m <sup>2</sup>		faible Nm	fort Nm	kW		kW	fort Nm	faible Nm		$10^{-3}$ kg.m <sup>2</sup>	kg								
	3 000 min <sup>-1</sup> (2 pôles)						1 500 min <sup>-1</sup> (4 pôles)														
	10 10,5 ●	1,35 1,45 ●	4,24 2,86 ●	1,5 1,5 ●	5 5 ●	0,37 0,55 ●	LS 71 L0 LS 71 L1 LS 71 L2	0,25 0,37 0,55	5 5 5	1,5 1,6 1,6	3,14 2,12 1,43	1,7 1,85 2,1	10 10,5 12								
	14,5 16 16,5	4,8 5,1 5,6	4,18 2,86 2,10	4 4 4	10 10 10	1,75 1,1 1,5	LS 80 L1 LS 80 L2 LS 80 L3	0,55 0,75 0,9	10 10 10	4 4 4	2,86 2,09 1,75	5,5 6 6,5	14,5 16 16,5								
	23 24 26	7,5 7,8 8,1	4,20 3,5 2,86	6 6 6	20 20 20	1,5 1,8 2,2	LS 90 L1 LS 90 L2 LS 90 L3	1,1 1,5 1,8	20 20 20	6 6 6	2,85 2,09 1,74	9 9,3 10,6	23 24 26								
	35 38	13 13,6	4,21 3,39	19 19	40 40	3 3,7	LS 100 L1 LS 100 L2	2,2 3	40 40	19 19	2,86 2,09	16 17,4	35 38								
	45 46	17,5 19	3,15 2,29	19 19	40 40	4 5,5	LS 112 M1 LS 112 M2	4 4,5	40 40	19 19	1,78 1,39	27 28,6	45 46								
	93 104 118 128	17,6 21,3 26,1 31,2	6,85 5,02 4,20 3,43	32 32 32 32	120 120 120 120	5,5 7,5 9 11	LS 132 SM0 LS 132 SM1 LS 132 M1 LS 132 M2	● 5,5 7,5 9	● 120 120 120	● 32 32 32	● 3,43 2,45 2,09	● 23,6 36 41	● 104 118 128								
	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	● ●	LS 160 M LS 160 L	11 15	150 150	40 40	2,14 1,57	64 83	135 152								
	●	●	●	●	●	●	LS 180 MT	18,5	180	40	1,27	99	168								
	<p><math>J</math> : inertie totale du moteur-frein.                  ● : N'existe pas dans la hauteur d'axe considérée.  <math>M_F/M_n</math> : couple de freinage fort ramené au couple nominal du moteur.  <math>M_F</math> fort : limite de réglage supérieure du couple de freinage.  <math>M_F</math> faible : limite de réglage inférieure du couple de freinage.                  Les caractéristiques électriques sont indiquées § 11.1.12.5 en regard de la puissance et de la hauteur d'axe correspondantes.</p>																				
FRÉQUENCE DE DÉMARRAGE $Z_0$	Exprimée en $t^{-1}$																				
	Moteur		Rotor aluminium						Rotor DP												
	Hauteur d'axe	Isolant	Classe B			Classe F			Classe B			Classe F									
		$k_m$	25 %	40 %	60 %	25 %	40 %	60 %	25 %	40 %	60 %	25 %	40 %	60 %							
	71		850	700	500	1 250	1 050	750	1 050	900	600	1 500	1 350	950							
	80		765	644	450	1 148	965	675	956	804	563	1 434	1 207	844							
	90		600	572	400	1 020	950	600	950	715	600	1 275	1 073	750							
	100		425	358	250	638	536	375	531	447	313	797	670	469							
	112		340	286	200	510	429	300	425	358	250	638	536	375							
	132		170	143	100	255	215	150	213	179	125	319	268	188							
160											180	180	150								
180											180	180	150								
	<p>Rotor aluminium : plus adapté aux services S1 et S2 car son rendement et son cos <math>\varphi</math> sont optimisés mais il peut être également utilisé pour des mouvements cadencés.                  Rotor DP : Idéal pour les fonctionnements en cadence car le couple de démarrage est élevé et « sans creux » jusqu'au couple nominal, alors que l'intensité de démarrage est réduite.</p>																				
	<p>Coefficients à appliquer aux valeurs du moteur, rotor en aluminium pour obtenir les valeurs du moteur rotor DP</p> <table border="1"> <tr> <td><math>I_n</math></td> <td><math>I_0/I_n</math></td> <td><math>M_0/M_n</math></td> <td><math>n_n</math></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0,9</td> <td>1,2</td> <td>0,97</td> </tr> </table>													$I_n$	$I_0/I_n$	$M_0/M_n$	$n_n$	1	0,9	1,2	0,97
$I_n$	$I_0/I_n$	$M_0/M_n$	$n_n$																		
1	0,9	1,2	0,97																		
CARACTÉRISTIQUES DU FREIN À COMMANDE DE REPOS	Hauteur d'axe		71	80	90	100-112	132-160 180														
	$t_1$	ms	50	55	85	180	260														
	$t_2$ coupure ~	ms	170	260	340	380	590														
	$t_2$ coupure ---	ms	30	27	24	23	30														
	$U = 100V =$	$I$	A	0,27	0,36	0,55	0,59	0,65													
$R$		$\Omega$	373	277	183	171	154														
$P$		W	27	36	55	59	65														
	<p><math>t_1</math> = temps de réponse au desserrage du frein.  <math>t_2</math> = temps de réponse au serrage du frein                  ~ : en alternatif.                  --- : en redressé ou en continu.  <math>I, R, P</math> pour <math>U = 100 V =</math></p>																				

**11.1.12.6. CARACTÉRISTIQUES DES MOTEURS ASYNCHRONES TRIPHASÉS À BAGUES**

(D'après LEROY-SOMER)

MOTEURS TRIPHASÉS À BAGUES USAGE GÉNÉRAL SERVICE S1	TYPE LS-FB	PUISSANCE		PLEINE CHARGE				$\frac{M_{max}}{M_n}$	ROTOR		J ROTOR kg.m <sup>2</sup>	m MOTEUR kg	RHÉOSTAT LIQUIDE (Polystart)
		kW	Ch	n min <sup>-1</sup>	$\eta$ %	cos $\varphi$	I stator sous 400 V		U <sub>R</sub> V	I <sub>R</sub> A			
	160 M	7,5	10	1 440	85	0,80	17	3,8	180	27	0,07	130	LB 25/80
160 L	11	15	1 440	87	0,80	24	4	244	30	0,0875	155	LB 25/80	
180 M	13	17,5	1 445	86	0,81	28	3,2	250	32	0,1625	208	LB 25/80	
180 L	15	20	1 450	88	0,85	30	3,2	290	32	0,1875	220	LB 25/80	
200 L	18,5	25	1 455	88	0,83	38	2,8	350	33	0,325	254	LB 25/80	
200 L	22	30	1 460	89	0,84	45	2,9	420	33	0,375	270	LB 25	
225 S	25	35	1 460	89,5	0,85	50	3	245	63	0,55	292	LB 25	
225 M	30	40	1 460	90	0,85	59	3	285	64	0,6	313	LB 25	
250 M	37	50	1 465	90,5	0,85	73	3,3	336	67	0,675	403	LB 25	
250 M	45	60	1 465	91	0,85	86	3,5	410	67	0,75	437	LB 65/80	
280 S	55	75	1 475	90	0,835	121	3,7	400	90	1,625	665	LB 65/140	
280 M	75	100	1 475	90	0,83	153	3,7	480	93	1,875	810	LB 65/140	
315 M	90	125	1 475	91	0,83	181	3,4	490	110	2,15	865	LB 65/140	
315 M	110	150	1 475	91,5	0,80	203	2,8	600	110	3,15	1 120	LB 120/140	
315 L	132	180	1 478	92	0,875	249	3,7	690	113	3,6	1 240	LB 120/140	
MOTEURS TRIPHASÉS À BAGUES USAGE GÉNÉRAL SERVICE S3 (6 démarrages/h)	TYPE FLSB	k <sub>m</sub>	P	n	$\frac{M_{max}}{M_n}$	I stator sous 400 V	I rotor I <sub>R</sub>	U rotor U <sub>R</sub>	J en kg.m <sup>2</sup>			m MOTEUR	
		%	kW	min <sup>-1</sup>		A	A	V	Rotor	Entraînée	Totale	kg	
	160 M	25	11	1 410	2,6	23	40						130
40		10	1 420	2,9	21	36	180	0,07	0,2425	0,3125			
60		8,5	1 430	3,4	19	31							
160 L	25	16,5	1 410	2,7	34	46						155	
	40	14,5	1 420	3,0	30	40	244	0,0875	0,35	0,4375			
	50	12,5	1 431	3,5	26	34							
180 L	25	19,5	1 416	2,1	40	49						208	
	40	17	1 427	2,4	35	42	250	0,1625	0,3625	0,525			
	60	15	1 436	2,8	31	37							
180 L	25	22	1 425	2,2	42	48						220	
	40	19,5	1 434	2,5	38	42	290	0,1875	0,4125	0,6			
	60	17	1 443	2,8	33	36							
200 L	25	28	1 431	2,1	55	51						254	
	40	24	1 441	2,5	48	43	350	0,325	0,45	0,775			
	60	21	1 448	2,8	42	38							
200 L	25	33	1 439	2,1	63	50						270	
	40	28	1 449	2,5	55	42	420	0,375	0,5	0,875			
	60	25	1 454	2,8	50	38							
225 M	25	45	1 439	2,3	84	90						313	
	40	39	1 447	2,7	73	77	285	0,4575	0,7925	1,25			
	60	34	1 454	3,1	65	67							
250 M	25	55	1 447	2,4	104	101						403	
	40	48	1 454	2,7	91	97	335	0,675	0,975	1,65			
	60	42	1 460	3,1	81	76							
250 M	25	67	1 446	2,4	126	101						437	
	40	58	1 453	2,7	111	87	410	0,75	1,15	1,9			
	60	51	1 459	3,1	99	76							
280 S	25	90	1 447	2,7	174	137						665	
	40	77	1 455	3,2	149	116	400	1,4	1,1	2,5			
	60	68	1 460	3,6	133	102							
280 M	25	112	1 462	2,5	202	140						810	
	40	96	1 468	2,9	177	120	480	1,675	1,45	3,125			
	60	85	1 472	3,3	161	106							
315 M	25	135	1 454	3,3	258	167						865	
	40	115	1 461	3,9	221	141	490	2,275	1,475	3,75			
	60	102	1 466	4,4	198	125							
315 M	25	167	1 469	3,3	304	168						1 120	
	40	140	1 474	3,9	256	140	600	2,8	1,7	4,5			
	60	125	1 477	4,4	230	125							
315 L	25	200	1 469	3,3	357	172						1 240	
	40	170	1 474	3,9	305	146	690	3,2	2,25	5,45			
	60	150	1 477	4,4	272	129							
355 L	25	240	1 470	2,5	437	302						1 550	
	40	210	1 474	2,8	384	264	490	6,25	0,45	6,7			
	60	185	1 477	3,2	342	232							
355 L	25	330	1 467	2,7	604	317						1 660	
	40	285	1 471	3,1	526	273	630	7,875	1,375	9,25			
	60	255	1 474	3,5	476	244							

TYPE FLSLB	$k_m$	CLASSE 150						CLASSE 300						CLASSE 600						J en kg.m <sup>2</sup>			m mo- teur kg
		P	n	$M_{max}$	I stator sous 400 V	I rotor	U rotor	P	n	$M_{max}$	I stator sous 400 V	I rotor	P	n	$M_{max}$	I stator sous 400 V	I rotor	U rotor	Rotor	Entraî- née	Totale		
																						$M_n$	
160 M	25	9,5	1 425	3	20	34												180	0,07	0,2425	0,3125	130	
	40	8,5	1 430	3,4	19	31	7,5	1 440	3,8	17	27												
	60	7,5	1 440	3,8	17	27	0,5	1 450	4,4	15	23	6	1 460	5,7	13	18							
160 L	25	14	1 425	3,1	29	38												244	0,0875	0,35	0,4375	155	
	40	12,5	1 431	3,5	26	34	10,5	1 443	4,2	23	28												
	60	11	1 440	4	24	30	9,5	1 448	4,6	22	26	7	1 462	6,3	18	19							
180 M	25	17	1 427	2,4	35	42												250	0,1625	0,3625	0,525	208	
	40	15	1 436	2,8	31	37	12,5	1 447	3,3	27	31												
	60	13	1 445	3,2	28	32	11	1 453	3,8	25	27	8,5	1 464	4,9	21	21							
180 L	25	19	1 436	2,5	37	41												290	0,1875	0,4125	0,6	220	
	40	17	1 443	2,8	33	36	14,5	1 452	3,3	29	31												
	60	15	1 450	3,2	30	32	13	1 457	3,7	27	28	10	1 457	4,8	22	21							
200 L	25	23	1 444	2,6	46	71												200	0,325	0,45	0,775	254	
	40	21	1 448	2,8	42	65	18	1 456	3,3	37	55												
	60	18,5	1 455	3,2	38	57	16	1 461	3,7	34	49	12	1 471	4,9	28	36							
200 L	25	27	1 450	2,6	53	70												242	0,375	0,5	0,875	270	
	40	25	1 454	2,8	50	65	21	1 462	3,3	43	54												
	60	22	1 460	3,2	45	57	19	1 465	3,7	40	49	14,5	1 473	4,8	34	37							
225 M	25	37	1 450	2,8	70	124												185	0,4575	0,7925	1,25	313	
	40	33	1 456	3,2	64	110	28	1 463	3,7	56	93												
	60	30	1 460	3,5	59	100	25	1 466	4,2	52	83	19	1 475	5,5	44	63							
250 M	25	46	1 456	2,8	88	145												195	0,675	0,975	1,65	403	
	40	41	1 461	3,1	79	129	35	1 467	3,7	70	110												
	60	37	1 465	3,5	73	116	31	1 471	4,2	64	97	24	1 477	5,4	53	75							
250 M	25	56	1 455	2,8	107	145												235	0,75	1,15	1,9	437	
	40	50	1 460	3,1	98	129	42	1 466	3,7	86	108												
	60	45	1 464	3,5	90	116	38	1 470	4,1	80	97	29	1 477	5,4	68	74							
280 S	25	75	1 456	3,3	46	191												235	1,4	1,1	2,5	665	
	40	65	1 462	3,8	128	165	59	1 466	4,2	118	149												
	60	60	1 465	4,1	120	152	54	1 469	4,5	110	136	39	1 477	6,3	87	98							
280 M	25	94	1 469	2,9	174	214												275	1,675	1,45	3,125	810	
	40	85	1 472	3,3	161	193	74	1 475	3,7	146	168												
	60	75	1 475	3,7	147	170	68	1 477	4,1	138	154	51	1 483	5,4	117	115							
315 S	25	112	1 462	4	216	250												275	2,275	1,475	3,75	865	
	40	100	1 467	4,5	195	223	86	1 471	5,2	171	191												
	60	90	1 470	5	178	200	78	1 474	5,8	159	173	59	1 480	7,6	130	130							
315 M	25	137	1 475	4	250	244												345	2,8	1,7	4,5	1 120	
	40	122	1 478	4,5	225	215	103	1 481	5,3	195	182												
	60	110	1 480	5	206	195	94	1 483	5,9	181	166	70	1 487	7,8	146	123							
315 L	25	166	1 475	4	298	252												395	3,2	2,25	5,45	1 240	
	40	143	1 475	4,6	260	217	124	1 481	5,3	231	188												
	60	132	1 485	5	243	200	115	1 483	5,7	217	174	87	1 487	7,6	178	131							

Le service S4 ou S5 classe 150, 30 % est équivalent au service continu S1.

### 11.1.12.7. MOTEURS TRIPHASÉS ALIMENTÉS EN MONOPHASÉ

Condensateur pour une marche permanente :

$$C = \frac{Q}{U^2 \cdot 4 \cdot \pi \cdot f \cdot 10^{-9}}$$

C : en  $\mu\text{F}$   
Q : en kVAR  
U : en V  
f : en Hz

avec Q = 1,4 kVAR par kW (2,2 kW maxi).

Dans ces conditions il faut diminuer le couple à 0,8  $M_n$  environ.

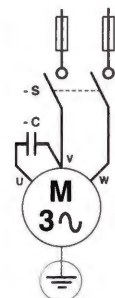
**Exemple :**

Moteur 1,5 kW sous 230 V. 50 Hz.

$$C = \frac{1,4 \times 1,5}{230^2 \times 4 \times \pi \times 50 \times 10^{-9}} = 64 \mu\text{F}$$

$$C = 64 \mu\text{F} \cdot 250 \text{ V}$$

Branchement du condensateur



## 11.1.13. EXEMPLE DE CHOIX D'UN MOTEUR ET DE SON MODE DE DÉMARRAGE

### 11.1.13.1. CAHIER DES CHARGES

- MACHINE ENTRAÎNÉE :** Pompe centrifuge fonctionnant à axe horizontal. Montage sur glissière. Démarrage vanne fermée. Entraînement direct.  
Débit : 110 l/s. Hauteur manométrique totale : 4 m.  
 $MD^2$  sur l'arbre à  $1\,500\text{ min}^{-1}$  :  $4,31\text{ kg.m}^2$ .  
Fonctionnement prévisionnel : 4 500 h/an. 40 000 cycles en service S4.
- RÉSEAU ÉLECTRIQUE :** Installation raccordée au réseau EDF par l'intermédiaire d'un poste d'abonné. Câble prévu : U 1 000 R 2V  $4 \times 4\text{ mm}^2$ . Cuivre.  $L = 100\text{ m}$ . 230/400 V. 50 Hz. Variations de tension négligeables.  
Pointes acceptables : 100 A. Protection par disjoncteur  $I_r = 40\text{ A}$ . (10 s).
- AMBIANCE :** La température ambiante peut atteindre  $50\text{ °C}$  ( $\Delta t = 80\text{ °C}$ ). L'altitude est inférieure à 1 000 m.

### 11.1.13.2. RÉSOLUTION DU PROBLÈME

DÉMARCHE	RENOIS	SOLUTIONS - RÉSULTATS
<b>MOMENT D'INERTIE :</b> $J$ à $1\,500\text{ min}^{-1}$	§ 11.1.2.1.	$J = MD^2/4 = 1,0775\text{ kg.m}^2$
<b>PUISSANCE D'ENTRAÎNEMENT :</b> $P_e$	§ 11.1.2.2.	$P_e = \frac{g \cdot q \cdot h}{1\,000 \cdot \eta} = \frac{9,81 \times 100 \times 4}{1\,000 \times 0,6} = 7,2\text{ kW}$ .
<b>COUPLE RÉSISTANT :</b> $M_r/M'_n$	§ 11.1.2.3. ③	$M_r/M'_n = 0,2$ $M_r$ du type kn <sup>2</sup> .
<b>TYPE DE SERVICE :</b> S	§ 11.1.2.4.	Intermittent à démarrages : S4
<b>FACTEUR DE MARCHE :</b> $k_m$ Bilan annuel ramené à une valeur moyenne horaire.	§ 11.1.2.5.	Fonctionnement journalier : 4 500/250 = 18 h/jour 40 000/250 = 160 cycles/jour $k_m = 18/24 = 0,75 = 75\%$
<b>FRÉQUENCE DE ROTATION :</b> $n$	§ 11.1.2.6.	$n_s = 1\,500\text{ min}^{-1}$ . $p_m = 4$
<b>FORME DE FIXATION</b>	§ 11.1.2.7.	Forme : B3
<b>AMBIANCE :</b> FACTEUR DE CORRECTION $k_t$ FACTEUR DE CORRECTION $k_a$	§ 11.1.3.1.	$t_a$ maxi = $50\text{ °C}$ . $k_t = 0,9$ $a_t < 1\,000\text{ m}$ . $k_a = 1$
<b>CORRECTION DE LA PUISSANCE :</b> $P_e$	§ 11.1.5.2.	$P_m = P_e \frac{k_n}{k_t \cdot k_a} = 7,2 \frac{1}{0,9 \times 1} = 8\text{ kW}$ .
<b>CLASSE DES ISOLANTS :</b> $t_a = 50\text{ °C}$ . $\Delta t = 80\text{ °C}$ → $t = 130\text{ °C} > t_{\max}$ en classe B → puissance à corriger $t_a = 50\text{ °C}$ . $\Delta t = 80\text{ °C}$ → $t = 130\text{ °C} < t_{\max}$ en classe F → sans correction	§ 11.1.3.2.   Fig. 3	Isolant classe B avec $P_M = 8\text{ kW}$ . Isolant classe F avec $P_M = 7,2\text{ kW}$ . ( $\Delta t = 100\text{ °C}$ $t_{\max} = 140\text{ °C}$ ) Durée de vie en classe B : 8 kW → $10^5/4\,500 = 22\text{ ans}$ 7,2 kW → $5 \cdot 10^4/4\,500 = 11\text{ ans}$ Durée de vie en classe F : 7,2 kW → $10^5/4\,500 = 22\text{ ans}$
<b>NIVEAU SONORE :</b> $n_s = 1\,500\text{ min}^{-1}$	§ 11.1.3.3.	La courbe ② donne 70 dB environ
<b>TENSION DE FONCTIONNEMENT :</b> U	§ 11.1.4.1. § 11.1.4.2.	$U = 400\text{ V}$ . Variations de tension négligeables
<b>CHUTE DE TENSION EN LIGNE :</b> u	§ 11.1.4.3.	Type de raccordement B sous 400 V. $u = 32\text{ V}$ .
<b>POINTE DE COURANT :</b> $I_p$	§ 11.1.4.4.	$I_d \leq I_p$ $I_d \leq 100\text{ A}$ .
<b>PUISSANCE NORMALISÉE EN SERVICE S1</b>	§ 11.1.11.4.	7,5 kW en classe F 9 kW en classe B
<b>INDICE DE PROTECTION :</b> IP	CHAP. 5	Local de pompes IP 23, IK 07
<b>TYPE DE DÉMARRAGE :</b> – Puissance du moteur : $P_n$ – Courant (démarrage direct)	§ 11.1.12.4.	9 kW $J = 0,038525\text{ kg.m}^2$ à $1\,445\text{ min}^{-1}$ . $I_d/I_n = 8,2 \Rightarrow I_n$ sous 400 V = 18,6 A. $I_d = 8,2 \times 18,6 = 152\text{ A} > 100\text{ A}$ . ( $I_p$ )
– Choix d'un démarrage – Courant (démarrage YD)	§ 11.1.7.1. § 11.1.7.2.	Démarrage étoile-triangle (YD) $I'_d/I_n = 8,2/3 = 2,75$ $I'_d = 2,75 \times 18,6 = 51\text{ A}$ .
– Couple (démarrage direct)	§ 11.1.11.4.	$M_d/M_r = 2,6$
– Couple (démarrage YD)	§ 11.1.7.2.	$M'_d/M'_n = 2,6/3 = 0,87$

**RÉSOLUTION  
DU PROBLÈME**

DÉMARCHE	RENOIS	SOLUTIONS – RÉSULTATS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>CALCUL DU TEMPS DE DÉMARRAGE</b> : <math>t_d</math></li> <li>– Calcul des couples :</li> <li>– Détermination du couple accélérateur : <math>M_a</math></li> <li>– Contrôle du démarrage</li> <li>– Couplage en triangle à <math>n_c = 0,85 n_s</math></li> <li>– <math>J</math> total à 1 275 <math>\text{min}^{-1}</math></li> <li>– Temps de démarrage.</li> </ul>	§ 11.1.6.5. § 11.1.5.4. § 11.1.6.4. § 11.1.2.3. § 11.1.8.7. § 11.1.2.1. § 11.1.6.5.	Couple moteur nominal : $M_n = 59 \text{ Nm}$ . Couple résistant $M'_n = 44 \text{ Nm}$ . Couple moteur au démarrage : $M'_d = 59 \times 0,87 = 51 \text{ Nm}$ . $M'_d/M'_n = 51/44 = 1,16$ La courbe ③ donne $M_g/M_n = 0,55$ $M_a = 0,55 \times 0,75^* \times 59 = 24,3 \text{ Nm}$ . $M_r$ au démarrage : $0,2 \times 44 = 9 \text{ Nm}$ . $M'_d > M_r$ $M_a > 0,3$ . Démarrage assuré $n_c = 1\,500 \times 0,85 = 1\,275 \text{ min}^{-1}$ . (*) $M_c = 0,75 M_n$ $J = 1,0775 + 0,03825 = 1,116 \text{ kg.m}^2$ . L'abaque donne $t_d = 6,2 \text{ s} < t$ de déclenchement du disjoncteur
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>FONCTIONNEMENT EN SERVICE INTERMITTENT</b></li> <li>– Puissance efficace en régime intermittent</li> <li>– Classe de démarrage : <math>N_d</math></li> <li>– Facteur de démarrage : <math>k_d</math></li> <li>– Surclassement</li> <li>– Contrôle avec un moteur de 11 kW</li> </ul>	§ 11.1.11 § 11.1.11.1. § 11.1.11.2. § 11.1.11.3. § 11.1.11.5. § 11.1.12.4. § 11.1.7.2. § 11.1.6.4. § 11.1.2.1. § 11.1.6.5. § 11.1.10.5.	$P_e = 8 \text{ kW}$ (classe B) $N_d = n_d = 160/24 \approx 6,7$ démarrages/h $k_d = \frac{N_d \cdot t_d}{36} = \frac{6,7 \times 6,2}{36} = 1,154$ $k_d = 1,154$ 9 kW $\rightarrow H = 132$ $k_m = 75 \%$ $P_e/P_m = 0,8$ $P_m = 8/0,8 = 10 \text{ kW}$ . Le moteur de 9 kW ne convient pas $I_n = 22 \text{ A}$ $M_d/M_n = 2,1$ $I_d/I_n = 5$ Hauteur d'axe : 160 $I'_d = 22 \times 5/3 = 37 \text{ A}$ . $M_n = 73 \text{ Nm}$ $M'_d = 73 \times 2,1/3 = 51 \text{ Nm}$ . $M'_d/M'_n = 51/44 = 1,16$ $\rightarrow M_a/M_n = 0,55$ $M_a = 0,55 \times 0,75 \times 73 = 30,1 \text{ Nm}$ . $J = 1,0775 + 0,05375 = 1,131 \text{ kg.m}^2$ . $t_d = 4,9 \text{ s}$ $k_d = \frac{6,7 \times 4,9}{36} = 0,912$ $k_m = 75 \%$ $H = 160$ $P_e/P_m = 0,8$ $P_m = 8/0,8 = 10 \text{ kW}$ .
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>CHOIX DU MOTEUR :</b></li> <li>• <b>VOLUME DU LOCAL :</b></li> </ul>	§ 11.1.12.4. § 11.1.12.2. § 11.1.3.4.	Le moteur LS 160M de 11 kW convient Moteur fermé standard Aluminium IP 55.B3 $P_n = 11 \text{ kW}$ $\eta = 87 \%$ $Q = 0,2 P_n \left( \frac{1}{\eta} - 1 \right) = 0,2 \times 11 \left( \frac{1}{0,87} - 1 \right) = 0,33 \text{ m}^3/\text{h}$
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>CONTRÔLE DE LA CHUTE DE TENSION EN LIGNE :</b></li> </ul> <p>Câble <math>4 \times 4 \text{ mm}^2</math> Cuivre</p>	§ 11.1.4.3. Fig. 7 Fig. 6	Sous 400 V. $u \leq 32 \text{ V}$ . $I'_d = 37 \text{ A}$ $I_n = 22 \text{ A}$ . $L = 100 \text{ m}$ . $I. L$ au démarrage : $37 \times 0,1 = 3,7 \text{ A km}$ $I. L$ nominal : $22 \times 0,1 = 2,2 \text{ A km}$ . $u$ au démarrage $\rightarrow 10 \text{ V}$ ( $\cos \varphi = 0,35$ ) $u$ au régime nominal $\rightarrow 18 \text{ V}$ . ( $\cos \varphi = 0,35$ ) Le câble U 1 000 R2V $4 \times 4 \text{ mm}^2$ convient
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>MOTEUR RETENU :</b></li> <li>• <b>DÉMARRAGE RETENU :</b></li> <li>• <b>CÂBLE RETENU :</b></li> </ul>		Moteur fermé standard, carcasse en aluminium rotor à cage type LS 160 M IP 55 B3 11 kW, 400/690 V. 50 Hz. 22 A sous 400 V. $I_d/I_n = 5$ . $M_d/M_n = 2,1$ $\eta = 87 \%$ 1 440 $\text{min}^{-1}$ . $\cos \varphi = 0,87$ . $J = 0,05375 \text{ kg.m}^2$ . $m = 80 \text{ kg}$ . $M_n = 73 \text{ Nm}$ . $M_r = 44 \text{ Nm}$ . Démarrage étoile triangle (YD) $I'_d = 37 \text{ A}$ . $M'_d = 51 \text{ Nm}$ . $M_r$ au démarrage : 9 Nm. Couplage D à $t = 4,9 \text{ s}$ . $n_c = 1\,275 \text{ min}^{-1}$ (environ)
		U 1 000 R2V $4 \times 4 \text{ mm}^2$ .

# 11.2. LES MOTEURS À COURANT CONTINU

(D'après LEROY-SOMER)

	DÉMARCHE	ÉLÉMENTS À PRENDRE EN COMPTE	GUIDE §
<b>11.2.1. DÉMARCHÉ DE DÉTERMINATION D'UN MOTEUR À COURANT CONTINU</b>	↓ <b>• MACHINE ENTRAÎNÉE</b> ↓	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Moment d'inertie : <math>J</math>. (Utile pour le calcul du temps de freinage, cas des variateurs chapitre 13)</li> <li>- Puissance d'entraînement : <math>P_e</math></li> <li>- Couple résistant suivant le type de machines : <math>M_r</math></li> <li>- Type de service : S</li> <li>- Facteur de marche : <math>k_m</math></li> <li>- Forme de fixation : B ou V</li> <li>- Fréquence de rotation et gamme de vitesse</li> </ul>	11.1.2.1. 11.1.2.2. 11.1.2.3. 11.1.2.4. 11.1.2.5. 11.1.2.7. 11.2.3.
	↓ <b>• ENVIRONNEMENT</b> ↓	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Température de fonctionnement</li> <li>- Altitude de fonctionnement</li> <li>- Volume du local de fonctionnement</li> </ul>	11.2.4. 11.2.4. 11.1.3.4.
	↓ <b>• CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES</b> ↓	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alimentation de l'induit</li> <li>- Alimentation des inducteurs. Précautions</li> <li>- Facteur de forme : <math>F</math></li> </ul>	11.2.5. Fig. 19 11.2.5. Fig. 20 11.2.5. Fig. 21
	↓ <b>• CONDITIONS D'UTILISATION</b> ↓	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Correction suivant la fréquence de rotation</li> <li>- Correction suivant le type de service</li> <li>- Cas du fonctionnement à puissance constante</li> </ul>	11.2.6. Fig. 22 11.2.6. Fig. 23 11.1.5.1.
	↓ <b>• CHOIX DU MOTEUR</b> ↓	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Guide de choix d'un moteur à courant continu</li> <li>- Caractéristiques des moteurs à courant continu</li> <li>- Sélection des moteurs à courant continu</li> <li>- Choix de la motoventilation</li> </ul>	11.2.8. 11.2.9. 11.2.10. 11.2.11.
	↓ <b>Exemple</b>		11.2.13.

Suivant les conditions d'utilisation, le moteur à courant continu peut recevoir différentes adaptations :

- Alimentation : Variateur électronique monophasé ou triphasé.
- Côté bout d'arbre : Réducteur.
- Côté opposé au bout d'arbre : Dynamo tachymétrique. Ventilation forcée. Frein.

**VARIATEURS**

Monophasé unidirectionnel    Monophasé réversible    Triphasé unidirectionnel    Triphasé réversible

**REDUCTEURS**

à trains droits  
roue et vis  
couple côneque

D. Tachy arbre creux  
ventilation forcée axiale  
dynamo tachy

frein  
frein + dynamo tachymétrique

### 11.2.3. MACHINE ENTRAÎNÉE

• **CRITÈRES** :  $J$ ,  $P_g$ ,  $M_r$ ,  $S$ ,  $k_m$ ,  $B$  et  $V$ .

Ces critères sont définis § 11.1.2. (Moteurs asynchrones)

• **FRÉQUENCE DE ROTATION ET GAMME DE VITESSES** :

Les moteurs à courant continu fonctionnent généralement dans une gamme de vitesse étendue.

– La fréquence de rotation et la puissance du moteur sont proportionnelles à la tension d'induit, de ce fait le couple disponible sur l'arbre reste constant dans toute la plage de variation de vitesse.

– Préciser les limites inférieure et supérieure de la fréquence de rotation.

– Définir le type de couple résistant dans cette gamme de vitesse (§ 11.1.2.3.).

### 11.2.4. ENVIRONNEMENT

• **ALTITUDE ET TEMPÉRATURE AMBIANTE**

– Si la température ambiante  $t_a > 40$  °C et/ou si l'altitude est supérieure à 1 000 m, la puissance du moteur subit un déclassement suivant la courbe Fig. 18.

– **Application** :

Moteur 100 kW :  $t_a = 50$  °C.

Altitude : 3 000 m.

Déclassement pour  $t_a > 40$  °C → 85 %

Déclassement pour altitude > 1 000 m → 85 %

Puissance disponible :

$P : 100 \times 0,85 \times 0,85 = 72$  kW.

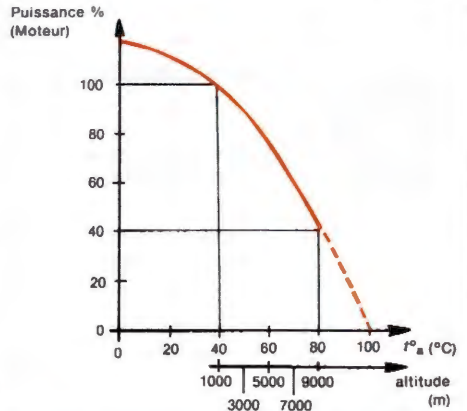


Fig. 18 – Correction  $k_t$  et  $k_a$  de la puissance d'un moteur en fonction de l'altitude et de  $t_a$ .

• **ALIMENTATION ÉLECTRIQUE** :

Elle est fournie le plus souvent par un variateur électronique (voir chapitre 12).

Fig. 19  
Types d'alimentation pour les inducts

	Alimentation 50Hz	Mode redressement	Tension redressée	U induit recommandé
Monophasée	230 V	Pont mixte	170 V	160 V
		Pont complet	185 V	150 V
Monophasée	400 V	Pont mixte	290 V	280 V
		Pont complet	305 V	260 V
Triphasée	230 V	Pont mixte	240 V	250 V
		Pont complet	260 V	230 V
Triphasée	400 V	Pont mixte	420 V	440 V
		Pont complet	440 V	400 V

Fig. 20  
Types d'alimentation pour les inducteurs

Monophasée	230 V	Simple alternance	99 V	100 V
		Double alternance	195 V	190 V
Monophasée	400 V	Simple alternance	170 V	170 V
		Double alternance	340 V	330 V

### 11.2.5. PARAMÈTRES ÉLECTRIQUES

• **FACTEUR DE FORME DU COURANT F** :

– Suivant la forme du courant alimentant le moteur à courant continu, il faut procéder à un déclassement de sa puissance.

$$F = \frac{i_{\text{eff}}}{i_d}$$

$F$  : facteur de forme de courant.

$i_d$  : valeur moyenne du courant qui produit le couple  $M = K \cdot i_d$

$i_{\text{eff}}$  : valeur efficace du courant qui produit l'échauffement.

– **Application** :

Moteur de 10 kW alimenté par une tension redressée monophasée avec self de lissage.

La courbe Fig. 21 donne  $F = 1,2$  et un coefficient de 0,8

Puissance disponible :

$P = 10 \times 0,8 = 8$  kW.

Facteur de forme

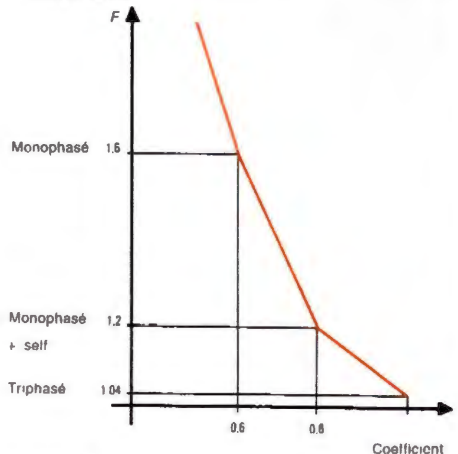


Fig. 21 – Correction  $k_F$  de la puissance suivant le facteur de forme  $F$ .

**11.2.6.  
CONDITIONS  
D'UTILISATION**

**• FRÉQUENCE DE ROTATION :**

– Lorsque le moteur est motoventilé, sa puissance n'est pas déclassée en fonction de la fréquence de rotation.

– Lorsque le moteur est autoventilé, sa puissance n'est pas déclassée pour une plage de variation de  $n_n$  à  $n_n/3$ .

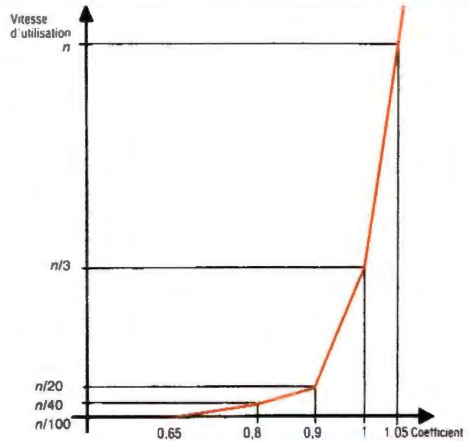
Pour des fréquences de rotation de  $n_n/3$  à  $n_n/100$ , la puissance est corrigée suivant la courbe Fig. 22.

**– Application :**

Moteur 100 kW à 2000 min<sup>-1</sup> (autoventilé)

Plage de variation de vitesse de 2 000 à 100 min<sup>-1</sup> : (n/20)

Puissance disponible : 100 × 0,9 = 90 kW.



**Fig. 22 – Correction  $k_n$  de la puissance d'un moteur autoventilé suivant la fréquence de rotation.**

**• TYPE DE SERVICE :**

Si le moteur ne fonctionne pas en service S1, sa puissance subit une correction suivant le tableau Fig. 23.

**– Application :**

Moteur 10 kW  
6 démarrages/heure  
4 min/cycle.

Service : S3.

Facteur de marche :

$$\frac{6 \times 4}{60} = 0,4 = 40\%$$

Puissance disponible :

$$P = 10 \times 1,5 = 11,5 \text{ kW.}$$

	S2			
Service temporaire				
Durée du cycle	10 min	30 min	60 min	90 min
Coefficient	1,6	1,3	1,1	1
	S3			
Service intermittent périodique				
Facteur de marche	15 %	25 %	40 %	60 %
(moins de 10 dém/h)				
Coefficient	1,6	1,4	1,2	1,1
	S6			
Service ininterrompu périodique				
à charge intermittente				
Facteur de marche	15 %	25 %	40 %	60 %
(moins de 10 dém/h)				
Coefficient	1,6	1,4	1,3	1,2

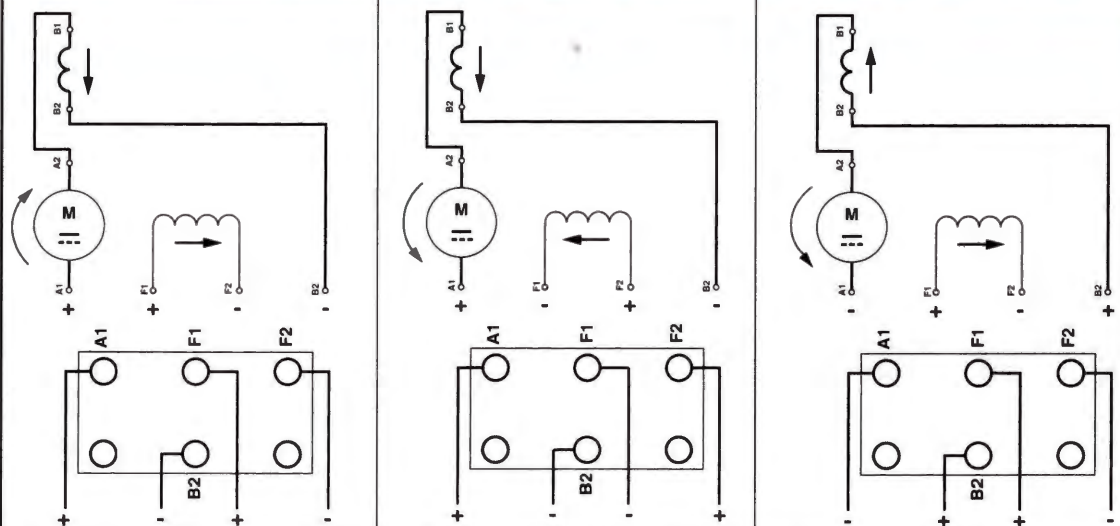
**Fig. 23 – Correction  $k_n$  de la puissance en fonction du service.**

**11.2.7. REPÉRAGE DES CIRCUITS INTERNES D'UN MOTEUR À COURANT CONTINU**

**ROTATION HORAIRE**




**ROTATION ANTI-HORAIRE  
INVERSION DE CHAMP**

**ROTATION ANTI-HORAIRE  
INVERSION DU COURANT DANS L'INDUIT**



**• DÉSIGNATION DES BORNES :**

- Induit → A1 → A2
- Enroulement de commutation → B1 → B2
- Inducteurs (excitation séparée) → F1 → F2

APTITUDES →	FORME ↓	TYPE ↓	INDICE DE PROTECTION/MODE DE FIXATION		CONDITIONS PRINCIPALES D'UTILISATION ↓	EXEMPLES D'APPLICATION ↓
			↓	↓		
MATÉRIELS ↓				PUISSANCES/TENSIONS (maximales) ↓		
MOTEUR À COURANT CONTINU À AIMANT PERMANENT		FERMÉ MFA	IP 55 B3-B6-B7 B8-V5-V6 B5-V1-V3 B14-V18-V19	H = 56 0,12 kW 3 000 min <sup>-1</sup> H = 63 0,37 kW 3 000 min <sup>-1</sup> H = 80 1 kW 2 000 min <sup>-1</sup> 310 V Aimants permanents	<ul style="list-style-type: none"> <li>Matériaux de classe F</li> <li>Fonctionnement à couple constant</li> <li>Carcasse acier</li> <li>Non ventilé pour les types 56 et 63</li> <li>Ventilation intégrée pour le type 80</li> <li>Montage possible avec frein électromagnétique</li> <li>Montage possible de détecteur tachymétrique 30V/1 000 min<sup>-1</sup> (alternateur : courant continu redressé)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rapidité d'arrêt</li> <li>Charge nécessitant de grandes plages de variation de vitesse.</li> <li>Démarrages et ralentissements contrôlés.</li> <li>Positionnement précis en boucle d'asservissement.</li> <li>Variation de vitesse par convertisseur électronique.</li> </ul>
MOTEUR À COURANT CONTINU À INDUCTEUR BOBINÉ AUTOVENTILÉ		FERMÉ MFB	IP 44/IP 55 B3-B6-B7 B8-V5-V6 B5-V1-V3 B14-V18-V19	420 kW, H = 225 440 V avec $F \leq 1,04$ 3 200 min <sup>-1</sup> Excitation : 1 100 W	<ul style="list-style-type: none"> <li>Matériaux de classe F</li> <li>Carcasse et paliers fonte (MFB), acier (MF)</li> <li>Pôles auxiliaires de commutation</li> <li>Enroulements de compensation</li> <li>Autoventilé en version standard jusqu'à <math>n/3</math></li> <li>Excitation séparée 190 V</li> <li>Utilisé en ambiance dure, chargée, abrasive</li> <li>Fonctionnement à <math>t_a \leq 40</math> °C et altitude <math>\leq 1 000</math> m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Motorisation à vitesse variable par convertisseur électronique</li> <li>Bandes transporteuses, trémies, chariots transporteurs, transferts...</li> <li>Machines d'impression, à trier...</li> <li>Bancs d'essai, ventilation...</li> <li>Tours à polir, brosseuses...</li> </ul>
		FERMÉ MF		H = 100, 1,5 kW H = 112, 2,2 kW 2 400 min <sup>-1</sup> 310 V $I_{max}/I_n = 1,6$		
		OUVERT MS	IP 23/IP 44 B3-B5	6,4 kW, H = 132 420 V 3 700 min <sup>-1</sup> Excitation : 190 W	<ul style="list-style-type: none"> <li>Isolation classe H</li> <li>Carcasse acier. Flâques, paliers fonte</li> <li>Excitation 190 V</li> <li>Fonctionnement à <math>t_a \leq 40</math> °C</li> <li>Altitude <math>\leq 1 000</math> m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conçu et dimensionné pour être alimenté par un convertisseur statique (même monophasé redressé double alternance)</li> <li>Fonctionnement basse vitesse en S1</li> </ul>
MOTEUR À COURANT CONTINU À INDUCTEUR BOBINÉ MOTOVENTILÉ		OUVERT LSK	IP 23/IP 55 B3-B6-B7 B8-V5-V6 B5-V1-V3 B35	340 kW H = 225 500 V. $F \leq 1,04$ 3 000 min <sup>-1</sup> 1 400 Nm Excitation : 4 kW 1,6 $M_n$ pendant 20 s toutes les 5 min.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Motoventilation jusqu'à 3 kW (Moteur asynchrone triphasé à cage bitension)</li> <li>Carcasse acier</li> <li>Classe d'échauffement F</li> <li>Altitude &lt; 1 000 m</li> <li>Température ambiante <math>\leq 40</math> °C</li> <li>Excitation séparée 170/340 V ou 190 V</li> <li>Pôles de commutation</li> <li>Détection thermique par CTP 120 °C</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Métallurgie</li> <li>Chimie</li> <li>Caoutchouc</li> <li>Papeterie</li> <li>Cimenterie</li> <li>Transport. Télésièges. Téléskis</li> <li>Manutention, levage</li> <li>Emballage, conditionnement</li> <li>Machines-outils</li> <li>Centrales électriques</li> </ul>

# 11.2.9. CARACTÉRISTIQUES DES MOTEURS A COURANT CONTINU TYPE LSK

(D'après LEROY-SOMER)

Les caractéristiques électriques sont données pour :

- Alimentation triphasée pont complet
- Degré de protection IP 23
- Mode de refroidissement IC 06
- Service permanent S1
- Forme B3
- Température ambiante  $\leq 40^\circ\text{C}$

Notes :

- Le facteur de forme doit être au plus égal à 1,04.
- Les différents modes de refroidissement sont donnés § 11.2.11.
- Si les conditions de fonctionnement ne sont pas respectées procéder à la correction de  $P_e$  comme suit et choisir  $P \geq P_m$ .

$$P_m = P_e \frac{1}{k_t \cdot k_a \cdot k_F \cdot k_S} \quad \text{avec} \quad \begin{array}{l} k_t \text{ et } k_a \text{ § 11.2.4. Fig. 18} \\ k_F \text{ § 11.2.5. Fig. 21} \\ k_S \text{ § 11.2.6. Fig. 23} \end{array}$$

## LSK 112 S

Masse totale  $m = 80 \text{ kg}$   
Moment d'inertie  $J_a = 0,037 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$

Niveau de bruit  $L_p = 72 \text{ dBA}$

Excitation  $P = 0,5 \text{ kW}$

CE = 6 308 2RS

Roulements COE = 6 308 2RS

$P = 0,25 \text{ kW}$

IC 06  $n = 2 900 \text{ min}^{-1}$

Ventilation forcée

$q_v = 400 \text{ m}^3/\text{h}$

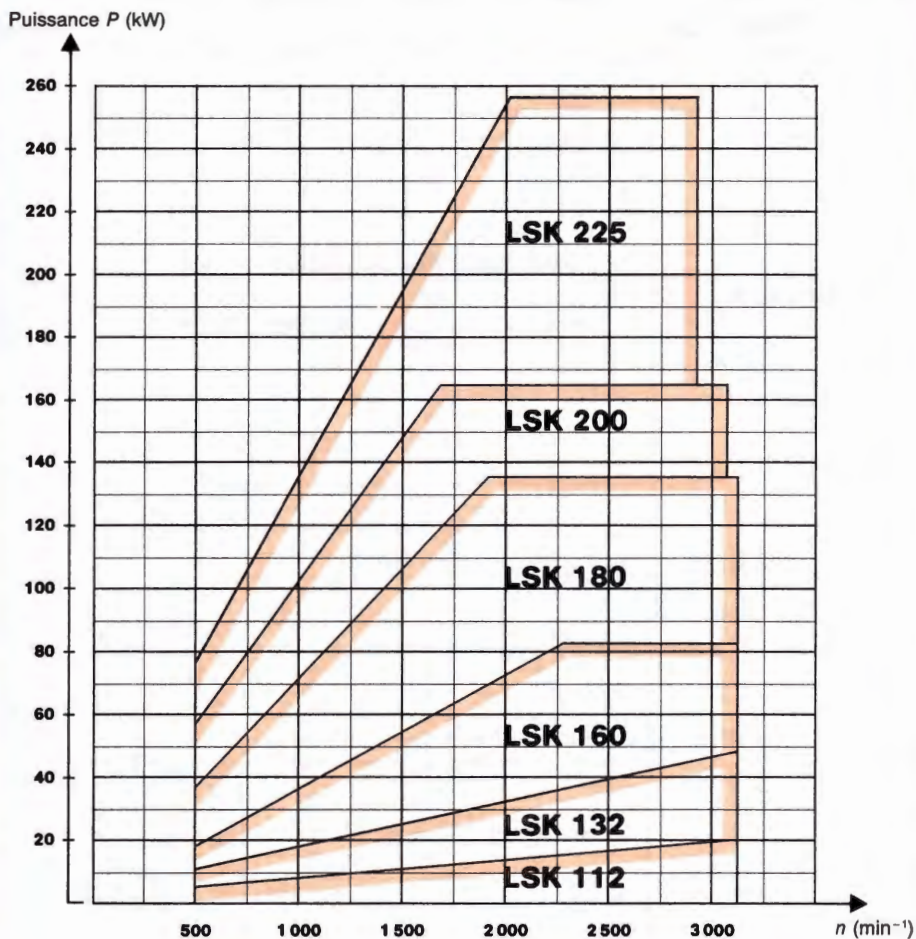
IC 16/26  
IC 17/37

$P = 600 \text{ Pa}$

P kW	VITESSE DE ROTATION n POUR TENSION U						n maxi		M	I	$\eta$	L	$R_{115^\circ}$	$U_{max}$
	260 V	310 V	400 V	440 V	460 V	500 V	ELEC.	MÉCA	N . m	A	%	mH	$\Omega$	V
2,5	700						1 100	4 000	35	15	58	40	5,16	500
3,2		900					1 100	4 000	35	15	63	40	5,16	500
4,5			1 240				1 800	4 000	35	15	69	40	5,16	500
5,1				1 400			1 800	4 000	35	15	71	40	5,16	500
5,3					1 470		1 800	4 000	35	15	72	40	5,16	500
5,9						1 620	1 800	4 000	35	15	74	40	5,16	500
3	850						1 300	4 000	35	17,5	61	30	3,94	500
4		1 080					1 300	4 000	35	17,5	66	30	3,94	500
5,4			1 480				2 100	4 000	35	17,5	72	30	3,94	500
6				1 660			2 100	4 000	35	17,5	74	30	3,94	500
6,4					1 750		2 100	4 000	35	17,5	75	30	3,94	500
7						1 930	2 100	4 000	35	17,5	76	30	3,94	500
4	1 090						1 500	4 000	35	21	60	21	2,68	500
5		1 360					1 500	4 000	35	21	71	21	2,68	500
6			1 850				2 500	4 000	35	21	76	21	2,68	500
7,5				2 060			2 500	4 000	35	21	77	21	2,68	500
8					2 170		2 500	4 000	35	21	78	21	2,68	500
8,7						2 400	2 500	4 000	35	21	79	21	2,68	500
5,1	1 420						2 000	4 000	34,5	26	70	13	1,83	500
6,3		1 760					2 000	4 000	34,5	26	74	13	1,83	500
8,5			2 370				3 100	4 000	34,5	26	78	13	1,83	500
9,5				2 640			3 100	4 000	34,5	26	80	13	1,83	500
10					2 780		3 100	4 000	34,5	26	80	13	1,83	500
11						3 050	3 100	4 000	34,5	26	81	13	1,83	500
7,5	2 000						2 600	4 000	34,5	35	76	7,5	1,83	500
9		2 460					2 600	4 000	34,5	35	79	7,5	1,83	500
12			3 270				4 000	4 000	34,5	35	82	7,5	1,83	500
13,2				3 630			4 000	4 000	34,5	35	83	7,5	1,83	500
14					3 800		4 000	4 000	34,5	35	84	7,5	1,83	500
11,5	750						1 700	4 000	147	58	72,5	11	0,79	550
18,5		1 200					1 700	4 000	147	58	79	11	0,79	550
19,3			1 250				1 700	4 000	147	58	80	11	0,79	550
21,5				1 400			1 900	4 000	147	58	81	11	0,79	550
22,3					1 450		1 900	4 000	147	58	81,5	11	0,79	550
26,6						1 600	1 900	4 000	147	58	82,5	11	0,79	550
15,3	1 000						2 400	4 000	146	73	77	7	0,48	460
24		1 570					2 400	4 000	146	73	82	7	0,48	460
25			1 630				2 400	4 000	146	73	83	7	0,48	460
28				1 830			2 400	4 000	146	73	85	7	0,48	460
29					1 900		2 400	4 000	146	73	84,3	7	0,48	460
20	1 370						2 800	4 000	139	93	80	4,4	0,32	550
31		2 130					2 800	4 000	139	93	85	4,4	0,32	550
32,5			2 230				2 800	4 000	139	93	85,4	4,4	0,32	550
36				2 470			2 800	4 000	139	93	87	4,4	0,32	550
38					2 600		2 800	4 000	139	93	87	4,4	0,32	550
41						2 800	2 800	4 000	139	93	86,6	4,4	0,32	550
23,7	1 700						2 600	4 000	133	105	84,2	2,8	0,2	550
36		2 560					3 000	4 000	133	105	87	2,8	0,2	550
37,6			2 700				3 000	4 000	133	105	87,8	2,8	0,2	550
41,5				2 980			3 500	4 000	133	105	88	2,8	0,2	550
43,3					3 110		3 500	4 000	133	105	88	2,8	0,2	550
47,4						3 400	3 500	4 000	133	105	88	2,8	0,2	550

En gras la puissance, la fréquence de rotation et la tension nominales du moteur à courant continu.

**11.2.10.**  
**ABAQUES DE**  
**SÉLECTION DES**  
**MOTEURS**  
**À COURANT**  
**CONTINU**  
**TYPE LSK**  
*(D'après*  
*LEROY-SOMER)*



**11.2.11.**  
**CHOIX DE LA**  
**MOTOVENTILATION**  
**POUR MOTEURS**  
**À COURANT**  
**CONTINU**  
**TYPE LSK**

MODES DE REFOUILLISSEMENT IC	INDICE DE PROTECTION OBTENU	ENTRÉE DU FLUIDE DE REFOUILLISSEMENT	SORTIE DU FLUIDE DE REFOUILLISSEMENT	VENTILATION FORCÉE VF
IC 06	IP 23	Entrée libre	Sortie libre	VF fournie et montée d'origine
IC 16	IP 23	Entrée canalisée	Sortie libre	VF fournie et montée d'origine
IC 26	IP 23	Entrée libre	Sortie canalisée	VF fournie et montée d'origine
IC 17	IP 23	Entrée canalisée	Sortie libre	VF non fournie à l'origine
IC 27	IP 23	Entrée libre	Sortie canalisée	VF non fournie à l'origine
IC 37	IP 55	Entrée canalisée	Sortie canalisée	VF non fournie à l'origine
IC 0666	IP 55	-	-	Échangeur air-air monté sur le moteur

**11.2.12.  
CONDITIONS  
PARTICULIÈRES  
PROTECTIONS**

**PROTECTION DES INDUCTEURS CONTRE LES SURTENSIONS :**

Dans le cas de coupure rapide d'excitation une résistance  $R_p$  est à placer aux bornes de l'excitation.

Valeur indicative :

$$R_p = \frac{u_e \text{ excitation}}{p_e \text{ excitation}} + 800$$

$R_p$  en  $\Omega$ .  
 $u_e$  en V.  
 $p_e$  en W.

**PROTECTION CONTRE LES SURCHARGES :**

Utilisation de relais de surintensité thermique (Voir chapitre 20).

**PROTECTION CONTRE LES COURTS-CIRCUITS :**

Utilisation de relais de surintensité magnétique à action instantanée (Voir chapitre 20).

**PROTECTION CONTRE LES MANQUES DE COURANT D'EXCITATION :**

Utilisation de relais à minimum de courant.

Les variateurs électroniques (Voir chapitre 12) constituent des solutions de protection suffisantes contre les manques d'excitation grâce à leur boucle de détection « courant-vitesse ».

**SELFS ADDITIONNELLES ( $L_a$ ) :**

La qualité du courant d'alimentation exprimée par le facteur de forme  $F$  (Voir § 11.2.5., Fig. 21) influe sur les performances du moteur.

Si le facteur de forme n'est pas ramené à une valeur inférieure à 1,04 il faut procéder à une correction de puissance. Cette correction peut être évitée par l'utilisation d'une self additionnelle déterminée de la façon suivante :

RÉSEAU (V)	EXPRESSION DE LA SELF ADDITIONNELLE		REDRESSEMENT			
			MONO MIXTE	MONO COMPLET	TRI MIXTE	TRI COM- PLET
230	$L_a = \frac{K}{I} - L$	$L_a$ = self additionnelle en mH $L$ = self d'induit en mH $I$ = courant d'induit en A $K$ = coefficient ci-contre	1 200	800	400	200
400			2 100	1 400	700	350

**11.2.13.  
EXEMPLE  
DE CHOIX**

**CAHIER DES CHARGES :**

La charge entraînée nécessite une puissance d'entraînement  $P_e$  de 5 kW à 1 550 min<sup>-1</sup>.

Motoventilation obligatoire. Plage de variation de vitesse de 155 à 1 550 min<sup>-1</sup>.

Service S1. Moteur alimenté par un variateur triphasé 400 V. 50 Hz. mixte (440 V en sortie).

Température ambiante  $\leq 45$  °C. Altitude : 2 000 m (Téléskis).

**SOLUTION DU PROBLÈME :**

Correction de la puissance d'entraînement

- Température ambiante  $\leq 45$  °C.  
La Fig. 18, § 11.2.4. donne  $k_t = 0,95$ .
- Altitude de fonctionnement : 2 000 m.  
La Fig. 18, §. 11.2.4. donne  $k_a = 0,95$ .
- Forme du courant ; variateur triphasé  
La Fig. 21, § 11.2.5. donne  $k_f = 1$ .
- Fréquence de rotation : Motoventilation  
Le § 11.2.6. donne  $k_n = 1$ .
- Type de service S1  
Le § 11.2.6. donne  $k_s = 1$

Puissance minimale du moteur :

$$P_m = \frac{5}{0,95 \times 0,95 \times 1 \times 1} = 5,54 \text{ kW.}$$

Choix du moteur § 11.2.8.

- Type LSK à inducteur bobiné IP 23.

- Le tableau § 11.2.9. Indique un moteur de 6 kW à 1 660 min<sup>-1</sup> pour  $U = 440$  V.

$$U_{\text{induit}} = 440 \times \frac{1\ 550}{1\ 660} = 411 \text{ V.}$$

$$\text{Puissance disponible } P = 6 \times \frac{1\ 550}{1\ 660} = 5,6 \text{ kW (supérieure à 5,54 kW)}$$

Les conditions de puissance et de vitesse sont obtenues par le moteur LSK 1125 de 6 kW.

# 11.3. MOTEURS SYNCHRONES À AIMANTS OU MOTEURS SANS BALAIS (BRUSHLESS)

(D'après ALSTOM-PARVEX)

Le présent paragraphe n'étudie que les moteurs synchrones à aimants permanents qui sont de plus en plus utilisés sur les machines-outils et sur les machines de production. Ils fournissent les performances les plus élevées et peuvent fonctionner dans des conditions d'environnement industriel difficiles.

## DÉFINITIONS :

Un entraînement avec moteur sans balais comprend : (Fig. 24)

- un moteur à aimants permanents (appelé servomoteur à aimants, moteur autosynchrone, moteur sans balais ou moteur brushless)

Les aimants sont à terre-rare (Sm CO 5)

- un capteur de commande d'axe :

- soit du type capteur de position de rotor et mesure de vitesse par alternateur tachymétrique, pour une commande en onde « trapèze »

- soit du type resolver pour une commande en onde « sinus » (le plus utilisé)

- un servo-amplificateur (variateur) comprenant :

- une alimentation (redressement triphasé)

- un module de freinage avec récupération d'énergie sur résistance RF

- une commande de moteur en onde « trapèze » ou en onde « sinus » (Schéma de raccordement § 12.4.4.).

## SYNOPTIQUE D'UN SERVO-ENTRAÎNEMENT DU TYPE « SINUS »

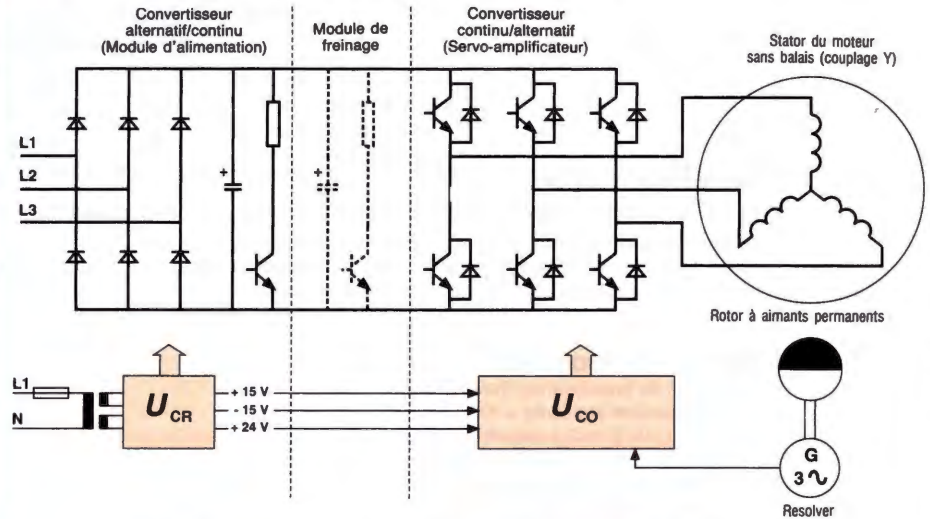


Fig. 24 – Ensemble d'un servo-entraînement sans balais PARVEX

$U_{CR}$  : alimentation de commande du convertisseur alternatif/continu (redresseur)

$U_{CO}$  : alimentation de commande du convertisseur continu/alternatif (onduleur)

## AVANTAGE DES ENTRAÎNEMENTS AVEC MOTEUR SANS BALAIS :

- possibilité d'accélération élevée sans limitation due à la commutation
- temps de démarrage court ( $n_{maxi}$  atteinte en moins d'1 s)
- rendement élevé sur toute la gamme de vitesse ( $\eta \approx 0,94$ )
- gamme de vitesse importante (1 750 à 7 000  $min^{-1}$ )
- puissance constante dans un rapport de vitesse de 4
- le resolver, capteur analogique, permet :
  - la génération de la position angulaire du rotor par rapport au stator du moteur permettant le contrôle du courant dans les phases ;
  - la génération de l'information vitesse de rotation du moteur ;
  - le contrôle, en association avec une commande numérique, de la position de l'axe
- facilités accrues au niveau de la protection et de la maintenance des moteurs
- encombrement réduit.

11.3.1.  
CONCEPT DES  
SERVOMOTEURS  
BRUSHLESS

Les paramètres sont proches de ceux du moteur à courant continu. Ils sont ramenés vu côté électronique.

**F.E.M. :**

$$E = k_E \frac{n}{1000}$$

$E$  : F.E.M. en V  
 $k_E$  : constante de tension en V/1 000 min<sup>-1</sup>  
 $n$  : fréquence de rotation en min<sup>-1</sup>

Il y a proportionnalité entre  $E$  et  $n$ .

**COUPLE :**

$$M = k_M \cdot I$$

$M$  : couple en Nm  
 $k_M$  : constante de couple en Nm/A  
 $I$  : intensité du courant en A

**CONSTANTE DE TEMPS MÉCANIQUE :**

$$\tau_m = \frac{J \cdot R}{k_M^2}$$

$\tau_m$  : constante de temps en s  
 $J$  : inertie en kg. m<sup>2</sup>.10<sup>-3</sup>  
 $R$  : résistance entre deux phases en  $\Omega$   
 $k_M$  : constant de couple en Nm/A

$\tau_m$  est le temps mis par le rotor pour atteindre 63 % de la fréquence de rotation affichée en partant d'une vitesse nulle pour un moteur alimenté sous une tension constante. (On peut admettre que le temps de démarrage  $t_d$  vaut 3  $\tau_m$  environ.)

**CONSTANTE DE TEMPS ÉLECTRIQUE :**

$$\tau_e = \frac{L}{R}$$

$\tau_e$  : constante de temps en s  
 $L$  : self entre phases en H  
 $R$  : résistance entre phases en  $\Omega$

**CALCUL THERMIQUE :**

$$M_{th} = \sqrt{\frac{\sum (M_i^2 \cdot t_i)}{\sum t_i}}$$

$M_{th}$  = couple thermique  
 $t_i$  = temps de fonctionnement des différentes phases du cycle  
 $M_i$  = couple pendant ces phases de fonctionnement  
 $T$  = durée d'un cycle

**Exemple :** (Fig. 25)

démarrage :  $t_d = 1$  s  $I_d = 10$  A.

nominal :  $t_n = 55$  s  $I_n = 5$  A.

freinage :  $t_f = 1$  s  $I_f = 10$  A.

$T = 5$  min.  $k_M = 1$  Nm/A.

$$M_{th} = \sqrt{\frac{(10 \times 1)^2 \times 1 + (5 \times 1)^2 \times 55 + (10 \times 1)^2 \times 1}{5 \times 60}} = 2,3 \text{ Nm.}$$

Conditions d'utilisation d'un moteur sans balais sur le plan thermique :

$$M_{th} \leq 0,9 M_n \quad \text{avec } M_n : \text{couple nominal}$$

- conditions de température normale :  $t_a \leq 40$  °C.
- altitude normale  $\leq 1000$  m.
- chaque  $t_i$  doit rester très inférieur à la constante thermique  $\tau_{th}$  du moteur
- les temps de fonctionnement à vitesse élevée ( $n > 3000$  min<sup>-1</sup>) restent faibles
- les caractéristiques de couples sont données en service S1 pour une élévation de température  $\Delta t$  de 100 °C  
 Si  $\Delta t$  est limitée à 70 °C, le couple maximal doit être diminué de 25 %.

**COUPLE MAXIMUM :**

- Les calculs de couple sont identiques à ceux d'un moteur à courant continu :
  - calcul de l'inertie ramenée au moteur
  - calcul des frottements et couples antagonistes
  - établissement des courbes COUPLE/VITESSE (inertie rotor comprise)
- Vérifier sur les courbes § 11.3.5. que le démarrage se trouve à l'intérieur de la zone de fonctionnement.

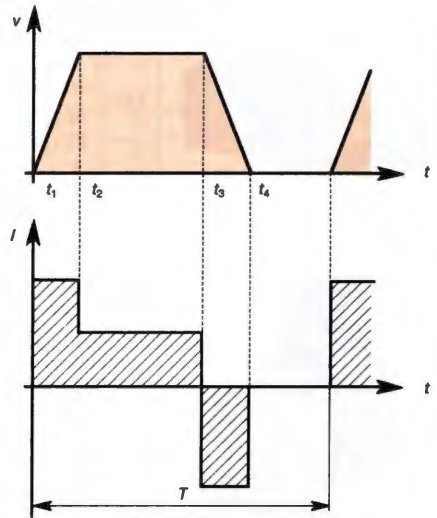
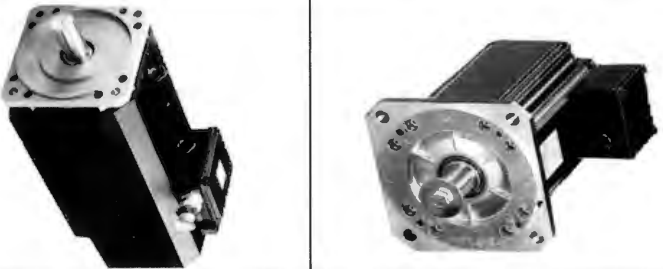


Fig. 25 - Exemple de cycle

### 11.3.3. GUIDE DE CHOIX DES MOTEURS SANS BALAIS (BRUSHLESS)

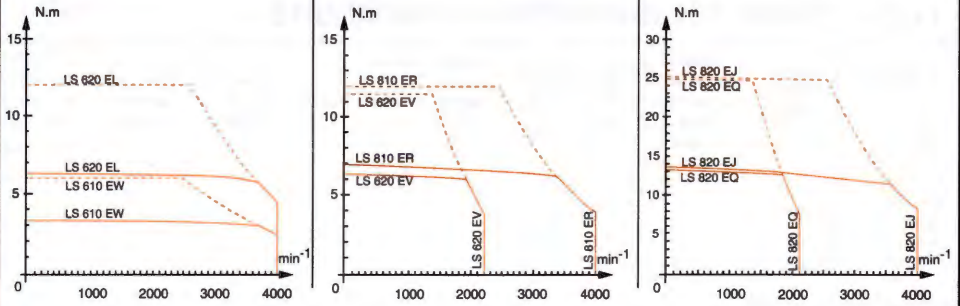
UTILISATIONS			CARACTÉRISTIQUES			SERVOAMPLIFICATEUR								CAPTEUR		DIVERS
<p>←</p> <p>FORME</p> <p>←</p> 			Type													
Couple permanent maximum à $\Delta t = 100\text{ °C}$ (Nm)																
Fréquence de rotation maximale ( $\text{min}^{-1}$ )																
Courant permanent maximum (A)																
Type BTM (Alimentation, freinage et servoamplificateur intégrés en onde « trapèze »)																
Type BTM (Alimentation, freinage et servoamplificateur intégrés en onde « sinus »)																
Module d'alimentation type AMS (fonction redressement)																
Module de freinage type FMS (dissipation d'énergie dans une résistance)																
Servoamplificateur type CMS2 modulaire (en onde « trapèze »)																
Servoamplificateur type CMS3 modulaire (en onde « sinus ») à microcontrôleur																
Servoamplificateur type CMS4 modulaire (en onde « sinus ») à microprocesseur																
Servoamplificateur type SBS intégré (en onde « sinus ») très haute dynamique																
Capteur de commutation type CPR																
Tachymétrie type AT																
Codeur incrémental ou G.I. type C6																
Résolveur $7 V_{\text{eff}}$ 5 kHz 70 mA maxi																
Frein à manque de courant (24 V =) modulaire																
Réducteur modulaire et intégré au moteur																

## 11.3.4. CARACTÉRISTIQUES DES MOTEURS

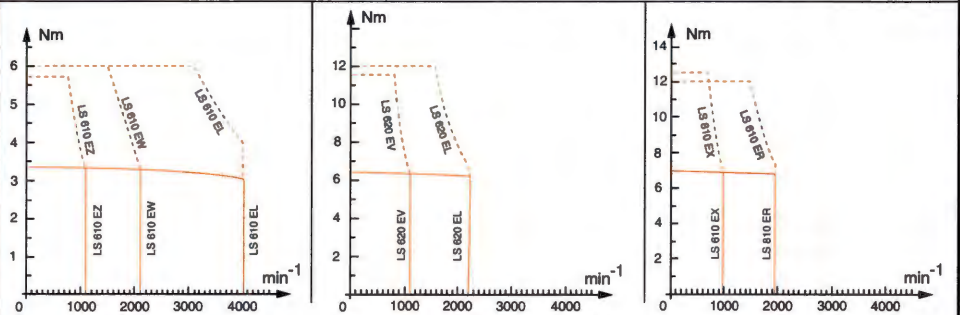
TYPE LS	Caractéristiques (40 °C ambiant)	Couple permanent en rotation lente $\Delta T = 100 \text{ }^\circ\text{C}$	Vitesse à 175 V (SBS)	Vitesse à 280 V (CMS BTM)	Valeur crête du courant permanent	Couple par ampère-crête (25 °C)	Inertie	Constante de temps mécanique	Constante de temps thermique	Charge* admissible sur l'arbre à 3 000 min <sup>-1</sup>		Masse moteur	Servo-amplificateurs associés $\frac{L}{I}$	
										radiale	axiale			
		Nm	min <sup>-1</sup>	min <sup>-1</sup>	Å	Nm/Å	kgm <sup>2</sup> · 10 <sup>-6</sup>	ms	min	daN	daN	kg		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- compact</li> <li>- moteur court</li> <li>- montage simplifié</li> <li>- isolation classe F</li> <li>- IP 64/65</li> </ul> <p><b>Applications :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- machine de haute pression</li> <li>- robotique</li> </ul>	LS 610 EW	3,3	2 500	4 000	7,35	0,45	70	8,2	15	50	40	8	7,5/15	
	LS 620 EL	6,4	2 500	4 000	13,8	0,464	115	4,5	20	55	40	10	15/30	
	LS 620 EV	6,4	1 350	2 200	7,2	0,89	115	4,5	20	55	40	10	7,5/15	
	LS 810 ER	7	2 500	4 000	13,8	0,506	180	5	20	65	40	12,5	15/30	
	LS 820 EJ	13,5	-	4 000	26,5	0,51	380	3,8	25	70	40	16	30/60	
	LS 820 EQ	13,5	1 300	2 100	14,1	0,96	380	3,8	25	70	40	16	15/30	
	LS 910 EM	16	-	3 300	29,2	0,55	730	5,6	35	105	40	17	30/60	
	LS 910 EW	16	1 000	1 700	14,6	1,1	730	5,6	35	105	40	17	15/30	
	LS 914 EH	22	-	4 000	52,5	0,42	910	4,2	40	115	40	21	60/100	
	LS 914 EM	22	-	2 400	28,6	0,77	910	4,2	40	115	40	21	30/60	
	LS 920 EH	31	-	3 100	51,6	0,6	1 200	3,2	45	120	40	27	60/100	
	LS 920 EM	31	-	1 700	28	1,1	1 200	3,2	45	120	40	27	30/60	
	<p><b>TYPE LD</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- faible diamètre</li> <li>- fortes puissances</li> <li>- intégration facile</li> <li>- IP 64/65</li> </ul> <p><b>Applications :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- machines-outils spéciales</li> <li>- robots portiques</li> </ul>	LD 690 EK	9	1 900	3 100	14	0,64	160	3,6	25	65	40	12	15/30
		LD 640 EG	11,5	-	4 000	22,7	0,51	210	3,4	30	65	40	14	30/60
		LD 640 EJ	11,5	1 600	2 600	14,7	0,79	210	3,4	30	65	40	14	15/30
LD 825 EJ		17,5	-	3 200	27,6	0,63	430	3,1	27	120	40	17,8	30/60	
LD 825 ER		17,5	1 000	1 600	13,8	1,27	430	3,1	27	120	40	17,8	15/30	
LD 830 EE		22	-	4 000	56	0,4	495	2,8	30	120	40	19,5	60/100	
LD 830 EJ		22	-	2 600	30	0,74	495	2,8	30	120	40	19,5	30/60	
LD 840 EE		27,5	-	3 700	51	0,54	635	2,4	35	120	40	23	60/100	
LD 840 EJ		27,5	-	2 000	27	0,01	635	2,4	35	120	40	23	30/60	
LD 924 EL		36	-	1 500	29,8	1,21	1 400	2,8	49	170	70	31	30/60	
LD 924 EG		36	-	3 000	59,6	0,604	1 400	2,8	49	170	70	31	60/100	
LD 930 EF		44	-	2 800	64,6	0,68	1 650	2,5	55	170	70	37	100/140	
LD 930 EG		44	-	2 500	58	0,76	1 650	2,5	55	170	70	37	60/100	
LD 940 EE		56	-	2 300	69	0,81	2 200	2,3	65	170	70	47	100/140	
LD 940 EG		56	-	1 800	55	1,01	2 200	2,3	65	170	70	47	60/100	
LD 960 CC	70	-	3 000	90	0,78	3 100	3,1	85	230	70	64	100/140		
LD 960 CF	70	-	1 750	56	1,25	3 100	3,1	85	230	70	64	60/100		
LD 960 CF Ventilé	98	-	1 750	82	1,2	3 100	3,1	85	230	70	74	100/140		
<p><b>TYPE LX</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Isolation classe F</li> <li>- classe de précision élevée</li> </ul> <p><b>Applications :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- exigences de précision</li> <li>- très haute dynamique des automatisations modernes</li> </ul>	LX 310 BF	1	7 100	-	5,7	0,176	3,5	2	12	25	10	1,8	7,5/15	
	LX 310 BS	1	4 000	6 300	3,15	0,318	3,5	2	12	25	10	1,8	4/8	
	LX 320 BB	1,9	7 100	-	11	0,175	7	1,3	16	25	10	2,5	15/30	
	LX 320 BD	1,9	4 700	-	7,3	0,262	7	1,3	16	25	10	2,5	7,5/15	
	LX 320 BF	1,9	3 300	5 400	5,2	0,367	7	1,3	16	25	10	2,5	7,5/15	
	LX 320 BM	1,9	2 400	3 900	3,75	0,51	7	1,3	16	25	10	2,5	4/8	
	LX 410 CN	1,9	4 700	-	7,3	0,26	11	2,1	15	40	18	3,2	7,5/15	
	LX 410 CX	1,9	2 500	4 000	3,8	0,496	11	2,1	15	40	18	3,2	4/8	
	LX 420 CD	3,4	5 000	-	14	0,244	19	1,3	26	45	20	4,3	15/30	
	LX 420 CL	3,4	2 600	4 200	7,3	0,464	19	1,3	26	45	20	4,3	7,5/15	
	LX 430 CD	5,1	3 200	5 100	14	0,377	28	1	30	45	20	5,3	15/30	
	LX 430 CE	5,1	2 900	4 700	12,3	0,415	28	1	30	45	20	5,3	15/30	
	LX 430 CK	5,1	1 800	2 900	7,5	0,68	28	1	30	45	20	5,3	7,5/15	
	LX 440 CC	6,7	2 800	4 480	14,8	0,45	39	1,5	35	45	20	6,3	15/30	
	LX 440 CF	6,7	2 150	3 500	11	0,6	39	1,5	35	45	20	6,3	15/30	
LX 440 CB	6,7	-	6 000	19	0,35	39	1,5	35	45	20	6,3	30/60		

\* Charges appliquées au milieu de l'arbre.

**11.3.5.  
ABAQUES DE  
RÉSOLUTION  
DES MOTEURS  
SANS BALAIS  
TYPE LS**



**Fig. 26 – Aباques de résolution des moteurs LS avec servoamplificateur CMS ou BTM.**



**Fig. 27 – Aباques de résolution des moteurs LS avec servoamplificateur SBS.**

— Fonctionnement en régime permanent – Service S1 –  $t_a \leq 40\text{ °C}$  –  $\Delta t = 100\text{ °C}$ .  
 - - - - - Fonctionnement impulsif – Service S3 –  $t_a \leq 40\text{ °C}$  –  $\Delta t = 100\text{ °C}$ .

**11.3.6.  
EXEMPLE DE  
CHOIX DE  
MOTEUR**

**DONNÉES :**

Une charge fonctionnant à couple constant nécessite une puissance d'entraînement  $P_g$  de 1 000 W à 1 000 min<sup>-1</sup>. La plage de vitesse est de 0 à 1 000 min<sup>-1</sup>.

L'inertie  $J$  rapportée sur l'arbre du moteur vaut 0,4 kg.m<sup>2</sup>.

On admet que le temps de démarrage  $t_d$  ne dépasse pas 1 s pour un cycle de fonctionnement de 10 s.

Freinage par résistance de freinage RF. 250 démarrages/h.

Conditions ambiantes normales (altitude < 1 000 m.  $\Delta t \leq 100\text{ °C}$ ).

**SOLUTION :**

La courbe © § 11.1.2.3. donne  $M_r = 1,1$   $M'_n$  au démarrage

$M'_n = 30.P / \pi \times n = 30 \times 1\,000 / \pi \times 1\,000 = 9,6\text{ Nm}$ .

Couple au démarrage :  $M_d = 9,6 \times 1,1 = 10,6\text{ Nm}$ .

Fréquence de rotation : 0 à 1000 min<sup>-1</sup>.

Les abaques § 11.3.5. Fig. 26 indiquent un moteur L. S 820 EQ avec variateur CMS.

Le tableau § 11.3.4. donne pour ce moteur : 0,96 Nm/A. 14, 1 Å. 2100 min<sup>-1</sup> à 280 V.

$M_n = 13,5\text{ Nm}$ .  $J_r = 380 \cdot 10^{-5}\text{ kg.m}^2$ .

Calcul thermique : (temps de freinage négligé)

$$M_{th} = \sqrt{\frac{10,6^2 \times 1 + 9,6^2 \times 9}{3\,600/250}} = 8,09\text{ Nm} \quad (0,9 M_n) \text{ condition donnée § 11.3.2.}$$

Puissance dissipée dans les résistances de freinage RF (module de freinage § 11.3.1.).

Le constructeur donne :

$$P_{df} = \frac{J}{2} \left( \frac{n}{9,55} \right)^2 \cdot f_f$$

(cas le plus défavorable)

$P_{df}$  : puissance moyenne à dissiper dans les résistances de freinage RF en W.

$J$  : inertie totale ramenée sur l'arbre du moteur en kg.m<sup>2</sup>.

$n$  : fréquence de rotation de l'arbre au début du freinage en min<sup>-1</sup>.

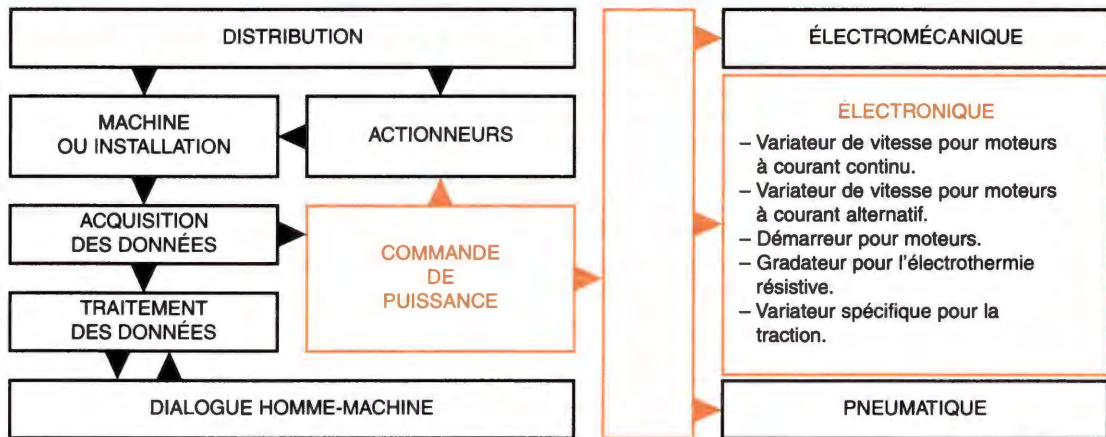
$f_f$  : fréquence des cycles de freinage en s<sup>-1</sup>.

$$P_{df} = \left( \frac{0,4 + 380 \cdot 10^{-5}}{2} \right) \cdot \left( \frac{1\,000}{9,55} \right)^2 \cdot \frac{250}{3\,600} = 154\text{ W.}$$

Le moteur LS 820 EQ sera alimenté par un variateur du type CMS délivrant 134 V pour 1000 min<sup>-1</sup> ; 11,05 A au démarrage et nécessitant un module de freinage dissipant 154 W.

# 12. LES CONVERTISSEURS STATIQUES

## 12.1. IDENTIFICATION DU CONVERTISSEUR DANS LES ÉQUIPEMENTS D'AUTOMATISMES



La position du variateur, par rapport au moteur, est l'une des principales différences entre les moto-variateurs mécaniques et les moto-variateurs électroniques.

- **Moto-variateur mécanique :**



- **Moto-variateur électronique :**



## 12.2. ÉLÉMENTS À PRENDRE EN COMPTE POUR CHOISIR UN CONVERTISSEUR STATIQUE

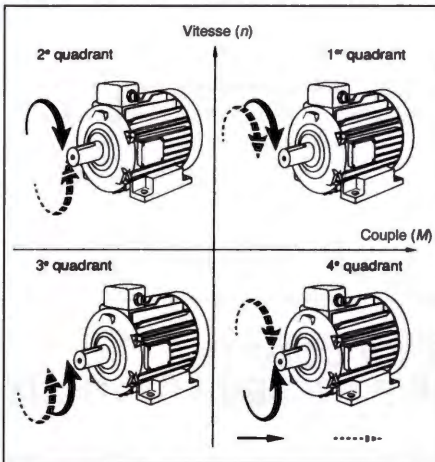
### 12.2.1. FONCTIONS RÉALISÉES PAR LES VARIATEURS ÉLECTRONIQUES

- DÉMARRAGE	Mise en vitesse d'une machine, depuis l'arrêt jusqu'à la vitesse de fonctionnement évitant les aléas électriques et mécaniques (pointes de courant, chutes de tension, à-coups mécaniques...)
- VARIATION DE VITESSE	<p><b>Deux notions à discerner : la variation et la régulation.</b></p> <p>- Un <b>variateur</b> n'est pas obligatoirement un régulateur. C'est un système qui possède une commande électronique avec amplification de puissance mais qui n'a pas de boucle de retour.</p> <p>La grandeur de sortie évolue en fonction des perturbations. C'est un système non asservi, il fonctionne en « boucle ouverte ».</p> <p>- Un <b>régulateur</b> est un système asservi. Il possède une commande électronique avec amplification de puissance et une boucle de retour, il fonctionne en « boucle fermée ».</p> <p>La grandeur de sortie (tension, courant, puissance, vitesse, position,...) est asservie à la grandeur d'entrée appelée consigne ou référence.</p> <p>Si la consigne est variable, le système est à la fois variateur et régulateur.</p>
- FREINAGE D'ARRÊT	Décélération de la vitesse de fonctionnement jusqu'à vitesse nulle, par application d'un couple de freinage contrôlé, ou non, après action sur un « arrêt d'urgence » par exemple.
- FREINAGE DE RALENTISSEMENT	Décélération de la vitesse de fonctionnement jusqu'à une vitesse intermédiaire par application d'un couple de freinage contrôlé.
- INVERSION DU SENS DE MARCHÉ	Possibilité d'ordonner l'autre sens de marche, l'inversion se faisant à vitesse nulle, après décélération forcée ou non.

**12.2.2.  
CARACTÉRISTIQUES  
DE  
FONCTIONNEMENT**

- **UNIDIRECTIONNEL** Système de conversion électronique de l'énergie électrique ne permettant le passage de cette énergie que dans le sens : réseau → récepteur.  
Il ne permet pas ni de freinage statique, ni d'inversion statique du sens de marche.
- **RÉVERSIBLE (bidirectionnel)** Système de conversion électronique de l'énergie électrique autorisant le transfert de cette énergie dans les deux sens : réseau ↔ récepteur.  
Il permet le freinage par récupération d'énergie.  
(Transmission au réseau tout ou partie de l'énergie emmagasinée dans les pièces en mouvement de la machine.)
- **COUPLE CONSTANT** Le fonctionnement est dit à « couple constant » lorsque le moteur peut fournir le couple nominal quelle que soit la vitesse.  
(Systèmes de traction, de levage,...)
- **PUISSANCE CONSTANTE** Le fonctionnement est dit à « puissance constante » lorsque le moteur peut fournir un couple inversement proportionnel à la vitesse angulaire.  
(Enrouleur axial, tour,...)
- **CHARGE ENTRAÎNANTE** Une charge est dite « entraînante » lorsqu'elle provoque une vitesse supérieure à la vitesse de consigne.  
  
**Exemples :**
  - Action du vent sur les mouvements horizontaux des engins de manutention installés à l'air libre.
  - Gravité sur les mouvements de levage des charges.
  - Balourd d'une pièce en rotation sur la moitié de chaque tour.

**- QUADRANTS DE FONCTIONNEMENT :**



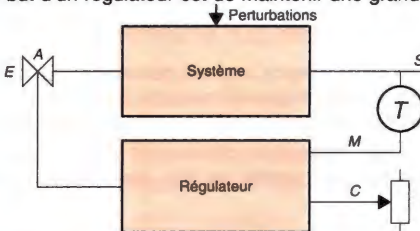
**Les divers fonctionnements sont caractérisés :**

- par une marche en **MOTEUR** : quadrants 1 et 3.  
(Le moteur fournit une puissance mécanique.)
- par une marche en **FREINAGE** : quadrants 2 et 4.  
(Le moteur absorbe une puissance mécanique.)

**12.2.3.  
RÉGULATION  
ET  
ASSERVISSEMENT**

**SCHEMA GÉNÉRAL D'UNE BOUCLE DE RÉGULATION :**

Le but d'un régulateur est de maintenir une grandeur  $S$  à une valeur préalablement réglée  $C$ .



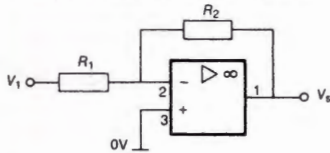
- $T$  : transmetteur ou capteur de mesure.
- $S$  : grandeur réglée.
- $E$  : arrivée de l'énergie.
- $A$  : actionneur.
- $M$  : signal de mesure ou de retour.
- $C$  : consigne ou référence.

En cas de perturbation,  $S$  varie,  $M$  est modifié.

L'écart  $C-M$  appliqué à l'entrée du régulateur agit sur  $A$  suivant un procédé de calcul déterminé de manière à réduire et annuler la perturbation.

• **BOUCLE À ACTION P, I, D OU PID**

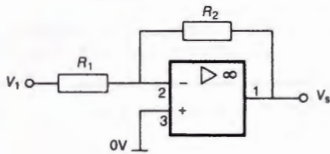
- **Amplificateur inverseur ou à action « Proportionnelle » (P) :**



C'est le montage de base dans une régulation. Il est constitué d'un amplificateur opérationnel (Chapitre 23).

$$V_s = -V_1 \frac{R_2}{R_1}$$

- **Amplificateur intégrateur ou à action « Intégrale » (I) :**

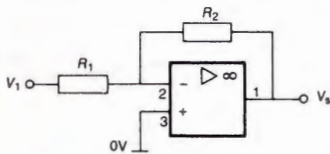


$R_2$  dans le montage ci-dessus est remplacé par  $\frac{1}{C\omega}$  et  $R_1$  par  $R$  :

$$V_s = -V_1 \frac{1}{jRC\omega}$$

En régime harmonique  $\omega$  est remplacé par  $p$  (variable de Laplace) d'où :  $V_s = -V_1 \frac{1}{RCp}$

- **Amplificateur dérivateur ou à action « Dérivée » (D) :**

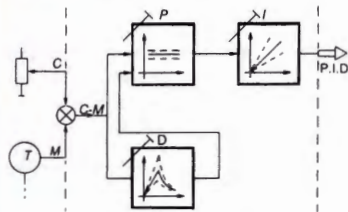


$R_2$  est remplacé par  $R$  et  $R_1$  par  $\frac{1}{C\omega} = \frac{1}{Cp}$  :

$$V_s = -V_1 RC\omega$$

En régime harmonique (réponse à un échelon de tension) la relation devient :  $V_s = -V_1 RCp$ .

- **Régulation à action « Proportionnelle » « Intégrale » et « Dérivée » (PID) :**

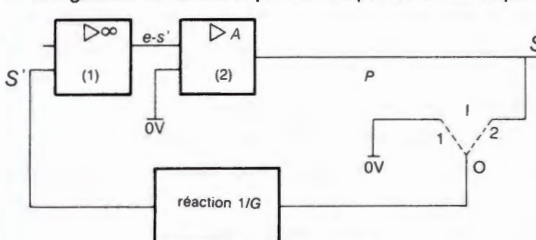


La régulation à action « Proportionnelle » fonctionne en tout ou rien. Pour pallier ce défaut, l'action « Intégrale » a pour but de transformer le signal tout ou rien en valeur moyenne. L'action « Dérivée » permet de suivre les variations rapides du signal obtenues par l'action PI.

Le transmetteur  $T$  fournit à tout moment une correction proportionnelle à l'écart  $C-M$ . À la vitesse désirée, par exemple, on fait correspondre une tension de référence. À la vitesse mesurée, on fait correspondre une tension mesurée, image de la vitesse.

• **STRUCTURE GÉNÉRALE D'UN RÉGULATEUR**

- La régulation est assurée par un comparateur dont le principe de fonctionnement est le suivant :



- **Boucle ouverte :** (commutateur I en 1)  
Le gain est maximum

$$S = eA$$

- **Boucle fermée :** (commutateur I en 2)  
On pose  $1/G = k$

$$S = (e - S') A$$

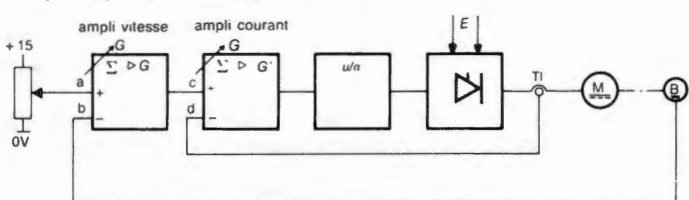
$$S = (e - kS) A$$

$$S' = kS \quad \text{d'où : } S = \frac{eA}{1 + kA}$$

(1) Amplificateur opérationnel de gain infini ( $A_0 \approx 10^5$ ).  
(2) Amplificateur opérationnel de gain A.

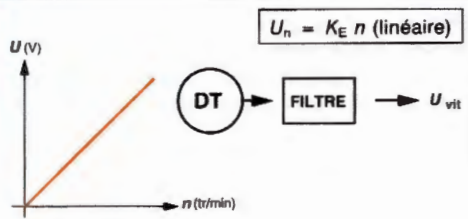
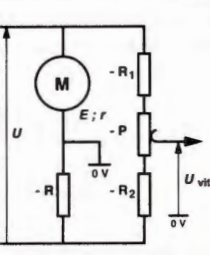
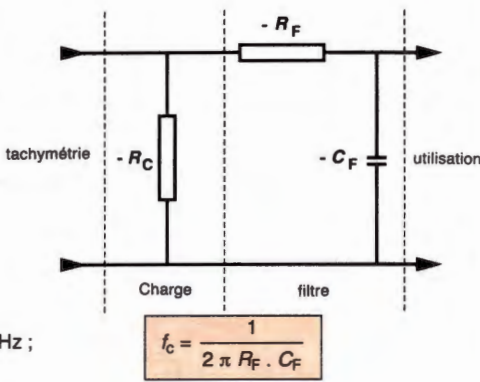
Le gain dépend de la réaction  $1/G_k$

- La régulation complète d'un variateur, par exemple, inclut le contrôle du courant afin que celui-ci ne dépasse pas une valeur affichée.



TI : transformateur de courant.  
B : dynamo tachymétrique.

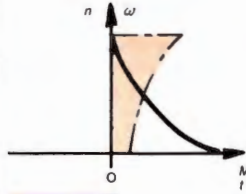
L'ampli « vitesse » assure la régulation de la vitesse.  
L'ampli « courant » limite le courant et devient prioritaire au moment où une surintensité tend à se produire.  
 $U/a$  est un module transformant le signal de sortie (valeur moyenne) en angle de conduction de l'actionneur.

<p><b>12.2.4. MESURE DE LA FRÉQUENCE DE ROTATION</b></p>	 <p>Choix de la tachymétrie (§ 12.2.5.)</p> <p><i>Fig. 1. – Mesure de la fréquence de rotation par génératrice tachymétrique.</i></p>	 <p>La condition <math>\frac{R_1}{r} = \frac{R_2}{R}</math> peut être obtenue en ajustant le potentiomètre P</p> <p><math>U_{vit.} = \frac{ER}{R+r}</math> (linéaire)</p> <p>gamme de vitesse 1 à 50</p> <p><i>Fig. 2. – Mesure de la fréquence de rotation par compensation de la chute de tension ohmique dans l'induit.</i></p>
<p><b>12.2.5. MESURE DE LA FRÉQUENCE DE ROTATION PAR TACHYMÉTRIE</b></p>	<p>Les génératrices tachymétriques montées en bout d'arbre des moteurs permettent le retour d'un signal tension directement proportionnel à la vitesse de rotation.</p> <p>L'ensemble moteur, tachymétrie et convertisseur statique (alimentation électronique) forme un système bouclé asservi à une consigne de fonctionnement.</p> <p><b>Le choix d'une tachymétrie dépend :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– de la fréquence de rotation maximale d'utilisation</li> <li>– du gradient de tension en <math>V/1\ 000\ \text{min}^{-1}</math></li> <li>– du retour vitesse (tension nécessaire au comparateur),</li> <li>– de la linéarité L</li> </ul> <p><math>L : \frac{U\ \text{mesurée} - U\ \text{calculée}}{U\ \text{calculée à } 3\ 600\ \text{min}^{-1}} \cdot 100</math></p> <p>Soit <math>L_n = L_{3600} \frac{3\ 600}{n} n\ (\text{min}^{-1})</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– de l'ondulation crête à crête résiduelle. Nécessité de l'atténuer par un filtre (Fig. 3) à 2 kHz ;</li> </ul> <p><b>Valeurs usuelles :</b>  <math>R_n = 10\ \text{k}\Omega</math>, <math>R_F = 10\ \text{k}\Omega</math>, <math>C_F = 8\ \text{nF}</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– du courant maximum délivré</li> </ul>  <p><i>Fig. 3 – Filtre permettant de réduire l'ondulation crête à crête.</i></p>	
<p><b>12.2.6. CONDITIONS DE DÉMARRAGE ET D'ARRÊT</b></p>	<p><b>DÉMARRAGE ET ARRÊT D'UN MOTEUR</b></p>	<p>Le démarrage d'une machine accouplée à un moteur dépend :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– du moment d'inertie de l'ensemble J en <math>\text{kg} \cdot \text{m}^2</math> rapporté sur l'arbre du moteur (§ 11.1.2.1.)</li> <li>– de la fréquence de rotation du moteur</li> <li>– du couple résistant de la machine entraînée (§ 11.1.2.3.)</li> </ul> <p>L'arrêt d'une machine accouplée à un moteur à courant continu dépend :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– du couple résistant</li> <li>– du mode de freinage (couple de freinage).</li> </ul>
<p><b>COUPLE ACCÉLÉRATEUR</b> <math>M_a</math> <b>TEMPS DE DÉMARRAGE</b> <math>t_d</math></p>	<p>Le couple accélérateur <math>M_a</math> (Nm) vaut approximativement :</p>	<p><math>M_a = J \frac{\pi n}{30 t_d}</math> soit <math>t_d = J \frac{\pi n}{30 M_a}</math></p> <p><math>J</math> (<math>\text{kg} \cdot \text{m}^2</math>) (<math>J = MD^2/4</math>)  <math>n</math> (<math>\text{min}^{-1}</math>)  <math>M_a</math> (Nm)  <math>t_d</math> (s)</p> <p>Le couple accélérateur <math>M_a</math> et le couple résistant <math>M_r</math> précisent le couple nécessaire au démarrage ainsi que le réglage de la limitation d'intensité du variateur.</p> <p><math>M_d = M_r + M_a</math>      <math>1\ \text{Nm} \approx 0,1\ \text{m kg}^*</math></p> <p><math>M_d, M_r, M_a</math> (Nm)      * ancienne unité</p>

**CONDITIONS DE DÉMARRAGE ET D'ARRÊT**

COUPLE DE RALENTISSEMENT  
 $M_{ra}$   
TEMPS DE FREINAGE  
 $t_f$

**ARRÊT NATUREL**



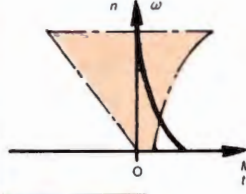
$$M_{ra} \approx M_r \text{ avec}$$

$$M_r = J \frac{\pi n}{30 t_f} \text{ d'où}$$

$$t_f = J \frac{\pi n}{30 M_r}$$

Par coupure de l'alimentation, le couple de ralentissement  $M_{ra}$  (Nm) est égal au couple résistant  $M_r$  (Nm) au moment de la coupure.  
 $J$  (kg.m<sup>2</sup>) ( $J = MD^2/4$ )  
 $n$  (min<sup>-1</sup>) au moment de la coupure  
 $t_f$  (s) temps de freinage relativement long

**ARRÊT RHÉOSTATIQUE**



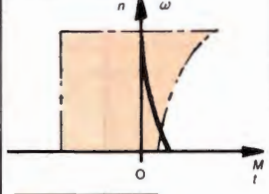
$$M_{ra} = M_r + M_f$$

$M_f$  (Nm)

$$t_f = J \frac{\pi n}{30 (M_r + M_f)}$$

Le freinage du type rhéostatique (freinage électrique) est proportionnel à la vitesse ( $M_f = Kn$ ).  
 La limitation de  $t_f$  (2 à 3  $t_{fn}$ ), est obtenue à l'aide de résistances.  
 $t_f$  est plus court que par arrêt naturel.

**ARRÊT PAR RÉCUPÉRATION**



$$M_{ra} = M_r + M_f$$

$M_f$  (Nm) est constant grâce à la limitation d'intensité du variateur (il doit être réversible).

$$t_f = J \frac{\pi n}{30 (M_r + M_f)}$$

avec

$$M_f \approx M_r \frac{I_f}{I_n}$$

$I_f$  : courant maximum de freinage (constante fixée par le variateur).  
 $I_n$  : courant nominal du moteur.  
 $t_f$  : très court avec adaptation possible de  $I_f$ .

**12.2.7. GRANDEURS CARACTÉRISTIQUES POUR VARIATEUR ALIMENTANT LES MOTEURS À COURANT CONTINU**

– FORME DE COURANT

Le convertisseur statique fournit au moteur un courant pulsé présentant :

- une valeur moyenne :  $I_{moy}$ .
- une valeur efficace :  $I_{eff}$ .
- une valeur crête :  $I_c$ .

→ Le courant moyen :

Le courant moyen  $I_{moy}$  produit le couple.  
 La courbe Fig. 4 donne la relation existant entre couple et courant.

→ Le courant efficace :

Le courant efficace  $I_{eff}$  provoque l'échauffement de tout le circuit qu'il traverse :

- le contacteur de commande,
- le variateur,
- le relais de protection (réglage à  $I_{eff}$ ),
- le moteur,
- les connexions.

→ Le courant de crête  $I_c$  affecte la commutation du moteur.  
 Il est de l'ordre de 3 fois le courant moyen  $I_{moy}$ .

– FACTEUR DE FORME  $F$  :

$$F = \frac{I_{eff \text{ moteur}}}{I_{moy \text{ moteur}}}$$

$F$  : facteur de forme  
 $I_{eff}$  : valeur efficace du courant  
 $I_{moy}$  : valeur moyenne du courant

Il est différent suivant le type de pont (§ 11.2.5. Fig. 21).

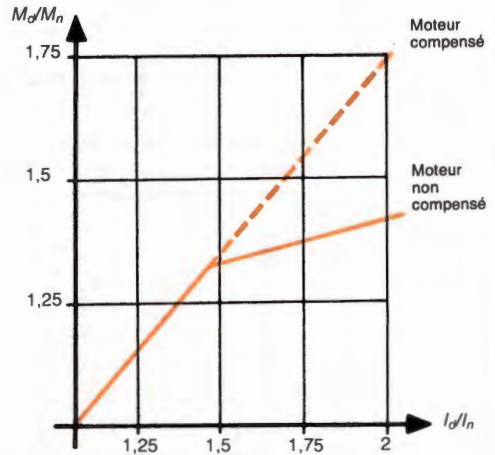
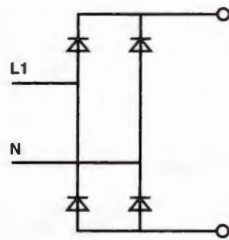


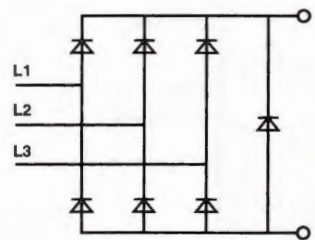
Fig. 4 – Relation entre couple et courant pour un moteur à courant continu.

- PONT MIXTE  
PONT COMPLET

MONOPHASÉ :



TRIPHASÉ :



Les semi-conducteurs de puissance sont montés en pont de Graëtz.

- Le pont mixte est composé à la fois de semi-conducteurs non contrôlés (diodes) et de semi-conducteurs contrôlés (thyristors, transistors). Un tel pont ne peut transmettre l'énergie que dans un seul sens.
- Le pont complet est entièrement composé de semi-conducteurs contrôlés. Un tel pont est apte à transmettre l'énergie dans les deux sens.

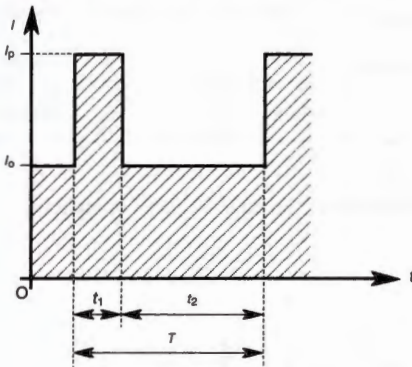
- RÉGIME DE FONCTIONNEMENT

→ Régime permanent :

Le variateur est caractérisé par un courant maximal permanent  $I_{max}$  qui n'autorise aucune surcharge.

→ Régime cyclique simple :

Le fonctionnement peut être défini par deux intensités  $I_0$  et  $I_p$  dont les valeurs sont les suivantes pour les variateurs de 12 à 600 A.



$$I_0 \leq 0,7 I_{MAX} \text{ permanent.}$$

$$I_p \leq 2 I_0$$

$$t_2 \geq 7 t_1$$

$$t_1 \leq 1 \text{ min}$$

$$I_p \leq 2 I_0$$

$$t_2 \geq 7 t_1$$

$$t_1 \leq 30 \text{ s}$$

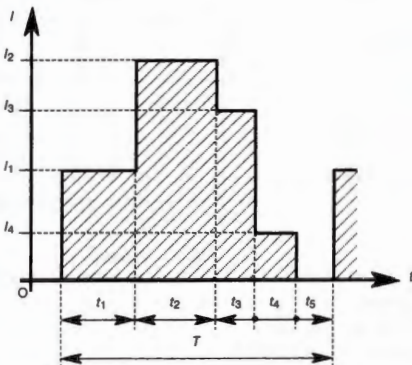
de 12 à 72 A.

de 150 à 600 A.

Fig. 5 - Régime cyclique simple.

→ Régime cyclique particulier :

Dans le cas d'un cycle de fonctionnement particulier et bien connu, il faut calculer le courant moyen thermiquement équivalent  $I_{mte}$



$$I_{mte} = \sqrt{\frac{I_1^2 t_1 + I_2^2 t_2 + \dots + I_n^2 t_n}{T}}$$

$$\text{avec } T = t_1 + t_2 + \dots + t_n$$

Les conditions de fonctionnement sont remplies pour :

$$I_{mte} \leq 0,8 I_{max} \text{ permanent du variateur}$$

$$I_p \text{ moteur} \leq I_p \text{ variateur}$$

Fig. 6 - Régime cyclique particulier.

**12.2.8.  
GRANDEURS  
CARACTÉRISTIQUES  
POUR VARIATEUR  
ALIMENTANT  
LES MOTEURS  
À COURANT  
ALTERNATIF**

Les courbes (Fig. 7) définissent le couple permanent et le surcouple transitoire disponibles.

Au-delà de 50 Hz, il est nécessaire de s'assurer, auprès du constructeur, des possibilités mécaniques de survitesse du moteur choisi.

La protection thermique du moteur est assurée par le variateur.

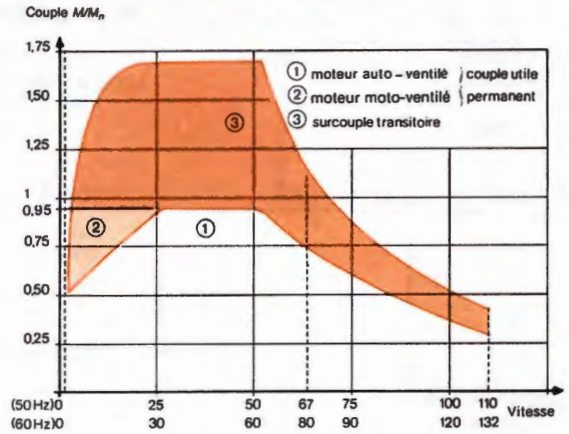


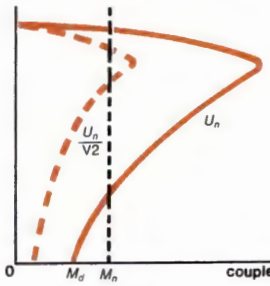
Fig. 7 - Caractéristiques de couple en fonction de la fréquence et du type de moteur.

**12.2.9.  
GRANDEURS  
CARACTÉRISTIQUES  
POUR  
DÉMARREUR  
RALENTISSEUR  
ALIMENTANT  
LES MOTEURS  
À COURANT  
ALTERNATIF**

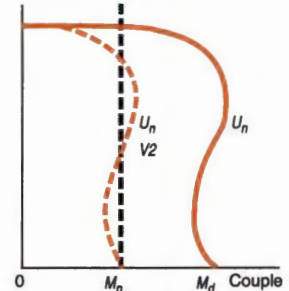
La montée progressive de la tension peut être contrôlée par la rampe d'accélération. Il faut s'assurer, pendant le démarrage, que la tension délivrée par le variateur donne un couple supérieur au couple moteur.

La protection thermique du moteur est assurée par le convertisseur statique.

- Moteur à simple cage :



- Moteur à double cage :



Il est nécessaire que le couple résistant au démarrage soit faible.

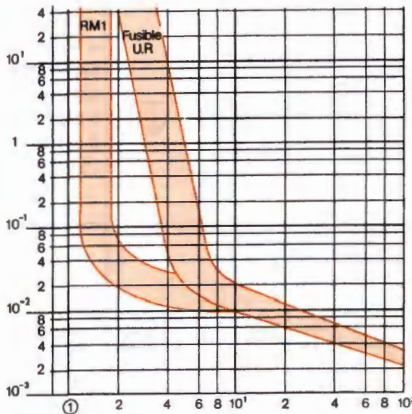
Le moteur doté d'une cage intérieure résistante est mieux adapté pour vaincre un couple résistant au démarrage plus élevé.

Fig. 8 - Caractéristiques de couple suivant la tension d'alimentation et le type de cage.

**12.2.10.  
CARACTÉRISTIQUES  
DE PROTECTION  
POUR LES  
GRADATEURS**

Le gradateur est un convertisseur statique qui permet le réglage d'énergie principalement dans les charges résistives.

- **Protection interne** : contre les surtensions et gradients de potentiel trop élevés pour tous les calibres
- **Protection externe** : par fusibles UR et relais magnétique.
- **Protection thermique** par motoventilateur pour les calibres > 300 A.



La courbe Fig. 9 représente l'association des deux protections.

① représente l'intensité d'emploi du gradateur.

De 1 à 8 I<sub>n</sub> la protection peut être assurée par le relais magnétique (type RM1) et au-delà par les fusibles (type UR).

(chapitre 20.)

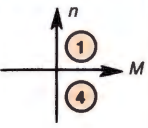
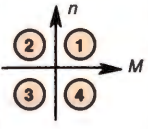
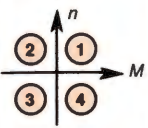
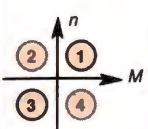
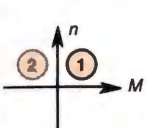
Fig. 9 - Protection externe d'un gradateur.

## 12.3. GUIDE DE CHOIX DES CONVERTISSEURS STATIQUES

APTITUDES → TYPE ↓	SYMBOLE ↓	SCHEMA FONCTIONNEL ↓	ALLURE DE LA TENSION DE SORTIE ↓	TYPE DE CHARGE ↓	EXEMPLE DE VARIATEUR ↓
<b>CONVERTISSEUR ALTERNATIF/CONTINU (REDRESSEUR CONTRÔLÉ)</b>		Pont complet unidirectionnel 		- Moteur à courant continu à excitation séparée	RECTIVAR RTV 74 (SCHNEIDER ELECTRIC) UNIDRIVE DMV (LEROY SOMER) § 12.4.1.
		Pont complet réversible 		- Moteur à courant continu à aimants permanents (§ 11.2.)	RECTIVAR RTV 84 (SCHNEIDER ELECTRIC) UNIDRIVE DMV (LEROY SOMER) § 12.4.1.
<b>CONVERTISSEUR ALTERNATIF/ALTERNATIF (ONDULEUR)</b>				- Moteur asynchrone (§ 11.1)	ALTIVAR ATV (SCHNEIDER ELECTRIC) UNIDRIVE UMV (LEROY SOMER) § 12.4.2
				- Moteur synchrone type Brushless - Moteur variateur (§ 11.3)	LEXIUM (SCHNEIDER ELECTRIC) UNIDRIVE UMV (LEROY SOMER) § 12.4.3.
<b>CONVERTISSEUR ALTERNATIF/ALTERNATIF (DÉMARREUR, RALENTISSEUR PROGRESSIF)</b>				- Moteur asynchrone à cage à cage résistante à bagues (§ 11.1.)	ALTI STAR LH4 (SCHNEIDER ELECTRIC) DIGI START § 12.4.4.
<b>CONVERTISSEUR ALTERNATIF/ALTERNATIF (GRADATEUR PAR TRAIN D'ONDES)</b>				- Charge résistive	3RF1 SIEMENS § 12.4.5.

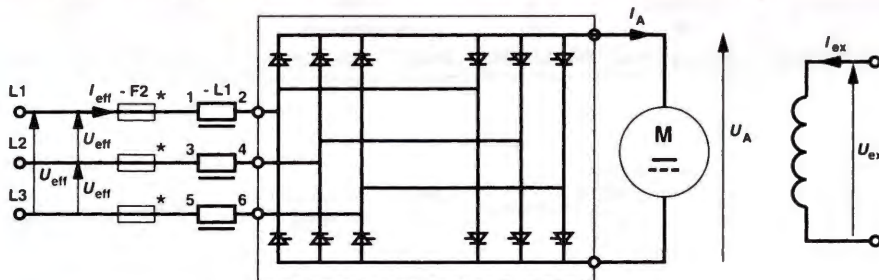
**CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES**

**SECTEURS D'APPLICATION**

QUADRANTS DE FONCTIONNEMENT	GAMMES DE		TYPE DE RÉGULATION	TYPE DE FREINAGE		GAMMES DE PUISSANCE	TENSIONS DE RÉSEAU / CHARGE		SECTEURS D'APPLICATION
	FREQUENCE	VITESSE		ARRÊT	RALENTISSEMENT		RÉSEAU	CHARGE	
		1 à 20 1 à 300 1 à 1000	U - RI tachymétrie	Par récupération d'énergie	Par récupération d'énergie	6 kW à 1 690 kW	230 V à 690 V	260 à 750 V	<ul style="list-style-type: none"> <li>Machines à cycles :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>plage de vitesse étendue, optimisation de la vitesse de coupe et de la vitesse de retour rapide, couple élevé à basse vitesse.</li> <li>inversions de marche rapides.</li> </ul> </li> </ul>
		1 à 20 1 à 300 1 à 1000	U - RI tachymétrie	Par récupération d'énergie	Par récupération d'énergie	2,7 kW à 1 530 kW	230 V à 690 V	230 à 750 V	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manutention :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>positionnement précis,</li> <li>vitesse maximale sans à-coups ni balancements.</li> </ul> </li> <li>Papeterie :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>maintien constant de la vitesse.</li> </ul> </li> </ul>
	1 à 67 (50 Hz) 1 à 80 (60 Hz) 1 à 110 (50 Hz) 1 à 132 (60 Hz)	-	tachymétrie	Par injection de courant continu	Rhéostatique	0,18 kW à 630 kW	200 V à 500 V	200 à 500 V	<ul style="list-style-type: none"> <li>Machines-outils</li> <li>Manutention, convoyage</li> <li>Conditionnement</li> <li>Textile</li> <li>Machines centrifuges</li> <li>Enrouleurs, scies...</li> </ul>
	-	1 à 10 000	résolver (§ 11.3.)	Rhéostatique	Rhéostatique	Couple de 0,6 Nm à 3 000 Nm	230 V à 400 V	230 V à 400 V	<ul style="list-style-type: none"> <li>Robotique</li> <li>Machines-outils                             <ul style="list-style-type: none"> <li>commande d'axes</li> <li>commande de broches</li> </ul> </li> <li>Manutention</li> <li>Emballage</li> </ul>
	50/60 Hz	-	-	Par injection de courant continu réglable de 2 à 30 s	Contrôlé par rampe décélétratrice réglable de 2 à 60 s	En tri 230 V : 355 kW En tri 400 V : 630 kW En tri 500 V : 800 kW	230 V à 400 V à 500 V	0 à $U_n$	<ul style="list-style-type: none"> <li>Traitement de l'air, de l'eau</li> <li>Pompes à chaleur</li> <li>Filatures, tréfileries</li> <li>Manutention</li> <li>Conditionnement</li> <li>Escaliers, trottoirs roulants</li> </ul>
	50/60 Hz	-	-	-	-	En mono 240 V : 220 kVA En mono 480 V : 380 kVA En tri 480 V : 658 kVA	220 V à 400 V	trains d'ondes à $U_n$	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fours industriels</li> <li>Étuves - chaudières</li> <li>Résistances de chauffage</li> <li>Extrudeuses</li> <li>Autoclaves</li> <li>Séchoirs</li> </ul>

# 12.4. SCHÉMAS DE BRANCHEMENT DES CONVERTISSEURS STATIQUES

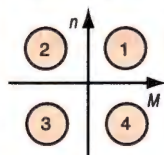
SCHÉMA DE PUISSANCE D'UN VARIATEUR DE VITESSE (TYPE RECTIVAR RTV74) :



\* Fusibles ultra-rapides à installer séparément pour les calibres 16 à 3 000 A.

### CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES :

– QUADRANTS DE FONCTIONNEMENT



Variateur bidirectionnel fonctionnant dans les deux sens de marche avec possibilité de récupération de l'énergie dans le cas d'une charge entraînée.

– TYPE DE RÉGULATION

Tension de retour obtenue par : – dynamo tachymétrique (mesure isolée).  
– U-RI (mesure non isolée).

– GAMME DE VITESSE

1 à 20 en U-RI.  
1 à 300 avec dynamo tachymétrique.

– EXCITATION

$U_{RÉSEAU} \text{ maxi} : 440 \text{ V} \rightarrow U_{ex} = 0,9$  pour  $U_{RÉSEAU}$  pour excitation fixe.  
 $\rightarrow U_{ex} = 0,8$  pour  $U_{RÉSEAU}$  pour excitation régulée.

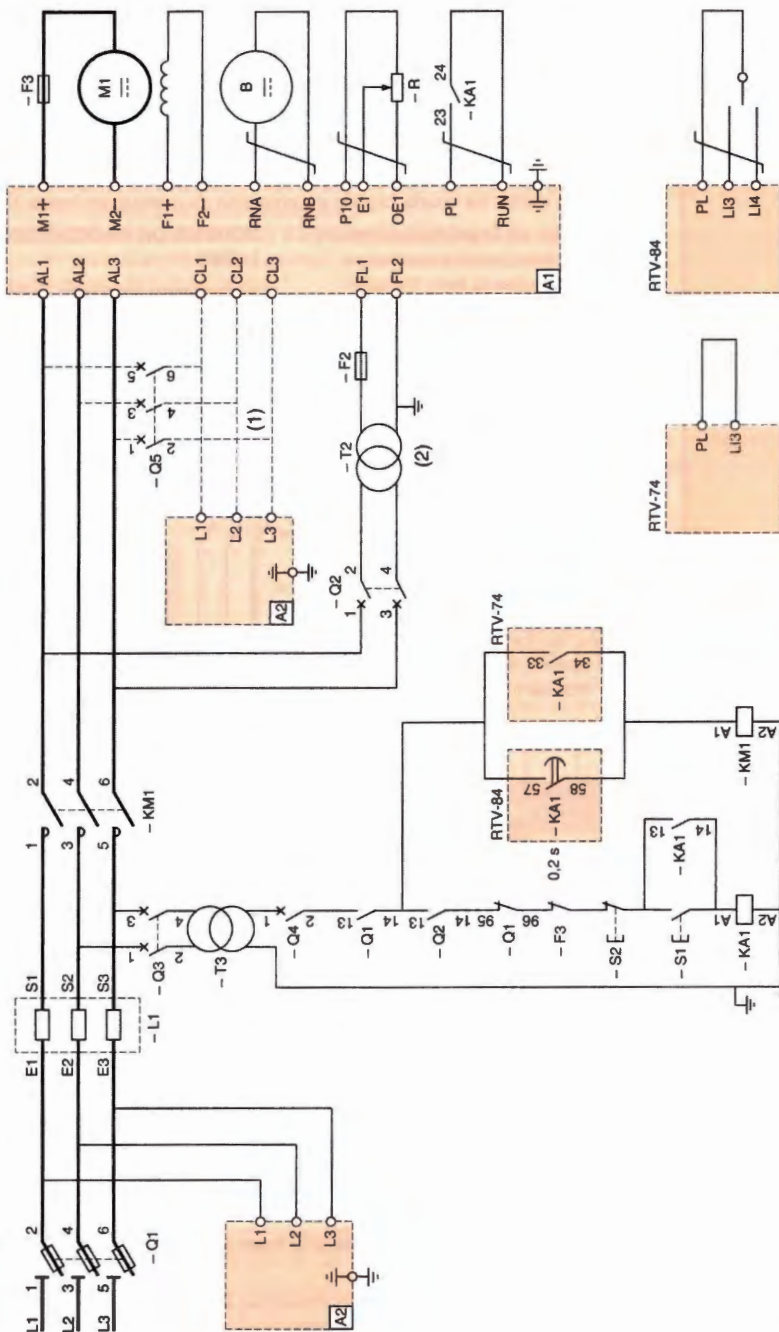
12.4.1.  
VARIATEUR DE  
VITESSE POUR  
MOTEUR  
À COURANT  
CONTINU

TYPE RECTIVAR  
DE SCHNEIDER-  
ELECTRIC  
(RTV 74-84)

### EXEMPLE DE VARIATEURS DANS LA GAMME RTV 74-84

Tension d'alimentation $U_{eff}$ (V)	Courant en ligne $I_{eff}$ (A)	Fusibles de ligne (*) type UR (A)	Courant maximum permanent $\leq 40^\circ \text{C}$ (A)	Moteur $P_{max}$ $M_0/M_1 = 1,2$ (kW)	Tension d'induit $U_2$ (V)	Courant d'excitation $I_{ex}$ (A)	RECTIVAR Référence RTV 74/84...
Triphasé 220 à 440	24	50	32	5,5 à 10,5	260 à 460	15	D 32Q
	36	50	48	8 à 16		15	D 48Q
	54	100	72	12 à 24		15	D 72Q
	135	200	180	30,5 à 63		15	C 18Q
	203	350	270	45 à 93		15	C 27Q
	300	500	400	69 à 156		15	C 40Q
	488	800	650	112 à 253		15	C 65Q
	600	–	800	138 à 312		30	C 80Q
938	–	1 250	215 à 487	30	M 12Q		
Triphasé 480 ou 500	24	50	32	11,5 à 13	500 à 570	15	D 32S
	36	50	48	17 à 19,5		15	D 48S
	54	100	72	26 à 30		15	D 72S
	135	200	180	65 à 75		15	C 18S
	203	350	270	97 à 112		15	C 27S
	300	500	400	150 à 171		15	C 40S
	488	800	650	243 à 278		15	C 65S
	600	–	800	300 à 342		30	C 80S
938	–	1 250	469 à 535	30	M 12S		

RACCORDEMENT D'UN VARIATEUR DE LA GAMME RTV 74/84 de 16 à 72 A – 380/415 V – 50/60 Hz



(1) Connexions réalisées uniquement sur le RTV-84 D 16Q.

(2) Câbler le transformateur T2 ou FL1-FL2 entre les phases 1 et 3 en fonction de la tension réseau et excitation.

- RNA/RNB : tachymétrie
- P10/E1/OE1 : consigne
- PL/RUN : verrouillage
- A2 : module filtre
- PL/FW/RV : inversion du sens de marche
- FL1/FL2 : alimentation de l'excitation

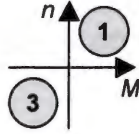
**12.4.2.  
VARIATEUR DE  
VITESSE  
POUR MOTEUR  
À COURANT  
ALTERNATIF  
  
TYPE ALTIVAR  
DE SCHNEIDER-  
ELECTRIC  
(ATV 38)**

**CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DU VARIATEUR DE VITESSE (TYPE ALTIVAR ATV-38) :**

- Ce convertisseur est du type LMI (modulation de largeur d'impulsion)
- Tension d'entrée de 380 V - 10 % à 460 V +10 %. Fréquence de 50 à 60 Hz ± 5 %.
- Sources internes disponibles :
  - + 10 V sur le potentiomètre de consigne, débit maximum 10 mA.
  - + 24 V pour les entrées de commande, débit maximum 200 mA.
- Entrées analogiques AI. Sorties analogiques AOI. Entrées logiques LI. Sorties logiques à relais.
- Module de communication par liaison série multipoint RS 485, protocole Modbus (9 600 à 19 200 bits/s).
- Rampes d'accélération et de décélération réglables de 0,05 à 999,9 s.
- Freinage d'arrêt par injection de courant continu pendant un temps réglable de 0 à 30 s ou permanent.
- Protection contre les courts-circuits et protection du moteur par image thermique.

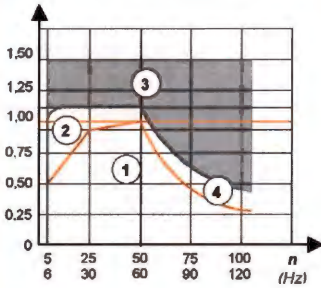
**QUADRANTS DE FONCTIONNEMENT :**

Variateur bidirectionnel fonctionnant dans deux quadrants avec freinage par injection de courant continu. Inversion du sens de rotation par ordres extérieurs sur les entrées logiques.



**CARACTÉRISTIQUES DE COUPLE :**

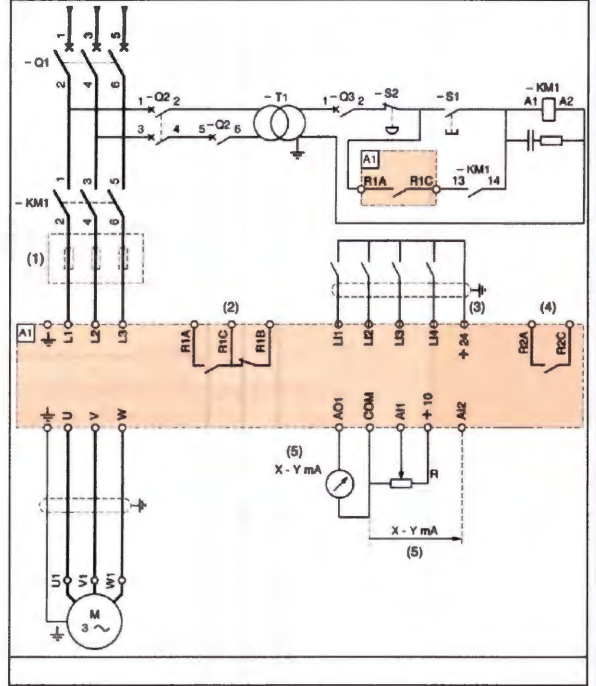
Les courbes ci-dessous définissent le couple permanent et le surcouple transitoire disponible, soit sur un moteur autoventilé, soit sur un moteur motoventilé.



- 1 : Moteur autoventilé ; couple utile permanent
- 2 : Moteur motoventilé ; couple utile permanent
- 3 : Surcouple transitoire.
- 4 : Couple en survitesse à puissance constante.

**SCHEMA DE RACCORDEMENT AVEC CONTACTEUR DE LIGNE :**

Alimentation triphasée. Schéma donné pour machines dangereuses



- (1) Inductance de ligne.
- (2) Contacts du relais de sécurité signalant l'état du variateur à distance
- (3) Sortie 24 V Ne pas dépasser les limites en courant (200 mA)
- (4) Relais à réaffecter.
- (5) X et Y sont programmables entre 0 et 20 mA indépendamment de AI2 et AO1.

**EXEMPLE DE VARIATEURS DANS LA GAMME ALTIVAR ATV - 38 : (ALIMENTATION TRIPHASÉE 380 V À 460 V, 50/60 HZ)**

Moteur	Réseau	Altivar 38				Référence avec filtres CEM intégrés ATV 38
		Puissance (kW)	Courant en ligne (A)	Courant nominal du variateur (A)	Courant transitoire maximum (A)	
0,75	3,1	2,1	2,3	55	HU 18N4	
1,5	5,4	3,7	4,1	65	HU 29N4	
2,2	7,3	5,4	6	105	HU 41N4	
3	10	7,1	7,8	145	HU 54N4	
4	12,3	9,5	10,5	180	HU 72N4	
5,5	16,3	11,8	13	220	HU 90N4	
7,5	24,3	16	17,6	230	HD 12N4	
11	33,5	22	24,2	340	HD 16N4	
15	43,2	30	33	410	HD 23N4	
18,5	42	37	41	670	HD 25N4	

12.4.3.  
VARIATEUR DE  
VITESSE  
POUR MOTEUR  
BRUSHLESS  
  
TYPE TWIN LINE  
DE SCHNEIDER  
ELECTRIC  
(TLC53)

**PRÉSENTATION :**

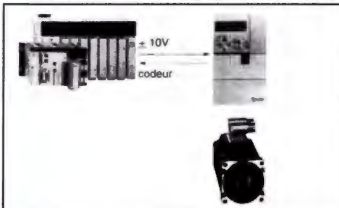
Les gammes de variateurs **UNIDRIVE** de **LEROY SOMER** ou **TWIN LINE** et **LEXIUM** de **SCHNEIDER-ELECTRIC** permettent de répondre aux exigences des multiples applications industrielles. Ils sont souvent associés à une commande séquentielle par automate programmable.

Ces nouveaux matériels sont raccordés directement sur le réseau de distribution électrique et alimentent directement le moteur. Les algorithmes de contrôle internes à ces variateurs permettent d'obtenir des performances maximales à des fréquences inférieures à 1 Hz.

**UNIDRIVE** de **LEROY SOMER** est un variateur universel qui permet l'alimentation de moteurs asynchrones standards en **U/f** linéaire, en **U/f** quadratique, en contrôle vectoriel de flux boucle ouverte et boucle fermée et l'alimentation des moteurs synchrones autopirotés (*servomoteur ou moteur brushless*). Les puissances s'échelonnent de 0,18 kW à 500 kW pour les moteurs asynchrones et les couples de 1 à 100 Nm pour les moteurs synchrones autopirotés.

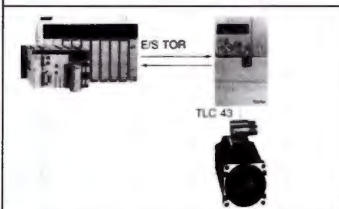
**TWIN LINE** et **LEXIUM** de **SCHNEIDER ELECTRIC** sont des variateurs qui permettent l'alimentation des moteurs synchrones autopirotés (*servomoteur ou moteur brushless*) en commande de mouvement. Les couples s'échelonnent de 0,3 à 100 Nm.

**UTILISATION DU VARIATEUR TWIN LINE de SCHNEIDER ELECTRIC.**



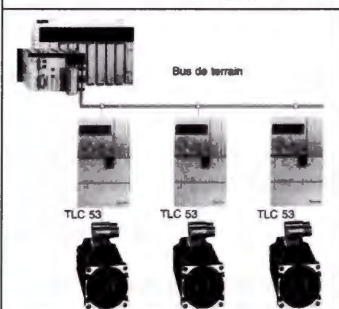
**- Commande Intégrée à l'automate :**

Les automates programmables proposent dans leurs gammes d'interfaces, des coupleurs de commande d'axes à sortie analogique assurant la fonction de positionnement. Ces modules permettent une facilité d'intégration et la mise en œuvre de la commande des mouvements dans les séquences de l'automatisme.



**- Commande par contrôle « Tout Ou Rien » :**

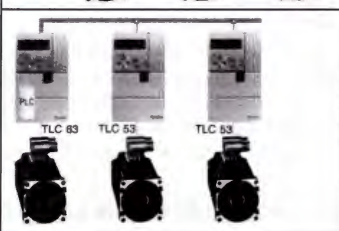
Ces variateurs disposent d'un positionneur contrôlé par les lignes d'entrées/sorties « Tout Ou Rien » d'un automate. Cette configuration simple permettant de disposer de toute la précision et de la réponse dynamique du variateur peut être suffisante dans des applications utilisant un petit nombre d'axes, peu synchronisés, et ne demandant pas un changement fréquent des réglages des variateurs.



**- Commande par bus de terrain :**

Ces variateurs apportent, en plus du positionneur intégré au variateur, le choix de la connexion à de nombreux bus de communication.

Cette possibilité de communication par des bus de terrain industriels élargit le champ des applications en facilitant les opérations de réglage et de maintenance à distance.



**- Contrôleur de mouvement programmable :**

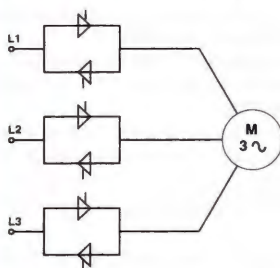
Afin de répondre aux applications demandant, en plus, un contrôle séquentiel simple avec des entrées/sorties sur un bus de terrain, les variateurs sont des contrôleurs de mouvement programmables en langages graphiques ou textuels d'automatiseurs, conformes à la norme CEI 61131. Ce variateur occupe la position de maître dans les applications multiaxes.

**EXEMPLE DE VARIATEURS TWIN LINE DANS LA GAMME TLC 53 :**

Moteur \ Variateur	3 A. 750 W. mono.	3 A. 1,5 kW. tri.	6 A. 3kW. tri.	16 A. 8 kW. tri.
12 000 min <sup>-1</sup> (1)	0,3 à 0,9 Nm (2) 0,8 à 3,6 Nm (3)			
6 000 min <sup>-1</sup> (1)	1,1 à 3,1 Nm (2) 2,4 à 6,4 Nm (3)	1,1 à 3,1 Nm (2) 2,4 à 6,4 Nm (3)	2,2 à 3,6 Nm (2) 7,8 à 11,5 Nm (3)	
6 000 min <sup>-1</sup> (1)	2,3 à 6,6 Nm (2) 4,6 à 15 Nm (3)	2,3 à 6,6 Nm (2) 4,6 à 15 Nm (3)	4,6 à 6,6 Nm (2) 14,5 à 25 Nm (3)	4,6 à 6,6 Nm (2) 18 à 25 Nm (3)
4 500 min <sup>-1</sup> (1)	4,3 à 8,3 Nm (2) 8,5 à 16,5 Nm (3)	4,3 à 8,3 Nm (2) 8,5 à 16,5 Nm (3)	8,5 à 13,4 Nm (2) 27 à 39 Nm (3)	10 à 13,4 Nm (2) 38 à 48 Nm (3)

(1) Fréquence de rotation maximale du moteur **BRUSHLESS**. (2) Couple continu. (3) Couple crête.

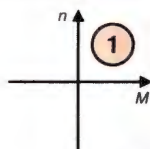
## SCHÉMA DE PUISSANCE D'UN DÉMARREUR PROGRESSIF : (TYPE LH4)



Le **LH4 N1** est un démarreur électronique progressif pour moteurs asynchrones triphasés à cage (gradateur). (Action sur la tension d'alimentation)  
Le **LH4 N2** reprend les fonctionnelles du LH4 N1 et assure en plus le ralentissement progressif du moteur entraîné.

### CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES :

– QUADRANT DE FONCTIONNEMENT

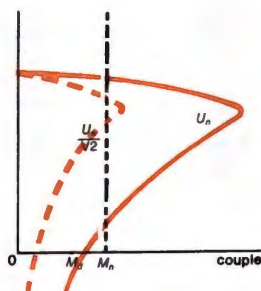


– Démarreur unidirectionnel un seul sens de rotation (gradateur à angle de phase) (L'inversion du sens de rotation peut être obtenue par contacteurs inverseurs)

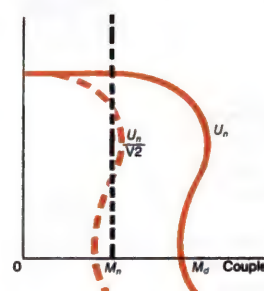
– COUPLE/VITESSE

– Moteur à simple cage :

– Moteur à double cage :



Il est nécessaire que le couple résistant au démarrage soit faible.



Le moteur doté d'une cage intérieure résistante est mieux adapté pour vaincre un couple résistant au démarrage plus élevé.

– GAMME DE PUISSANCE – Alimentation 3 x 230 V, 50/60 Hz : jusqu'à 22 kW.  
– Alimentation 3 x 400 V, 50/60 Hz : jusqu'à 45 kW.  
– Alimentation 3 x 460 V, 50/60 Hz : jusqu'à 60 kW.  
– Alimentation 3 x 690 V, 50/60 Hz : jusqu'à 75 kW.

– UTILISATIONS

– Démarrage progressif des moteurs asynchrones triphasés.  
– Tous démarrages nécessitant une réduction des appels de courant afin d'optimiser la distribution de la puissance.  
– Démarrage de pompes, ventilateurs, téléskis, tapis transporteurs, etc.

### EXEMPLE DE DÉMARREURS RALENTISSEURS PROGRESSIFS DANS LA GAMME LH4-N2

Courant $I_n$ (AC-3) (A)	6	12	22	32	44	72	85
Puissance maximale (kW) sous 230 V*	1,1	2,2	5,5	7,5	11	15	22
Puissance maximale (kW) sous 400 V*	3	5,5	11	15	22	37	45
Puissance maximale (kW) sous 460 V*	4	7,5	15	20	30	50	60
Puissance maximale (kW) sous 690 V*	–	–	–	30	37	55	75
Référence <b>LH4-N2</b>	06..7	12..7	25..7	30LY7	44LY7	72LY7	85LY7

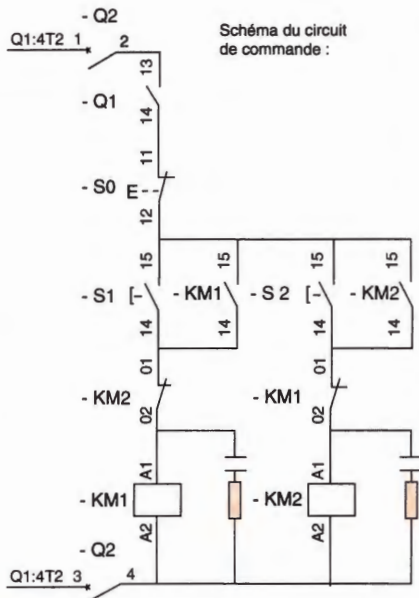
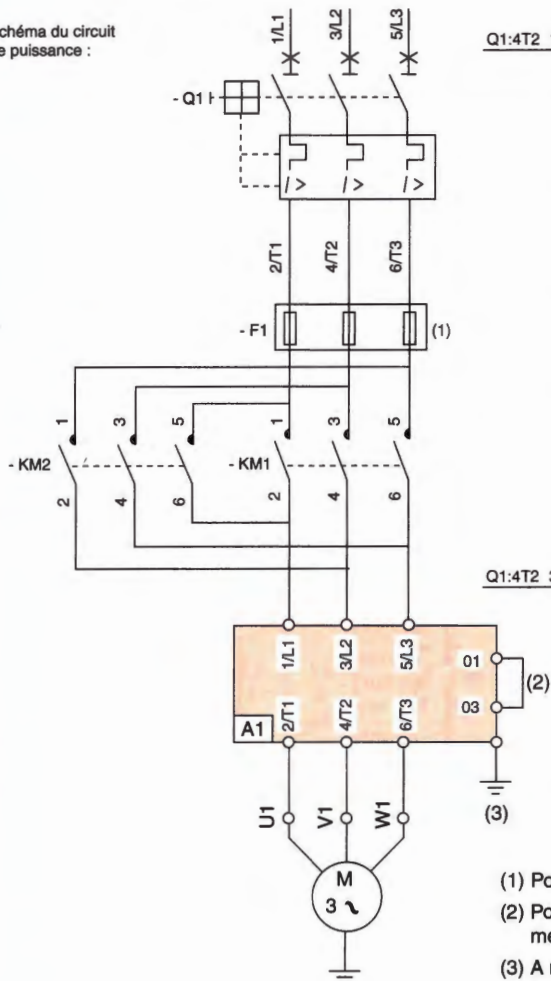
\* Tensions données par le constructeur.

12.4.4.  
DÉMARREUR  
RALENTISSEUR  
PROGRESSIF  
(ALTERNATIF/  
ALTERNATIF)  
TYPE LH4 DE  
SCHNEIDER-  
ELECTRIC

## RACCORDEMENT D'UN DÉMARREUR-RALENTISSEUR PROGRESSIF DE LA GAMME LH4

Exemple de commande automatique avec inversion du sens de marche sans ralentissement.

Schéma du circuit de puissance :



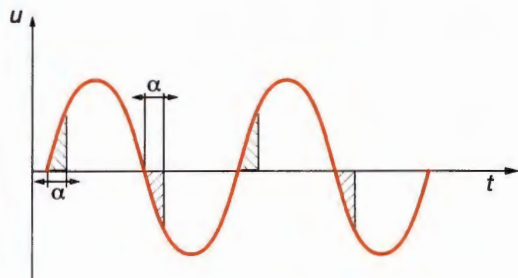
- (1) Pour assurer la coordination type 2.
- (2) Pont à réaliser pour les LH4-N2 seulement.
- (3) A réaliser à partir du LH4-N230Q7 seulement.

### • MAINTENANCE :

#### Mesurage :

**Note** : l'énergie haute fréquence émise par le démarreur-ralentisseur progressif peut perturber les appareils radio situés à proximité. Ces perturbations peuvent être atténuées en séparant les câbles alimentant le moteur du reste de l'installation et en ajoutant des filtres.

Mesure à l'oscilloscope de la tension délivrée par le démarreur-ralentisseur progressif.



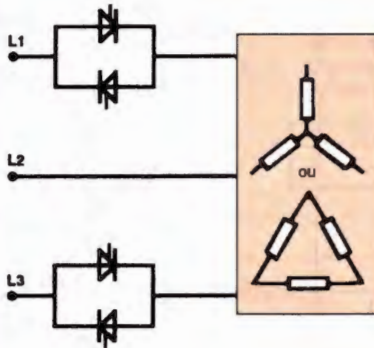
Le circuit de base, composé de 2 thyristors équivalents, montés tête-bêche, placé sur chaque phase permet, en fonction du moment ou de l'angle d'amorçage  $\alpha$ , d'alimenter une charge en tension variable et fréquence fixe.

Si  $\alpha$  diminue  $\rightarrow U$  augmente.

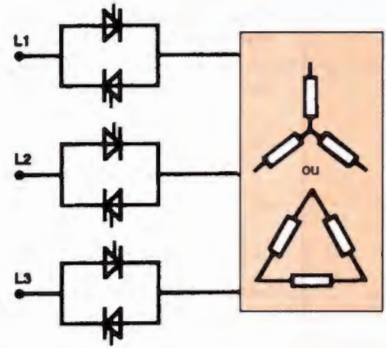
**12.4.5.  
CONVERTISSEUR  
ET  
CONTACTEUR  
STATIQUE  
POUR  
ÉLECTRO-  
THERMIE  
RÉSISTIVE  
TYPE :  
3RF1  
DE SIEMENS**

**• SCHÉMA DE PUISSANCE D'UN CONVERTISSEUR STATIQUE (TYPE 3RF1 DE SIEMENS) :**

Contacteur statique triphasé  
deux phases commandées :



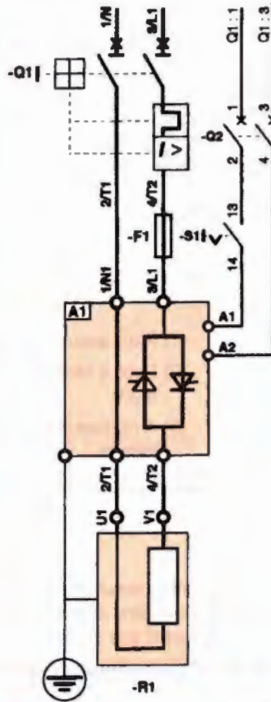
Contacteur statique triphasé  
trois phases commandées :



**• RACCORDEMENTS DE RELAIS STATIQUES DU TYPE 3RF1 :**

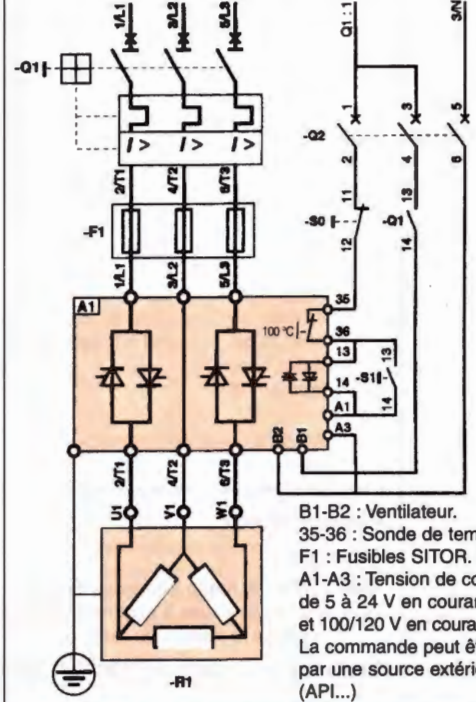
**Contacteur statique monophasé :**

Commande de résistance au 0 de tension.



**Contacteur statique triphasé deux phases commandées :**

Commande d'un groupe de trois résistances au 0 de tension.



B1-B2 : Ventilateur.  
35-36 : Sonde de température.  
F1 : Fusibles SITOR. (UR)  
A1-A3 : Tension de commande  
de 5 à 24 V en courant continu  
et 100/120 V en courant alternatif  
La commande peut être fournie  
par une source extérieure.  
(API...)




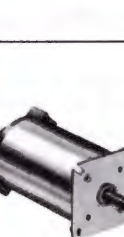


**EXEMPLES DE CONTACTEURS STATIQUES DE LA GAMME 3RF1 :**

Courant d'emploi : (A) à 40 °C en AC1	10	30	100	40	50
Tension d'emploi : (V)	240 mono	240 mono	480 mono	240 mono	480 tri
Tension de commande : (V)	5 à 24	5 à 24	5 à 24	200 à 240	5 à 24
Protection par fusibles UR : (SITOR)	continu 20	continu 63	continu 160	alternatif 20	continu 63
Référence <b>3RF1</b>	211-0FC04	211-0JC04	411-0RC04	211-OLA16	431-0MC04

# 13. LES MICROMOTEURS

## 13.1. GUIDE DE CHOIX DES MICROMOTEURS

(D'après CROUZET)

APTITUDES →  MICROMOTEURS ↓	FORME ↓ 	CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES ↓				UTILISATION ↓			EXEMPLES D'APPLICATION ↓
		<i>M</i> (mNm)	<i>P</i> (W)	<i>U</i> (v)	<i>n</i> (min <sup>-1</sup> )	Directe	Réduc- teur	Conver- tisseur	
<b>MOTEUR PAS À PAS À AIMANT PERMANENT</b>		20 à 300	5 à 12,5	3,6 à 12,9	7,5 ou 15°/pas 48 ou 24 pas par tour 600 pas/s maximum		•	•	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Photocopieurs</li> <li>• Machines à écrire</li> <li>• Imprimantes</li> <li>• Tables traçantes</li> <li>• Machines de jeux</li> <li>• Instrumentation</li> <li>• Périphériques informatiques</li> </ul>
<b>MOTEUR PAS À PAS HYBRIDE</b>		330 à 3 000	3,8 à 36	1,8 à 24	1,8 ou 3,6°/pas 200 ou 100 pas par tour 10000 pas/s maximum		•	•	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pompes médicales</li> <li>• Pousse-seringues</li> <li>• Distributeurs</li> <li>• Automobiles</li> <li>• Climatisation</li> <li>• Régulation</li> </ul> <p>(Positionnement précis sans boucle d'asservissement)</p>
<b>MOTEUR À COURANT CONTINU</b>		7 à 600	0,9 à 33	12 à 48	Jusqu'à 5 000	•	•	•	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Charge nécessitant un fort couple au démarrage</li> <li>• Fonctionnement à couples résistants ponctuellement très élevés (points durs)</li> <li>• La vitesse du moteur s'adapte au couple à fournir</li> </ul>
<b>MOTEUR ASYNCHRONE</b>		5,5 à 28 (au démarrage)	0,75 à 9,3	230 V 50 Hz	Jusqu'à 2 400	•	•	•	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mouvement de rotation ne nécessitant pas une grande précision</li> <li>• Puissance utile supérieure à celle disponible sur la gamme des moteurs synchrones</li> </ul>
<b>MOTEUR SYNCHRONE</b>		9 à 106 (accrochage)	0,54 à 2,65	230 V 50 Hz	Jusqu'à 600	•	•	•	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilisation du produit comme base de temps</li> <li>• Mouvement de rotation, nécessitant un effort relativement faible, à faible coût</li> </ul>

## 13.2. GUIDE DE CHOIX DU RÉDUCTEUR

(D'après CROUZET)

RAPPORT (R)	2,5	10	15	20	26	30	40	125/3	50	60	67,6	80	250/3	100	120	125	130	160
PAS À PAS		•	•	•		•	•	•		•		•	•	•	•	•		
CONTINU		•		•	•	•	•		•		•	•	•	•	•	•	•	•
ASYNCHRONE	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•		•	•	•	•	•
SYNCHRONE		•	•	•		•	•	•	•	•		•	•	•	•	•		•
RAPPORT (R)	200	250	338	375	500	650	800	1 000	1 200	1 500	2 400	3 000	5 000	9 600	12 000	18 000	36 000	72 000
PAS À PAS																		
CONTINU	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•			
ASYNCHRONE	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		
SYNCHRONE	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

Fig. 1 – Rapports de réduction les plus couramment utilisés.

### CHOIX D'UN MOTORÉDUCTEUR (MICROMOTEUR + RÉDUCTEUR)

Le choix s'effectue à partir :

- de la puissance utile désirée en sortie du réducteur ;
- de la fréquence de rotation souhaitée en sortie du réducteur.

$$P_u = M_n \frac{2\pi}{60}$$

$$R = \frac{n_r}{n}$$

$P_u$  : Puissance utile en W

$M$  : Couple à la sortie du réducteur en Nm ( $M \neq$  si  $n \neq$ )

$n$  : Fréquence de rotation sortie moteur en  $\text{min}^{-1}$

$n_r$  : Fréquence de rotation sortie réducteur en  $\text{min}^{-1}$

$R$  : Rapport de réduction (on utilise souvent l'inverse  $R$  pour éviter de manipuler des nombres inférieurs à 1)

## 13.3. DÉTERMINATION DES MICROMOTEURS

(D'après CROUZET)

### ÉLÉMENTS À PRENDRE EN COMPTE POUR CHOISIR UN MOTEUR PAS À PAS

#### - TENSION D'ALIMENTATION :

- Les tensions de sortie du convertisseur tension/fréquence sont de 12 ou de 24 V.
- Les tensions de fonctionnement des moteurs pas à pas s'échelonnent de 1,8 à 24 V.
- L'adaptation entre la tension du moteur et la tension du convertisseur se fait par l'intermédiaire d'une résistance  $R_s$  donnée par le constructeur.

#### - NOMBRE DE PAS :

- Il détermine l'angle de pas  $\alpha$

- 24 pas  $\rightarrow \alpha = 15^\circ/\text{pas}$
- 48 pas  $\rightarrow \alpha = 7,5^\circ/\text{pas}$
- 100 pas  $\rightarrow \alpha = 3,6^\circ/\text{pas}$
- 200 pas  $\rightarrow \alpha = 1,8^\circ/\text{pas}$

} pas à pas à aimant permanent  
pas à pas hybride

$$\alpha = \frac{360}{\text{nb de pas}}$$

$\alpha (^\circ)$

#### - TEMPÉRATURE AMBIANTE :

- Les moteurs pas à pas sont prévus pour fonctionner à une température ambiante de 25 °C.
- Si la température ambiante est supérieure à 25 °C, procéder à un déclassement du couple de 0,2 %/°C.

#### - COUPLES :

- Couple résiduel ou couple de détente (*detent torque*) : c'est le couple qu'il est nécessaire d'appliquer au rotor pour occasionner sa rotation moteur non alimenté (de 0,003 à 0,2 Nm)
- Couple statique ou couple de maintien (*holding torque*) : c'est le couple qu'il est nécessaire d'appliquer au rotor pour occasionner sa rotation, le moteur étant alimenté deux phases à la fois (de 0,02 à 3 Nm).

### 13.3.1 MOTEUR PAS À PAS

– NOMBRE DE PHASES

C'est le nombre de bobines d'un moteur pas à pas caractérisées par :

- la tension par phase  $U$  (V) ;
- l'intensité par phase  $I$  (A) ;
- la constante de temps électrique  $L/R$  (s) ;

- la résistance par phase  $R$  ( $\Omega$ ) ;
- l'inductance par phase  $L$  (H) ;
- la température maximale du bobinage  $t^\circ$  ( $^\circ\text{C}$ ).

– FRÉQUENCE D'ARRÊT/DÉMARRAGE (START/STOP)

- C'est la fréquence maximum des impulsions de commande qui permet au moteur de démarrer, de s'arrêter ou de changer de sens de rotation sans perdre de pas.
- La Fig. 2 indique une première zone (ZONE I) dans laquelle arrêts et démarrages se font sans perte de pas et une seconde zone (ZONE II) correspondant à un entraînement maximum sans contrôle du nombre de pas.

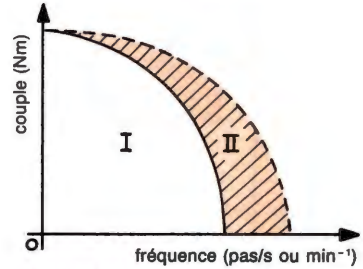
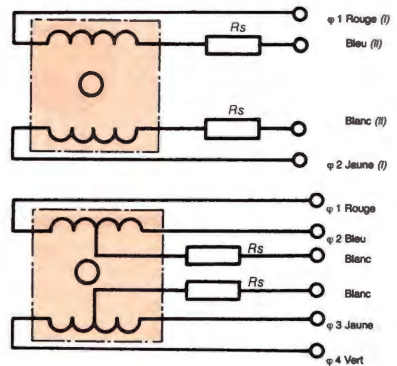


Fig. 2 – Couple en fonction de la fréquence

REPÉRAGE DES CIRCUITS INTERNES D'UN MOTEUR PAS À PAS :

- Moteur pas à pas 2 phases : (angle de pas :  $\alpha = 1,8^\circ$ )  
Les résistances  $R_s$  permettent d'adapter la tension délivrée par le convertisseur à la tension moteur. Ces résistances  $R_s$  sont données par le constructeur.
- Moteur pas à pas 4 phases : (angles de pas :  $\alpha = 1,8^\circ$ )  
Les résistances  $R_s$  permettent d'adapter la tension délivrée par le convertisseur à la tension moteur. Ces résistances sont données par le constructeur.



Exemple

– CAHIER DES CHARGES :

- Moteur pas à pas à aimant permanent 48 pas/tour (type 82 920 CROUZET) sans réducteur.
- Fréquence maximum : 500  $\text{min}^{-1}$ .

- Couple maximum : 15 mNm.
- Température ambiante : 30  $^\circ\text{C}$  maximum.
- Alimentation du convertisseur : 24  $V_{cc}$

– DONNÉES CONSTRUCTEUR :

- Caractéristiques du moteur : (à 25  $^\circ\text{C}$ )

Pour  $U$  convertisseur = 24  $V_{cc}$  :

- Nombre de phases : 2.
- Résistance par phase : 10,7  $\Omega$ .
- Inductance par phase : 24 mH.
- Intensité par phase : 0,42 A.
- Puissance absorbée : 3,8 W.
- Tension par phase : 4,5 V.
- Couple de maintien : 60 mNm.
- Couple de détente : 12 mNm.
- Résistance d'isolement :  $> 10^3$  M $\Omega$ .
- Tension d'isolement :  $> 600$  V.
- Inertie du rotor : 18,8 g/cm $^2$ .
- Angle de pas : 7,5 $^\circ$ .
- Masse du moteur : 210 g.

Résistance série ( $R_b$ ) : 40  $\Omega$

- Température maximum du bobinage : 120  $^\circ\text{C}$ .
- Température de stockage : - 40 à + 100  $^\circ\text{C}$ .
- $R_{th}$  bobinage/air ambiant : 9,3  $^\circ\text{C/W}$ .

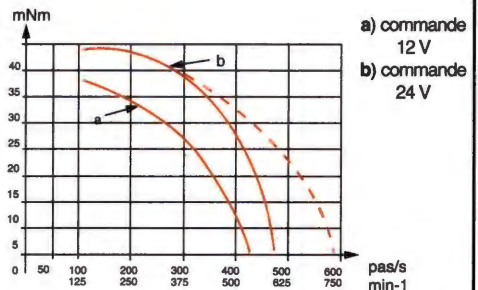


Fig. 3 – Courbes de fréquence maximum en arrêt/démarrage (à 25  $^\circ\text{C}$ ).

- en traits pleins : courbe limite en arrêt/démarrage.
- en traits pointillés : courbe limite d'entraînement

– SOLUTION :

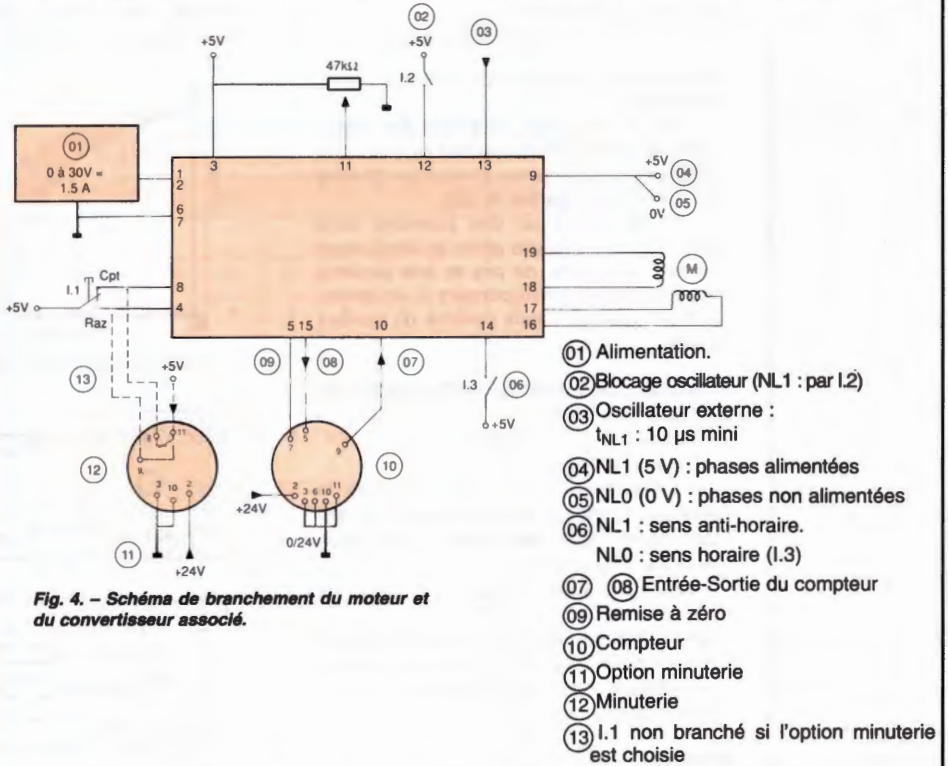
- Couple maximum à 500  $\text{min}^{-1}$  pour une commande 24 V  $\rightarrow$  20 mNm.
- Température ambiante : 30  $^\circ\text{C}$ .
- Déclassement  $\rightarrow$  (30 - 25) 0,2 = 1 %
- Le couple est ramené à 19,8 mNm (supérieur aux 15 mNm nécessaires)

**MOTEUR PAS À PAS**

**RACCORDEMENT DES MOTEURS PAS À PAS**

– Commande électronique à tension constante pour moteurs pas à pas 2 et 4 phases :

$U_{1-6}$  : 30 V<sub>maxi</sub>  $I_1$  : 1,5 A<sub>maxi</sub>  $I_{phase}$  : 0,5 V<sub>maxi</sub> Logique : 5 V ± 10 % (NL1 : 3 à 5 V. NL0 : 0,5 V<sub>maxi</sub>).

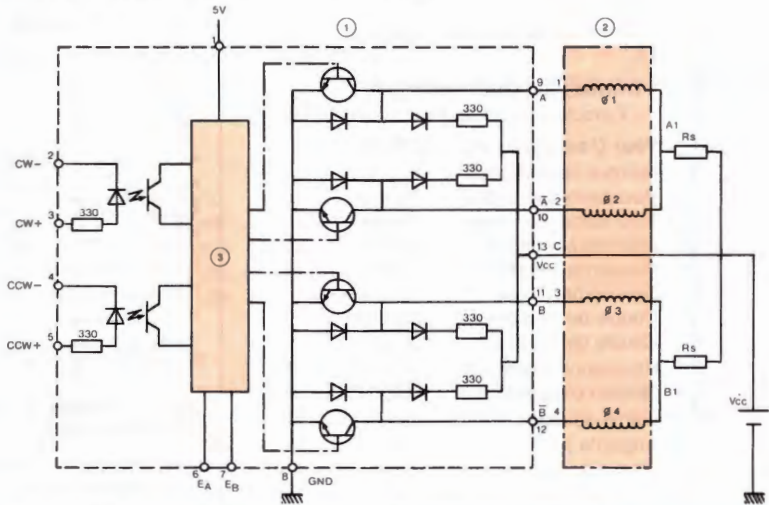


**Fig. 4. – Schéma de branchement du moteur et du convertisseur associé.**

– Commande électronique à tension constante pour moteurs hybrides 4 phases :

$V_{cc\ max}$  d'alimentation : 50 V.  $I_{max}$  par phase : 3 A.

Logique : 5 V ± 10 % (NL1 = 3 à 5 V • NL0 = 0,5 V<sub>maxi</sub>)



**Fig. 5 – Schéma de branchement un moteur et du convertisseur associé.**

- (1) Limite de la carte électronique.
- (2) Moteur 4 phases
- (3) Pilotage

Fonctionnement	$E_A$	$E_B$	Sens	Entrée
1 phase à la fois	1	0	horaire	2-3
2 phases à la fois	0	1	anti-horaire	4-5
Alternativement 1 phase – 2 phases (fonctionnement en 1/2 pas)	1	1	Les impulsions reçues en 2-3 ou en 4-5 sont envoyées par microprocesseur ou automate.	

## ÉLÉMENTS À PRENDRE EN COMPTE POUR CHOISIR UN MOTEUR À COURANT CONTINU

– CARACTÉRISTIQUES DE FONCTIONNEMENT :

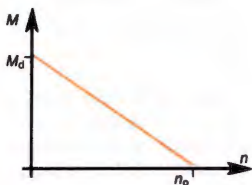


Fig. 6 – Courbe mécanique  
 $M = f(n)$

$M$  : couple moteur (Nm)  
 $M_d$  : couple de démarrage (Nm)  
 $n$  : fréquence de rotation ( $\text{min}^{-1}$ )  
 $n_o$  : fréquence de rotation à vide ( $\text{min}^{-1}$ )

La caractéristique  $M = f(n)$  est linéaire. Elle dépend de la tension d'alimentation du moteur.

Si  $U' = k_u \cdot U$  alimentation :  
 ( $0,75 U \leq U' \leq 1,5 U$ )

$$\rightarrow M'_d = k_u \cdot M_d$$

$$\rightarrow n'_o = k_u \cdot n_o$$

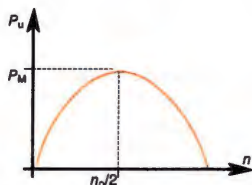


Fig. 7 – Courbe mécanique  
 $P_u = f(n)$

$P_u$  : puissance utile (W)  
 $P_{uM}$  : puissance utile maximale (W)  
 $n$  : fréquence de rotation ( $\text{min}^{-1}$ )  
 $n_o$  : fréquence de rotation à vide ( $\text{min}^{-1}$ )

$$P_u = M \frac{2\pi n}{60}$$

Si  $U' = k_u \cdot U$  alimentation :

( $0,75 U \leq U' \leq 1,5 U$ )

$$\rightarrow n'_o = k_u \cdot n_o$$

$$\rightarrow P'_u = k_u^2 P_u$$

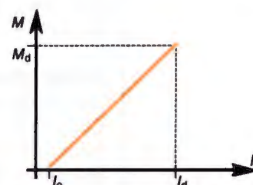


Fig. 8 – Courbe electromécanique  
 $M = f(I)$

$M$  : couple moteur (Nm)  
 $M_d$  : couple de démarrage (Nm)  
 $I$  : courant (A)  
 $I_d$  : courant de démarrage (A)  
 $I_o$  : courant à vide (A)

$$M = k_M (I - I_o) - M_f$$

$M_f$  : couple de frottement en rotation (Nm)

$k_M$  : constante de couple (Nm/A)

Cette caractéristique ne dépend pas de l'alimentation du moteur.

### 13.3.2. MOTEUR À COURANT CONTINU

– ÉCHAUFFEMENT :

Le point nominal de fonctionnement ne doit pas entraîner un échauffement maximal qui, ajouté à la température ambiante de 20 °C, n'excède pas 150 °C.

– MOTORÉDUCTEUR : (§ 13.2. Fig. 1)

– Déterminé à partir de la fréquence de rotation souhaitée en sortie de réducteur.

$$R' = n_r / n_o$$

$n_r$  : fréquence de rotation en sortie de réducteur ( $\text{min}^{-1}$ )

$n_o$  : fréquence de rotation de base du moteur ( $\text{min}^{-1}$ )

– Déterminé à partir de la puissance utile souhaitée en sortie de moteur :

$$n = \frac{1}{2} \left( n_o + \sqrt{n_o^2 - \frac{4 P_u}{A}} \right) \text{ avec } A = \frac{M_d \cdot n}{30 \cdot n_o}$$

$n$  : fréquence de rotation moteur ( $\text{min}^{-1}$ )

$n_o$  : fréquence de rotation à vide moteur ( $\text{min}^{-1}$ )

$P_u$  : puissance utile moteur souhaitée (W)

$M_d$  : couple de démarrage du moteur (Nm)

$$R' = \frac{n_r}{n}$$

$n_r$  : fréquence de rotation en sortie de réducteur ( $\text{min}^{-1}$ )

$n$  : fréquence de rotation du moteur ( $\text{min}^{-1}$ )

**Exemple :**

– CAHIER DES CHARGES :

Moteur à courant continu (**type 82810 CROUZET**).

Fréquence de rotation de la charge : 52  $\text{min}^{-1}$ .

Couple résistant : 500 mNm.

Couple de démarrage : 2 000 mNm.

Température ambiante : 20 °C.

Alimentation : 24 V<sub>cc</sub>.

**MOTEUR À COURANT CONTINU**

**- DONNÉES CONSTRUCTEURS**

**Caractéristiques à vide du moteur :**

Tension nominale.....(V)	12	24	48
Fréquence de rotation ....(min <sup>-1</sup> )	3 100		
Puissance absorbée.....(W)	3,7	3,6	3,6
Courant absorbé.....(A)	0,31	0,15	0,076

**Caractéristiques nominales du moteur :**

Fréquence de rotation ....(min <sup>-1</sup> )	2 000		
Couple .....(mNm)	45	41,5	39,4
Puissance utile.....(W)	9,4	8,7	8,2
Puissance absorbée.....(W)	18,6	12,7	13
Courant absorbé.....(A)	1,55	0,53	0,27
Échauffement boîtier.....(°C)	60	40	45
Rendement.....(%)	50	68	63
Rotation de base n <sub>b</sub> .....(min <sup>-1</sup> )	2 600		

**Caractéristiques générales :**

Tension nominale.....(V)	12	24	48
Puissance utile maximum.....(W)	10,3	9,5	9
Couple de démarrage.....(mNm)	127	117	111
Courant de démarrage.....(A)	3,84	1,64	0,84
Résistance.....(Ω)	3,1	14,6	57,1
Self.....(mH)	2,5	10,7	43,5
Constante de couple.....(Nm/A)	0,036	0,0785	0,144
Constante de temps élect.....(ms)	0,8	0,73	0,76
Constante de temps méca.....(ms)	19	17	20
Constante de temps therm.....(min)	10	10	10
Inertie.....(g/cm <sup>2</sup> )	80	72	72
Masse.....(g)	300		
Durée de vie.....(h)	3 000		
Masse du réducteur.....(g)	400		

**Courbes caractéristiques :**

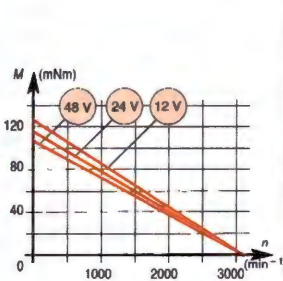


Fig. 9 - Courbes M<sub>(n)</sub> du moteur seul

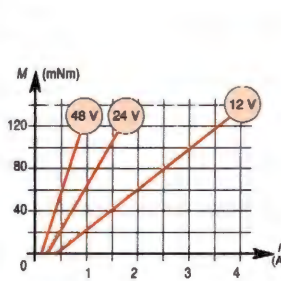


Fig. 10 - Courbes M<sub>(i)</sub> du moteur seul

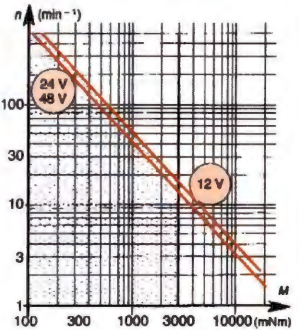


Fig. 11 - Courbes n<sub>(M)</sub> du motorréducteur.

**- SOLUTION :**

Choix du rapport du réducteur (§ 13.2. Fig. 1)  $R = n_r/n_b \rightarrow R = 1/R = 2\ 600/52 = 50$

La courbe (Fig. 11) : autorise le démarrage ( $M_d \text{ maxi} > M_d$ ) et donne le point de fonctionnement (52 min<sup>-1</sup> - 500 mNm) dans la plage d'utilisation du motorréducteur.

**ÉLÉMENTS À PRENDRE EN COMPTE POUR CHOISIR UN MOTEUR ASYNCHRONE**

**- CARACTÉRISTIQUES DE FONCTIONNEMENT :**

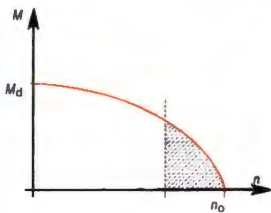


Fig. 12 - Courbes M<sub>(n)</sub> pour un moteur couple

M : couple moteur (Nm)  
 M<sub>d</sub> : couple de démarrage (Nm)  
 n : fréquence de rotation (min<sup>-1</sup>)  
 n<sub>o</sub> : fréquence de rotation à vide (min<sup>-1</sup>)

La partie hachurée représente la zone de stabilité

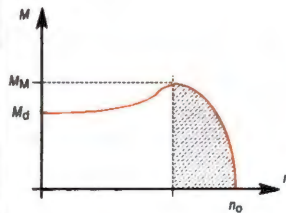


Fig. 13 - Courbes M<sub>(i)</sub> pour un moteur standard.

M : couple moteur (Nm)  
 M<sub>d</sub> : couple de démarrage (Nm)  
 M<sub>M</sub> : couple maximum (Nm)  
 n : fréquence de rotation (min<sup>-1</sup>)  
 n<sub>o</sub> : fréquence de rotation à vide (min<sup>-1</sup>)

La partie hachurée représente la zone de stabilité.

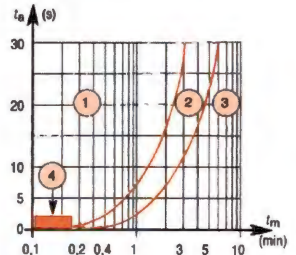


Fig. 14 - Facteur de marche U = 230 V, t<sub>a</sub> = 20°C

t<sub>a</sub> : temps d'arrêt (s)  
 t<sub>m</sub> : temps de marche (min)

- ① Zone de fonctionnement possible
- ② Zone de fonctionnement limité
- ③ Zone de fonctionnement interdit
- ④ Zone de fonctionnement pour un facteur de marche de 50 % cycles courts (< 10 s).

**13.3.3 MOTEUR ASYNCHRONE**

- MOTORÉDUCTEUR :
  - Déterminé à partir du couple et de la fréquence de rotation en sortie de réducteur.
  - La puissance utile  $P_u = M \Omega$  ne peut pas dépasser la valeur maximum.
  - Si  $\Omega \propto M \nearrow$ .

**Exemple**

- **CAHIER DES CHARGES :**

Moteur asynchrone (type 82640 CROUZET)  
 Fréquence de rotation de la charge : 5,2 min<sup>-1</sup>  
 Couple résistant : 4 Nm  
 Couple de démarrage : 5 Nm  
 Alimentation : 230 V 50 Hz.

- **DONNÉES CONSTRUCTEUR :**

Caractéristiques du moteur :

Tension nominale.....(V)	230
Fréquence.....(Hz)	50
Fréquence de rotation à vide.....(min <sup>-1</sup> )	2 850
Rotation de base $n_b$ .....(min <sup>-1</sup> )	2 600
Puissance absorbée.....(W)	30
Puissance utile à 2000 min <sup>-1</sup> .....(W)	6,7
Couple de démarrage.....(mNm)	23
Facteur de puissance.....(cos $\varphi$ )	0,61
Échauffement.....(°C)	75
Ambiance.....(°C)	- 5 à + 60
Masse.....(g)	980

Caractéristiques avec réducteur :

Puissance absorbée.....(W)	27
Masse motoréducteur.....(g)	1700

- **SOLUTION :**

Choix du rapport du réducteur (§ 13.2. Fig. 1)  
 $R = n_r / n_b \rightarrow R = 1/R' = 2\ 600/5,2 = 500$   
 La courbe (Fig. 16) autorise le démarrage ( $M_d \text{ maxi} > M_d$ ) et donne le point de fonctionnement (5,2 min<sup>-1</sup> - 4 Nm) dans la plage d'utilisation du motoréducteur.

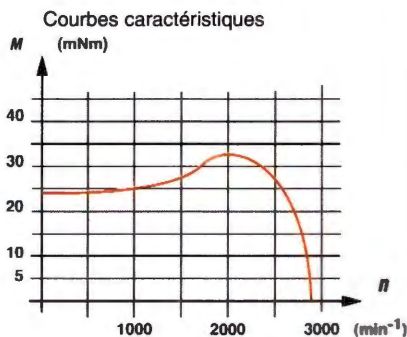


Fig. 15 - Courbe  $M(n)$  du moteur seul.

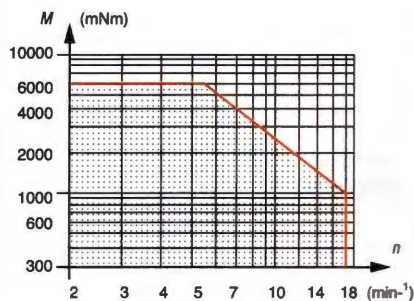


Fig. 16 - Courbe  $M(n)$  du motoréducteur.

**ÉLÉMENTS A PRENDRE EN COMPTE POUR CHOISIR UN MOTEUR SYNCHRONE.**

- FRÉQUENCE DE ROTATION ( $n$ ) :

$$n = 60 \frac{f}{p}$$

$n$  : fréquence de rotation (min<sup>-1</sup>)  
 (indépendante de la charge pour une fréquence donnée)  
 $f$  : fréquence (Hz)  
 $p$  : nombre de paires de pôles.

**Avantages :** démarrages très courts. Arrêts instantanés.

- SENS DE ROTATION :

Il est défini par construction pour les moteurs un seul sens. Pour les moteurs deux sens, utilisation de condensateurs.

- COUPLE ( $M$ ) :

$M_d$  : couple de décrochage (Nm).  
 (Couple résistant qui fait perdre le synchronisme.)

$M_a$  : couple d'accrochage (Nm).  
 (Couple développé au démarrage et à la vitesse de synchronisme.)

$n_s$  : vitesse de synchronisme (min<sup>-1</sup>).

- MOTORÉDUCTEUR :

Choix identique au motoréducteur (§ 13.3.3).

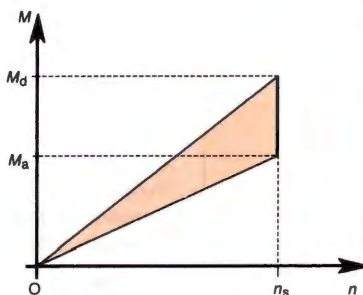
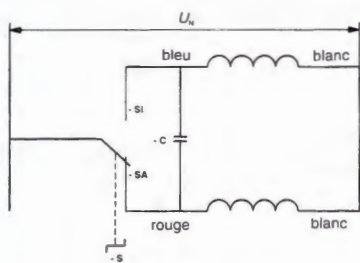


Fig. 17 - Courbe  $M(n)$  d'un moteur synchrone.

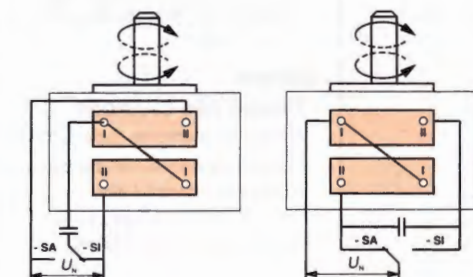
**13.3.4.  
MOTEUR  
SYNCHRONE**

## RACCORDEMENT DES MOTEURS SYNCHRONES



- SA : sens de rotation des aiguilles d'une montre.  
 S1 : sens de rotation inverse.  
 C : condensateur assurant la formation d'un champ tournant circulaire.

Fig. 18 - Schéma de branchement.



Raccordement en parallèle  
(le plus utilisé)

Raccordement en série  
(utilisable sous 230 V seulement)

Fig. 19 - Schémas de raccordement.

### Exemple

#### - CAHIER DES CHARGES :

Moteur synchrone ferrite 2 sens de marche  
(type 82470 CROUZET).  
 Fréquence maximum : 1,2 min<sup>-1</sup>  
 Couple maximum : 1 Nm  
 Alimentation : 48 V 50 Hz

#### - DONNÉES CONSTRUCTEUR :

##### Caractéristiques du moteur :

Fréquence de rotation .....	(min <sup>-1</sup> )	600
Fréquence .....	(Hz)	50
Puissance absorbée .....	(W)	4,5
Puissance utile .....	(W)	0,54
Couple d'accrochage M <sub>a</sub> .....	(mNm)	9
Couple de décrochage M <sub>d</sub> .....	(mNm)	12
Température ambiante .....	(°C)	- 5 à 60
Échauffement .....	(°C)	55
Inertie pouvant être accrochée ...	(g/cm <sup>2</sup> )	4,25
Nombre de démarrages .....		illimité
Résistance d'isolement .....	(MΩ)	7,5 · 10 <sup>3</sup>
Tension disruptive (50 Hz) .....	(V)	2 400
Masse du moteur .....	(g)	170
Condensateur pour 48 V 50 Hz .....		2,2 μF 150 V
Autres tensions de fonctionnement ...	(V)	12, 24, 48, 115, 127, 240
Masse du réducteur .....	(g)	750

MOTEUR  
SYNCHRON

Courbes caractéristiques

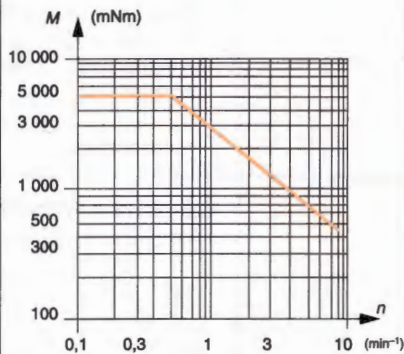


Fig. 20 - Courbe M(n) du motoréducteur.

#### - ALIMENTATION :

##### Caractéristiques principales de l'onduleur CROUZET :

Tension d'alimentation : 24 à 48 V<sub>CC</sub>.  
 Tension de sortie de même amplitude que la tension d'alimentation.  
 Signaux rectangulaires à 50 Hz ± 3 % à vide ou en charge.  
 Puissance de sortie : 10 VA.  
 Température d'utilisation : - 10 à + 50 °C.  
 Protection assurée contre les inversions de polarité.

#### - SOLUTION :

Choix du rapport de réduction (§ 13.2. Fig. 1)

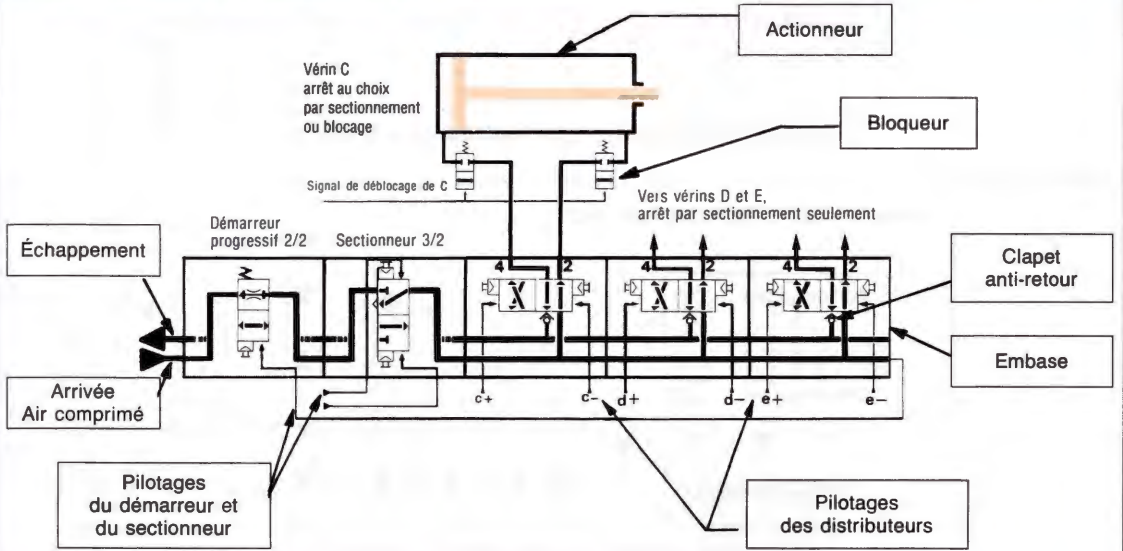
$$R = n_r / n_b \rightarrow R = 1/R = 600/1,2 = 500$$

Le point de fonctionnement (1,2 min<sup>-1</sup> - 1 Nm) se situe dans la plage d'utilisation du motoréducteur.

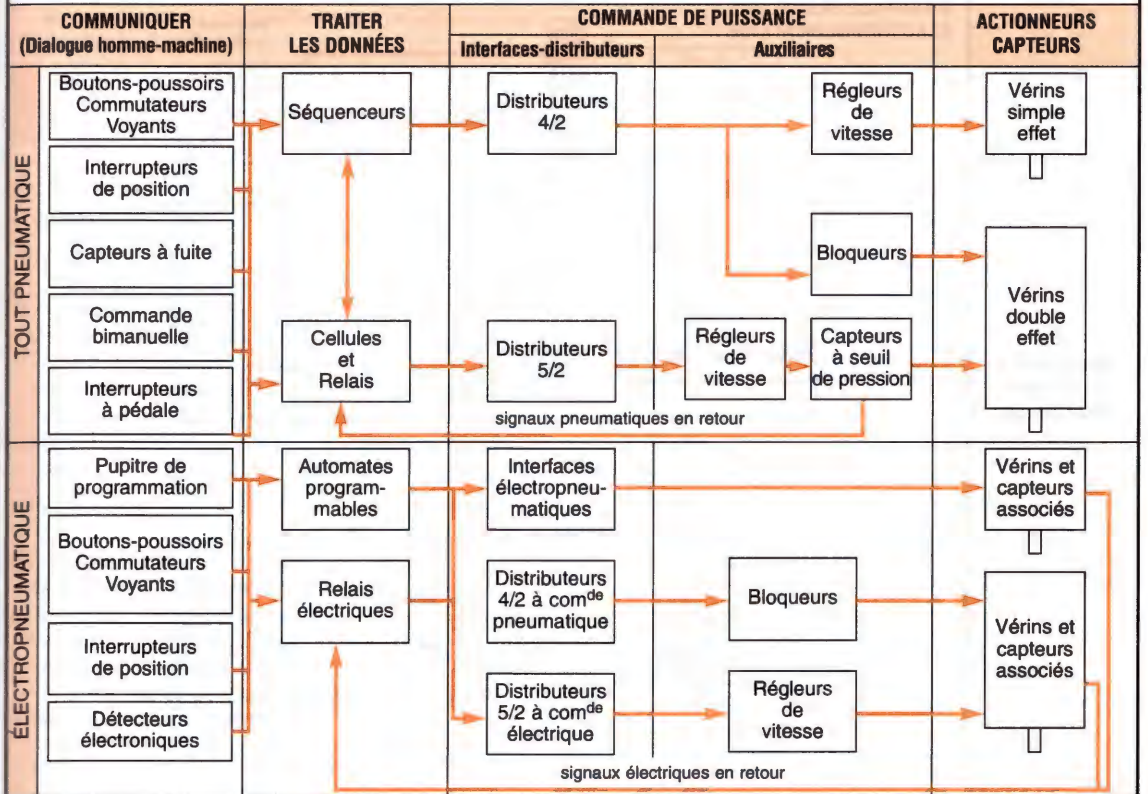
# 14. LES VÉRINS PNEUMATIQUES ET LES VÉRINS ÉLECTRIQUES

## 14.1. STRUCTURE GÉNÉRALE D'UNE INSTALLATION

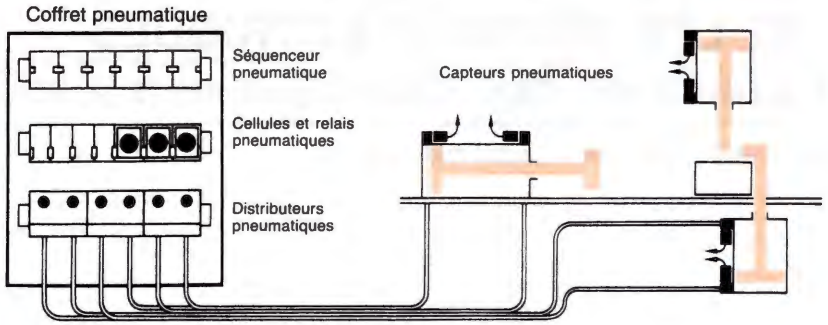
SCHÉMA GÉNÉRAL D'UNE INSTALLATION PNEUMATIQUE



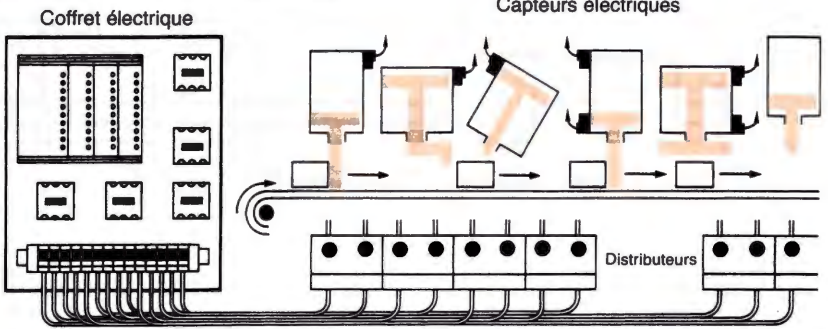
ÉTUDE COMPARATIVE D'UNE INSTALLATION TOUT PNEUMATIQUE ET D'UNE INSTALLATION ÉLECTROPNEUMATIQUE



**Automatisation TOUT PNEUMATIQUE**

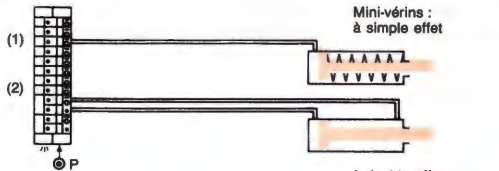


**Automatisation ÉLECTROPNEUMATIQUE**

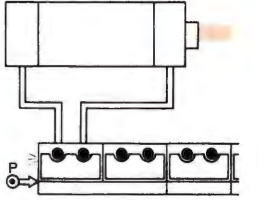


**INTERFACE MODULAIRE  
ÉLECTROPNEUMATIQUE**

- (1) Module à 1 sortie
- (2) Module à 2 sorties

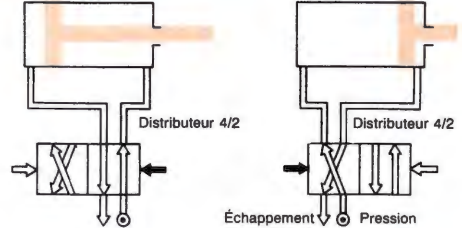


Vérin à double effet

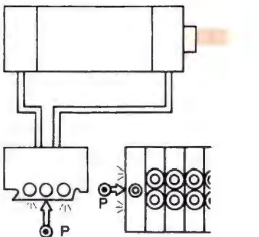


Distributeurs 4/2 associés sur embase

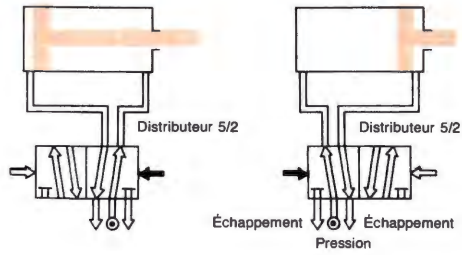
à double effet



Vérin à double effet



Distributeurs 5/2 empilables



# 14.2. DÉTERMINATION D'UN VÉRIN PNEUMATIQUE

## 14.2.1. DÉMARCHÉ

### DEUX COTES DÉTERMINENT LE VÉRIN :

- La course  $C$ .
- Le diamètre  $D$ .

### DÉTERMINATION DE LA COURSE

- Elle est fonction de la longueur du déplacement.
- On peut soit :
  - faire buter sur les 2 fonds du vérin ;
  - limiter extérieurement la course, à une extrémité ou aux deux extrémités :
    - soit par le travail à réaliser (serrage, marquage...);
    - soit par une butée fixe ;
    - soit par une butée réglable.

### DÉTERMINATION DU DIAMÈTRE

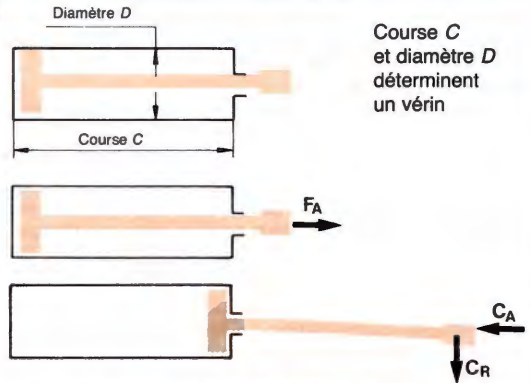
- Le diamètre ( $D$ ) du vérin dépend de l'effort théorique axial ( $F_A$ ) développé et de la pression ( $P$ ) d'alimentation.
- Pendant le déplacement, le vérin ne peut développer qu'une partie de cet effort (un taux de charge permet de calculer l'effort dynamique réellement développé).
- Du diamètre nominal du vérin résultent :
  - l'aptitude des guidages à supporter une charge radiale ( $C_R$ ) ;
  - l'aptitude de la tige à résister au flambage et à la flexion ;
  - les capacités d'amortissement du vérin.
- Charges pratiques - Taux de charge :
  - En cours de déplacement, l'effort de poussée est toujours inférieur à la poussée théorique, on utilise un taux de charge ( $t$ ) défini par :

$$\text{taux de charge} = \frac{\text{charge pratique}}{\text{poussée théorique}} = t = \frac{C}{P \cdot S} \leq 1$$

- $t$  choisi dépend :
  - des frottements internes au vérin (de 0,05 à 0,1) ; des poussées développées, selon les diamètres et selon la lubrification ;
  - de la contre-pression d'échappement nécessaire à l'obtention d'un mouvement régulier à vitesse contrôlée.
- Charge dynamique - Charge statique :
  - Charge dynamique au long de la course : C'est le cas le plus général (vérins de transfert, soulevant une charge, actionnant un mécanisme, etc.)  $t \approx 0,6$ .
  - Charge statique en fin de course seulement : Vérins destinés à appliquer une force statique en fin de course (vérins de serrage, de marquage, de bridage, etc.)  $t \approx 1$ .

### DÉTERMINATION DES VÉRINS EN FONCTION DE LA CHARGE RADIALE ET DE LA DURÉE DE VIE

- L'action de la charge radiale sur les guidages d'un vérin est souvent inévitable et elle est due :
  - au poids d'un outillage déplacé par la tige ;
  - au poids du vérin monté en oscillant arrière.
- Durée de vie des joints :
  - seule la distance parcourue par les joints provoque leur usure.



$$F_A = P \cdot S = P \frac{\pi D^2}{4}$$

$$F_A : \text{daN}, P : \text{bar}, S : \text{cm}^2$$



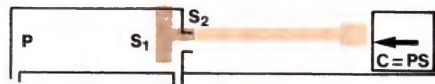
Poussée théorique d'un vérin, pression côté chambre arrière.



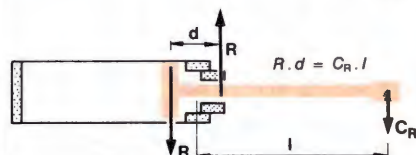
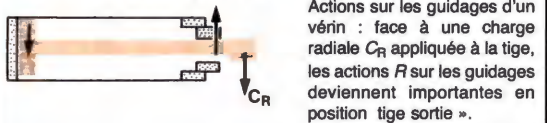
Poussée théorique d'un vérin, pression côté chambre avant.



Vérin utilisé en dynamique :  $t \approx 0,6$ .



Vérin utilisé en statique :  $t \approx 1$ .



## 14.2.2. DÉTERMINATION DU DIAMÈTRE D'UN VÉRIN PNEUMATIQUE

(D'après ASCO-JOUCOMATIC)

### EFFORT DYNAMIQUE DÉVELOPPÉ PAR UN VÉRIN

$F = \text{Pression} \times \text{Surface du piston} \times \text{Rendement}$

Le rendement d'un vérin dépend du diamètre du vérin, de la pression et de paramètres d'ordre mécanique.

Les abaques et tableaux ci-dessous définissent les efforts dynamiques développés par les vérins en sortie et rentrée de tige, en fonction de la pression d'alimentation.

### TAUX DE CHARGE

C'est le rapport, exprimé en pourcentage, entre la charge réelle à déplacer par le vérin et l'effort dynamique disponible en bout de tige.

$$\text{Taux de charge (en \%)} = \frac{\text{Charge réelle}}{\text{Effort dynamique}} \times 100$$

Pour une utilisation optimale du vérin, il est recommandé de définir un vérin tel que le taux de charge soit inférieur ou égal à 75 %.

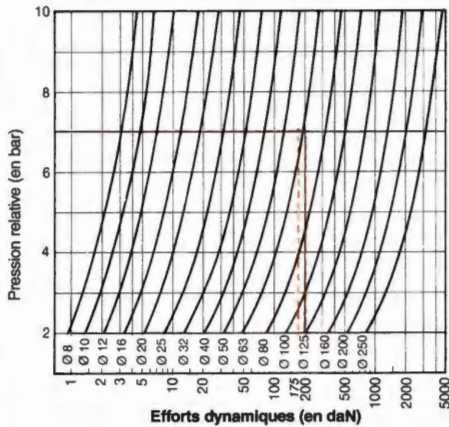
**Exemple :** Définition d'un vérin pour soulever une charge de 130 daN à une pression de 7 bars relatifs (manométriques).

$$\text{Effort dynamique théorique} = \frac{\text{charge réelle}}{\text{taux de charge}} = \frac{130}{0,75} = 175 \text{ daN}$$

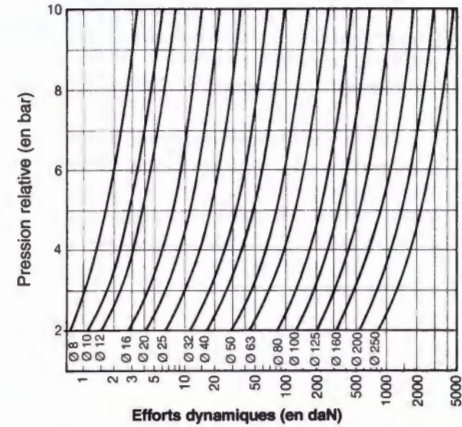
Dans l'abaque « sortie de tige », définir le point de rencontre entre l'effort dynamique ainsi calculé et la pression d'alimentation. Le diamètre du vérin nécessaire sera celui dont la courbe passe par ce point ou celui développant un effort immédiatement supérieur. Dans l'exemple cité : 175 daN est situé entre le Ø 50 et le Ø 63 mm. Le vérin recommandé est le Ø 63 mm qui développe 200 daN à 7 bars et le taux de charge réel est de :

$$\frac{130 \text{ daN}}{200 \text{ daN}} \times 100 = 65 \%$$

### EFFORTS DÉVELOPPÉS EN SORTIE DE TIGE



### EFFORTS DÉVELOPPÉS EN RENTRÉE DE TIGE



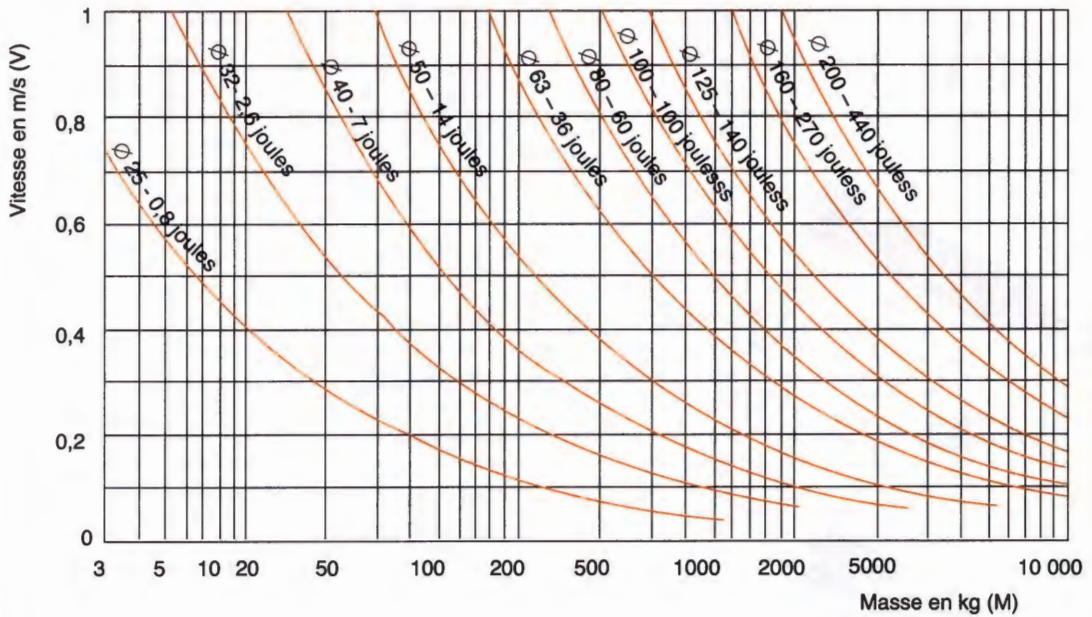
### EFFORTS DÉVELOPPÉS PAR LES VÉRINS

Ø Vérin (mm)	Ø Tige (mm)	Section du piston (cm <sup>2</sup> )		Efforts dynamiques développés, en daN, en fonction de la pression d'alimentation (bar)									
				2		4		6		8		10	
		●	○	●	○	●	○	●	○	●	○	●	○
8	4	0,5	0,4	0,8	0,3	1,7	1,3	2,7	2	3,6	2,7	4,6	3,4
10	4	0,8	0,6	1,4	1,1	2,6	2,3	4,2	3,4	5,7	4,6	7,5	6
12	6	1,1	0,8	2,2	1,5	4,1	3,1	6	4,4	8,5	6,2	10,5	8
16	6	2	1,7	3,4	2,8	7,5	6	10	9,2	15	12	19	15
20	10	3,1	2,3	5,5	4,2	12	9	16	13,5	23	18	30	22
25	12	4,9	3,8	8,5	6,5	18	14	27	22	38	29	48	36
32	12	8	6,9	13	11,5	30	25	46	40	62	52	77	66
40	18	12,6	10	21	17	46	37	70	57	95	77	122	97
50	18	19,6	17	33	29	70	62	110	97	150	130	190	165
63	22	31,2	27,4	50	44	110	97	170	150	230	200	290	260
80	22	50,3	46,5	88	82	185	170	285	262	385	360	480	450
100	30	78,5	71,5	135	125	290	260	440	400	600	550	750	675
125	30	123	115,7	210	200	460	420	700	650	925	875	1 150	1 100
160	40	201	188	350	320	750	700	1 150	1 100	1 550	1 500	1 900	1 800
200	40	314	301	550	530	1 150	1 100	1 800	1 700	2 400	2 300	3 000	2 900
250	50	491	471	825	800	1 800	1 700	2 800	2 750	3 700	3 600	4 800	4 500

● Efforts développés en sortie de tige (côté fond) ○ Efforts développés en rentrée de tige (côté tige)

**Note :** Les vérins à double tige traversante développent des efforts identiques dans les deux sens de fonctionnement correspondant aux valeurs définies ci-dessus en **rentrée** de tige

### 14.2.3. AMORTISSEMENT D'UN VÉRIN PNEUMATIQUE



- Les courbes font correspondre à chaque diamètre de vérin ( $\varnothing$ ) l'énergie ( $E$ ) maximale en joules qu'il est possible d'amortir.
- Les courbes permettent, pour ces conditions d'amortissement, de définir la vitesse maximale de déplacement ( $V$ ) pour un diamètre ( $\varnothing$ ) de vérin donné et pour une masse ( $M$ ) à déplacer sans avoir à calculer l'énergie cinétique.
- Les courbes donnent la vitesse ( $V$ ) tout au long de la course du vérin.





### 14.2.4. COURSES NORMALISÉES RECOMMANDÉES

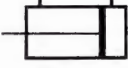

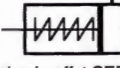
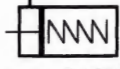
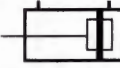
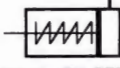
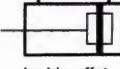
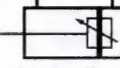
NFE 49-001

DIAMÈTRE D'ALÉSAGE DU VÉRIN (mm)	COURSE (mm) TOLÉRANCES * $\ddagger$													
	25	50	75*	100	125	150*	200	250	300*	400	500	600	800	1 000
25	•	•	•	•	•	•	•	•						
32	•	•	•	•	•	•	•	•						
40	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•				
50	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•				
63	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•			
80		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		
100			•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
125				•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
160					•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
200					•	•	•	•	•	•	•	•	•	•






\* Ces courses ne sont pas reprises dans la norme NFE 48-059.

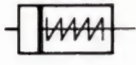
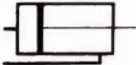
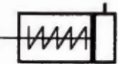

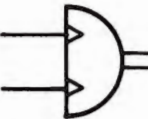
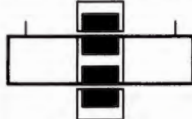
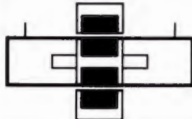
## 14.2.5. GUIDE DE CHOIX D'UN VÉRIN PNEUMATIQUE

APTITUDES →		Diamètre de l'alésage	Diamètre de la tige	Course	Fluide de commande	Pression d'utilisation admissible	Température de fonctionnement admissible
TYPE ↓		mm	mm	mm	↓	bar	°C
VÉRINS À TIRANTS DOUBLE EFFET	 VÉRIN STANDARD À TIRANTS AFFLEURANTS	32 40 50 63 80 100 125 ISO 125 CETOP 160 200 250	10 × 1,25 12 × 1,25 16 × 1,5 16 × 1,5 20 × 1,5 20 × 1,5 27 × 2 24 × 2 36 × 2 36 × 2 42 × 2	50 à 250 50 à 400 50 à 400 50 à 600 50 à 600 50 à 1 000 50 à 1 000 50 à 1 000 50 à 1 000 50 à 1 000 à la demande	air ou gaz neutre filtré, lubrifié ou non	10 maxi	- 10 à + 70
	 VÉRIN STANDARD À TIRANTS DÉPASSANTS	25 32 40 50 63 80 100 125 160 200	10 × 1,5 10 × 1,5 16 × 1,5 16 × 1,5 20 × 1,5 20 × 1,5 27 × 2 27 × 2 36 × 2 36 × 2	50 à 250 50 à 250 50 à 400 50 à 400 50 à 600 50 à 600 50 à 1 000 50 à 1 000 50 à 1 000 50 à 1 000	air ou gaz neutre filtré, lubrifié ou non	10 maxi	- 10 à + 70
VÉRINS CYLINDRIQUES SANS TIRANTS D'ASSEMBLAGE		simple effet 8 10 12 16 20 25 double effet 8 10 12 16 20 25	4 4 6 6 10 10	25-50 25-50 25-50 25-50 25-50 25-50 25-50-80-100 25-50-80-100 25-50-80-100 25-50-80-100 25-50-80-100 25-50-80-100-160	air ou gaz neutre filtré, lubrifié ou non	simple effet 2 à 10  double effet 10 maxi	- 10 à + 70
		simple effet 32 40 50 63 double effet 32 40 50 63	12 18 18 22  12 18 18 22	25-50 25-50 25-50 25-50  25 à 250 25 à 400 25 à 400 25 à 500	air ou gaz neutre filtré, lubrifié ou non	simple effet 2 à 10  double effet 10 maxi	






Amortissement	Raccordement	Efforts dynamiques développés		Normalisation	Symbole	Remarques – Utilisations
		Sortie de tige	Rentrée de tige			
		daN				
possibilité d'amortissement pneumatique réglable	G 1/8	13 à 77	11,5 à 66	ISO  CETOP RP 43...	 double effet	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Possibilité d'adaptation de détecteurs magnétiques de position.</li> <li>• Fixations diverses.</li> <li>• Tube : acier étiré glacé ou chromé dur.</li> <li>• Tige : acier chromé dur.</li> <li>• Piston : résine acétal et acier zingué ou alliage léger.</li> <li>• Joint de piston : polyuréthane ou nitrile.</li> <li>• Joint d'amortissement : nitrile.</li> <li>• Fonds : alliage léger.</li> <li>• Palier : autolubrifiant.</li> <li>• Tirants : aciers.</li> </ul>
	G 1/4	21-122	17-97			
	G 1/4	33-190	29-165			
	G 3/8	50-290	44-260			
	G 3/8	88-480	82-450			
	G 1/2	135-750	125-675			
	G 1/2	210-1 150	200-1 100			
	G 1/2	210-1 150	200-1 100			
	G 3/4	350-1 900	320-1 800			
	G 3/4	550-3 000	530-2 900			
	–	825-4 800	800-4 500			
possibilité d'amortissement pneumatique réglable	G 1/8	8,5 à 48	6,5 à 36	CNOMO 06 à 15  AFNOR NFE 49-001 49-002 49-011 49-015	 double effet avec amortissement pneumatique réglable	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Longueurs d'amortissement : – Ø 32 : 15 mm – Ø 40-50 : 20 mm – Ø 63-80 : 21 mm – Ø 100-125 : 24 mm – Ø 160-200 : 30 mm</li> </ul>
	G 1/8	13 à 77	11,5 à 66			
	G 1/4	21-122	17-97			
	G 1/4	33-190	29-165			
	G 3/8	50-290	44-260			
	G 3/8	88-480	82-450			
	G 1/2	135-750	125-675			
	G 1/2	210-1 150	200-1 100			
	G 3/4	350-1 900	320-1 800			
	G 3/4	550-3 000	530-2 900			
amortissement élastique	M 5	0,8 à 4,6	0,3 à 3,4	ISO 6432  CETOP  AFNOR NFE 49-030	 simple effet SER	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Possibilité d'adapter des détecteurs magnétiques.</li> <li>• Tube : acier (sans détecteur).</li> <li>• Tube : amagnétique (avec détecteur)</li> <li>• Tige : inox.</li> <li>• Fonds : alliage léger anodisé.</li> <li>• Piston : résine et alliage léger.</li> <li>• Joints : polyuréthane ou nitrile.</li> <li>• Vérins indémontables.</li> <li>• Fixations diverses.</li> </ul>
	M 5					
	M 5					
	M 5					
	M 5					
amortissement élastique	M 5	1,4-7,6	1,1-6	 simple effet SES	 double effet amortisseur élastique	
	M 5	2,2-10,5	1,5-8			
	M 5	3,4-19	2,8-15			
	G 1/8	5,5-30	4,2-22			
	G 1/8	8,5-48	6,5-36			
amortissement élastique	G 1/8			ISO 6431  CETOP	 simple effet SER	 double effet amortisseur élastique
	G 1/4					
	G 1/4					
	G 3/8					
amortissement élastique et pneumatique réglable	G 1/8	13 à 77	11,5 à 66		 double effet amortisseur réglable élastique ou pneumatique	
	G 1/4	21-122	17-97			
	G 1/4	33-190	29-165			
	G 3/8	50-290	44-260			

# GUIDE DE CHOIX D'UN VÉRIN PNEUMATIQUE

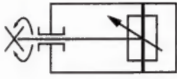
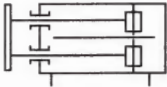
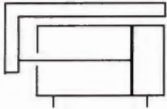
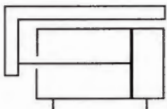
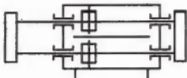
APTITUDES →		Diamètre de l'alésage	Diamètre de la tige	Course		Fluide de commande	Pression d'utilisation admissible	Température de fonctionnement admissible
↓ TYPE ↓		↓ mm	↓ mm	↓ mm		↓	↓ bar	↓ °C
VÉRINS SPÉCIAUX	 <b>simple effet</b> <b>VÉRINS FILETÉS</b>	6 10 16	M 3 M 4 M 5	5-10-5		air ou gaz neutre lubrifié ou non	3 à 7	+ 5 à + 60
	 <b>double effet</b> <b>VÉRINS FILETÉS</b>	6 10 16	M 3 M 4 M 5	5-10-15			1,5 à 7	
	 <b>VÉRINS À FAIBLE COURSE</b>	8	4	s. effet	d. effet	air ou gaz neutre filtré, lubrifié ou non	10 maxi (simple effet = 2 mini)	- 10 à + 60
		10	4	4	10			
		12	4	4-10	10			
16		8	4-10	10				
20		10	4-10	10-25				
25		10	5-10	10-25				
32		12	5-10-25	10-25				
40		12	10-25	10-25				
50		16	10-25	10-25				
63	16	10-25	10-25					
80	20	25	25					
 <b>VÉRINS ROTATIFS</b>	12 20	6 8	rotation 90° ± 5° ou 180° ± 5°		air ou gaz neutre filtré, lubrifié ou non	1 à 7	+ 5 à + 60	
 <b>VÉRINS SANS TIGE</b>	chariot non guidé 10 16 25		50 à 500 50 à 1 000 50 à 2000		air ou gaz neutre filtré, lubrifié ou non	7 maxi	0 à + 60	
	chariot guidé 10 16 25		50 à 500 50 à 750 50 à 1 500					

Amortissement	Raccordement	Efforts dynamiques développés Sortie de tige   Rentrée de tige daN	Normalisation	Symbole	Remarques – Utilisations
	canule 2,7 × 4			 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérins compacts avec orifices d'alimentation sur la face arrière.</li> <li>• Grande facilité d'adaptation sur tous supports par trous lisses ou taraudés.</li> <li>• Possibilité de réglage axial de la position du corps par rapport au support.</li> <li>• Corps en laiton nickelé.</li> <li>• Tige en acier inox.</li> <li>• Joint en nitrile (NBR).</li> </ul>
	M 5 M 5 M 5 M 5 G 1/8 G 1/8 G 1/8 G 1/8 G 1/8 G 1/8 G 1/4	à 6 bars  simple effet de 2,5   de 0,3 à 251   à 11,5  double effet de 2,7   de 2 à 285   à 255		 simple effet   double effet	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fixation frontale ou arrière.</li> <li>• Extrémité de tige taraudée.</li> <li>• Bague de guidage autolubrifiante.</li> <li>• Adaptation de mini détecteurs de position.</li> <li>• Construction compacte.</li> <li>• Temps de réponse rapide.</li> <li>• Fonctions de serrage, blocage, éjection.</li> <li>• Positionnement, indexage, verrouillage de pièces dans toutes les applications industrielles.</li> <li>• Corps en alliage léger anodisé.</li> <li>• Tige en acier inox (∅ 8 à 16 mm).</li> <li>• Tige en acier chromé (∅ 20 à 80 mm).</li> <li>• Joints en nitrile (NBR).</li> </ul>
	M 5	énergie cinétique maximum : ∅ 12 : 0,4 J ∅ 20 : 1 J  couple développé : ∅ 12 : 0,3 Nm ∅ 20 : 1,5 Nm			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deux versions : – simple tige, – double tige traversante.</li> <li>• Possibilité d'adaptation de détecteurs magnétiques dans les rainures des vérins.</li> <li>• Corps aluminium.</li> <li>• Tige en acier.</li> <li>• Butée en acier.</li> <li>• Joints en nitrile (NBR).</li> </ul>
chariot non guidé : amortissement élastique par butée nitrile chariot guidé : amortissement élastique ou absorbeur de chocs.	M 5 M 5 G 1/8  M 5 M 5 G 1/8	force de l'accouplement <sup>1</sup> magnétique 60 N 160 N 460 N  60 N 160 N 460 N		 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vérins recommandés pour les mouvements à grande course.</li> <li>• Guidage intégré ou non.</li> <li>• Utilisés pour tous les déplacements, manutention, positionnement, ouverture de portes, équipements divers.</li> <li>• Longue durée de vie.</li> <li>• Débrayable (entraînement par aimants).</li> <li>• Possibilité d'adapter des détecteurs magnétiques.</li> </ul>

# GUIDE DE CHOIX D'UN VÉRIN PNEUMATIQUE

APTITUDES → TYPE ↓	Diamètre de l'alésage	Diamètre de la tige	Course	Fluide de commande	Pression d'utilisation admissible	Température de fonctionnement admissible
	mm	mm	mm	↓	bar	°C
 <p><b>VÉRINS ISOCLAIR À GUIDAGE À BILLES</b></p>	12 16 20 25 32 40	6 8 10 13 13 16	25 à 100 25 à 100 25 à 100 25 à 160 25 à 250 25 à 250	air ou gaz neutre filtré, lubrifié ou non	Ø 12-16 : 1 à 7  Ø 20-40 : 1 à 10	+ 5 à + 60
 <p><b>VÉRINS À GUIDAGE À PALIERS LISSES OU À BILLES</b></p>	16 20 25 32	8 10 12 16	10 à 100 10 à 100 10 à 100 10 à 160	air ou gaz neutre filtré, lubrifié ou non	2 à 7	+ 5 à + 60
 <p><b>MICRO-TABLES DE TRANSLATION</b></p>	6 10		10 - 20 - 30 10 - 20 - 30	air ou gaz neutre filtré, lubrifié ou non	2 à 7	+ 5 à + 60
 <p><b>TABLES DE TRANSLATION À GUIDAGE À BILLES</b></p>	10 16 25	4 6 10	15 à 60 15 à 60 30 à 100	air ou gaz neutre filtré, lubrifié ou non	2 à 10	+ 5 à + 60
 <p><b>UNITÉS DE TRANSLATION À GUIDAGE À BILLES COMMANDÉES PAR VÉRIN</b></p>	10 16 20 25	6 8 10 16	25 à 100 25 à 200 25 à 200 25 à 200	air ou gaz neutre filtré, lubrifié ou non	2 à 10	+ 5 à + 60

ACTIONNEURS PNEUMATIQUES À GUIDAGE LINÉAIRE

Amortissement	Raccordement	Efforts dynamiques développés	Normalisation	Symbole	Remarques - Utilisations										
		Sortie de tige   Rentrée de tige daN													
<p>∅ 12-16 : non amorti</p> <p>∅ 20 à 40 : amortissement pneumatique réglable</p>	<p>M 5</p> <p>M 5</p> <p>G 1/8</p> <p>G 1/8</p> <p>G 1/8</p> <p>G 1/4</p>				<ul style="list-style-type: none"> <li>- Caractéristiques identiques aux vérins <i>ISOCLAIR</i>.</li> <li>- Tige cannelée rectifiée et traitée haute dureté.</li> <li>- Guidage précis et compact intégré dans le nez du vérin.</li> <li>- Prévus pour détecteurs magnétiques.</li> </ul>										
Amortissement élastique	<p>M 5</p> <p>M 5</p> <p>M 5</p> <p>G 1/8</p>	<table border="1"> <tr> <td>3,4 à 26,4</td> <td>2,5 à 18,6</td> </tr> <tr> <td>5,6 à 40,8</td> <td>4,3 à 32,3</td> </tr> <tr> <td>8,5 à 66,6</td> <td>6,5 à 50,4</td> </tr> <tr> <td>13,1 à 109</td> <td>10 à 79,5</td> </tr> </table> <p>en fonction de la pression d'alimentation</p>	3,4 à 26,4	2,5 à 18,6	5,6 à 40,8	4,3 à 32,3	8,5 à 66,6	6,5 à 50,4	13,1 à 109	10 à 79,5			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vérins à double piston à paliers lisses ou paliers à billes.</li> <li>- Grande précision.</li> <li>- Corps, plaque avant, palier de tiges, fond arrière, support : alliage d'aluminium.</li> <li>- Tige de vérin : acier chromé dur.</li> <li>- Piston résine acétal (POM).</li> <li>- Joint : polyuréthane et nitrile.</li> <li>- Contrôle de position par détecteurs magnétiques à ampoule (ILS) ou électronique.</li> </ul>		
3,4 à 26,4	2,5 à 18,6														
5,6 à 40,8	4,3 à 32,3														
8,5 à 66,6	6,5 à 50,4														
13,1 à 109	10 à 79,5														
Non amorti	<p>M 3</p> <p>M 3</p>	<p>(N)</p> <table border="1"> <tr> <td>5,6 à 19,8</td> <td>4,2 à 14,8</td> </tr> <tr> <td>15,7 à 55,9</td> <td>13,2 à 46,2</td> </tr> </table> <p>en fonction de la pression d'alimentation</p>	5,6 à 19,8	4,2 à 14,8	15,7 à 55,9	13,2 à 46,2			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Guidage linéaire à deux rangées de billes.</li> <li>- Corps, table : alliage d'aluminium.</li> <li>- Guidage : acier inoxydable.</li> <li>- Palier de tige : alu antifriction.</li> <li>- Piston : laiton.</li> <li>- Tige : acier inoxydable.</li> <li>- Joint : nitrile (N3R).</li> <li>- Contrôle de position par détecteurs magnétiques à ampoule (ILS) avec LED de visualisation.</li> </ul>						
5,6 à 19,8	4,2 à 14,8														
15,7 à 55,9	13,2 à 46,2														
Non amorti ou avec absorbeurs de chocs	<p>M 5</p> <p>M 5</p> <p>M 5</p>	<p>Efforts de poussée (N) en fonction de la pression</p> <table border="1"> <tr> <td>13 à 66</td> </tr> <tr> <td>35 à 172</td> </tr> <tr> <td>82 à 412</td> </tr> </table>	13 à 66	35 à 172	82 à 412			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Corps, table, palier de tige, fond de vérin, piston : alliage d'aluminium.</li> <li>- Guidage linéaire, palier de guidage : acier inoxydable.</li> <li>- Joint : nitrile (NBR).</li> <li>- Segment porteur : résine acétal.</li> <li>- Coussinet : métal fritté.</li> <li>- Possibilité de montage de détecteurs magnétiques de position.</li> </ul>							
13 à 66															
35 à 172															
82 à 412															
Amortissement par absorbeurs de chocs	<p>Bride Chariot</p> <p>M 5</p> <p>M 5</p> <p>G 1/8</p> <p>G 1/8</p>	<p>Chariot</p> <table border="1"> <tr> <td>mobile</td> <td>fixe</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>40</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>70</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>50</td> </tr> </table> <p>charge maxi (N)</p>	mobile	fixe	15	7	40	20	70	25	100	50			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Deux versions proposées : <ul style="list-style-type: none"> <li>- chariot mobile.</li> <li>- chariot fixe.</li> </ul> </li> <li>- Montés avec absorbeurs de chocs.</li> <li>- Limiteur de course réglable.</li> <li>- Bride piston, corps du chariot en alliage d'aluminium.</li> <li>- Joint : nitrile (NBR).</li> <li>- Robustes et performants.</li> <li>- Possibilité de montage de détecteurs magnétiques.</li> </ul>
mobile	fixe														
15	7														
40	20														
70	25														
100	50														

# 14.3. LES DISTRIBUTEURS ET LES ÉLECTROVANNES

(D'après ASCO-JOUCOMATIC)

## 14.3.1. PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DES DISTRIBUTEURS



Distributeur à tiroir 3/2



Distributeur à clapets 3/2



Distributeur associable  
5/2, 5/3



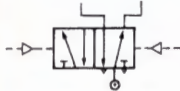
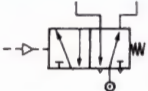
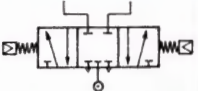
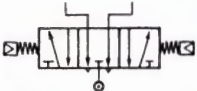


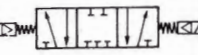
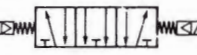
Mini-distributeur  
à commande pneu-  
matique 3/2, 5/2, 5/3

Orifices/positions	Commande		Fonction (1)		Technologie		Corps		Coupleurs		Raccordement Ø G							Type	Série							
	Pneumatique		NF	NO	À clapets	À tiroir	À applique	Taraudés	Ø 4 ext.	Ø 6 - Ø 8 ext.	M3	M5	1/8	1/4	3/8	1/2	3/4			1,0	1 1/4	1 1/2				
3/2	•		•		•		•						•											520		
	•		•	•		•		•						•										551		
	•		•	•	•		•							•	•									DM (3/2)	261-262	
	•		•	•	•		•							•	•	•	•	•	•	•	•	•		DH	284-285-286	
	•		•	•	•		•							•		•	•								DP (3/2)	266-267-268
4/2	•				•		•			•			•	•											263-264	
	•				•		•						•	•											DM (4/2)	261-262
	•				•		•						•		•	•					•				DP (4/2)	266-267-268
5/2	•				•	•	•		•	•	•	•	•	•											519-520-521	
	•				•	•	•			•															MEGA	578
	•				•	•	•						•												551	
	•				•	•	•						•												540	
	•				•	•	•	VDMA G02-G31					•	•												538-539
	•				•	•	•	(ISO1)						•	•											541/PH
	•				•	•	•	(ISO2)						•	•											542/PH
	•				•	•	•	(ISO3)							•	•										543
	•				•	•	•	(ISO4)								•	•									544
5/3	•				•	•	•		•	•	•	•	•	•											520-521	
	•				•	•	•			•															MEGA	578
	•				•	•	•	VDMA G02-G01					•	•												538-539
	•				•	•	•	(ISO1)						•	•											541/PH
	•				•	•	•	(ISO2)						•	•											542/PH
	•				•	•	•	(ISO3)							•	•										543
	•				•	•	•	(ISO4)								•	•									544

(1) NF : Normalement Fermé à l'état repos, hors pression.  
NO : Normalement Ouvert à l'état repos, hors pression.

## 14.3.2. CHOIX DES DISTRIBUTEURS EN FONCTION DES ÉLÉMENTS DE SÉCURITÉ (COMMANDE DE VÉRINS)

(D'après INRS)

Type de distributeurs considéré				
Éléments relatifs à la sécurité pris en compte	<b>Distributeur 5/2 à commande des deux côtés</b> 	<b>Distributeur 5/2 à rappel par ressort</b> 	<b>Distributeur 5/3 à rappel par ressort ; centre fermé</b> 	<b>Distributeur 5/3 à rappel par ressort ; centre ouvert</b> 
Mise hors énergie des circuits	Permet une mise à l'air libre facile de toutes les chambres de vérins quand on le couple à un distributeur sectionneur 3/2 ou à un robinet à purge 3/2.  (Fig. 2, 3 et 10)	Permet une mise à l'air libre de toutes les chambres de vérins quand on le couple à un distributeur-sectionneur 3/2 ou à un robinet à purge 3/2.  (Fig. 2, 3 et 10)	Ne permet pas de mettre à l'air libre toutes les chambres de vérins (sans difficultés) et de ce fait contribue à maintenir beaucoup de portions de circuits sous pression.	Permet une mise à l'air libre facile de toutes les chambres de vérins.  (Fig. 2, 3 et 10)
Obtention de l'arrêt de l'organe moteur en cours de mouvement	Arrêt du mouvement en cours possible soit : - par mise à l'air libre, à l'aide d'un distributeur purgeur 3/2 (Fig. 10). Cette mise à l'air libre peut éventuellement être couplée à un freinage mécanique ; - par blocage sur air à l'aide de distributeurs-bloqueurs 2/2 (Fig. 5)	Arrêt du mouvement en cours possible soit : - par mise à l'air libre, à l'aide d'un distributeur-purgeur 3/2 (Fig. 10). Cette mise à l'air libre peut éventuellement être couplée à un freinage mécanique ; - par blocage sur air à l'aide de distributeurs-bloqueurs 2/2 (Fig. 5). (l'inversion du mouvement en cours est possible par simple annulation du pilotage)	Arrêt du mouvement en cours par blocage sur air. (Fig. 5).	Arrêt du mouvement en cours par mise à l'air libre. (Fig. 10). Cette mise à l'air libre peut éventuellement être couplée à un freinage mécanique.
Certaines défaillances probables du circuit de commande	Pas de mouvement intempestif à la disparition des pilotages : - le mouvement en cours s'achève jusqu'à sa position extrême. - les autres vérins restent en position, effort maintenu. Le distributeur à commande par pression des deux côtés est sensible aux parasites pneumatiques si le seuil de pilotage est faible. Ce problème n'existe pas avec une commande électrique.	Beaucoup de mouvements intempestifs à la disparition des pilotages : - inversion ou poursuite du mouvement en cours suivant l'étape considérée ; - mise en mouvement de beaucoup d'autres vérins immobiles. Insensibles aux parasites.	Pas de mouvement intempestif à la disparition des pilotages : - le mouvement en cours s'arrête par blocage sur air ; - les autres vérins restent en position par blocage sur air. Insensible aux parasites.	Pas de mouvement intempestif à la disparition des pilotages : - le mouvement en cours s'arrête par mise à l'air libre ; - les autres vérins restent en position par mise à l'air libre, effort non maintenu. Insensible aux parasites.

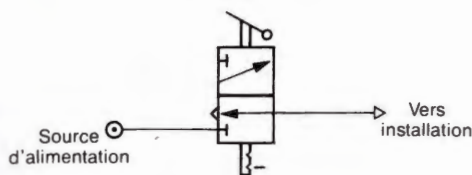


Fig. 1 - Sectionneur 3/2 ou robinet de séparation avec purge.

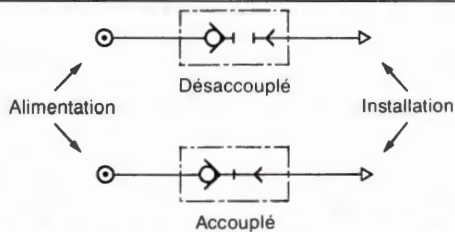
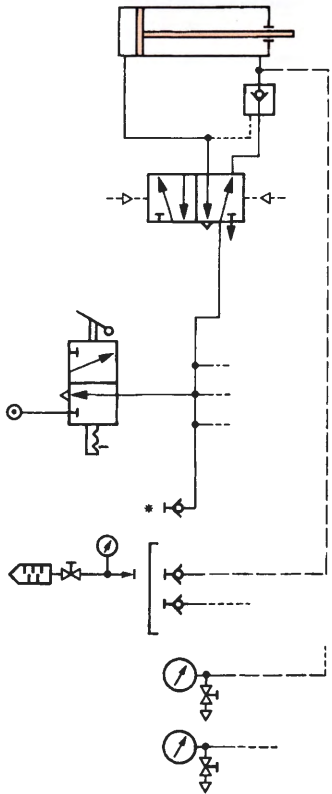


Fig. 2 - Raccords ou coupleurs rapides, avec purge aval.



\* Le contrôle de la pression générale peut être réalisé directement

Fig. 3 - Dissipation des énergies résiduelles.

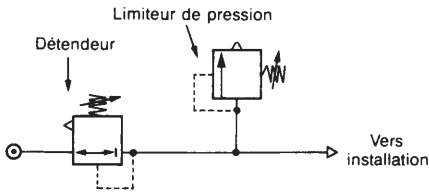


Fig. 8 - Protection contre les surpressions.

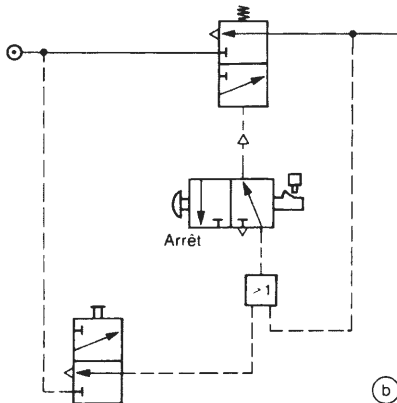


Fig. 10 - Arrêt de vérin(s) par mise à l'air : d'un seul vérin (a), de plusieurs vérins (b).

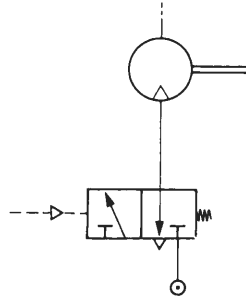


Fig. 4 - Commande d'arrêt obtenue par disparition du signal de commande.

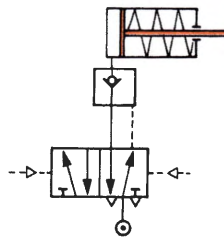


Fig. 6 - Protection contre les baisses ou les coupures de pression (clapet antiretour piloté).

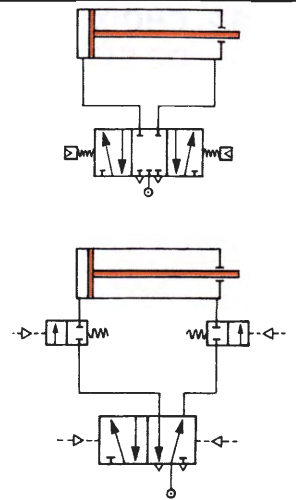


Fig. 5 - Arrêt de vérin par blocage sur air.

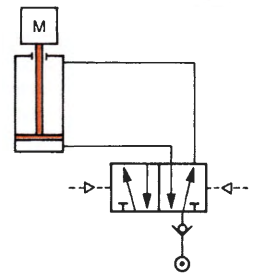


Fig. 7 - Clapet antiretour (à éviter).

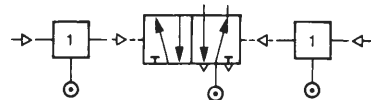
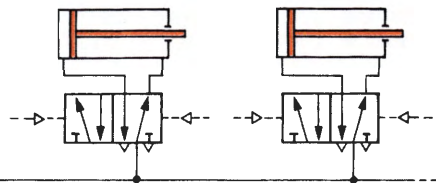
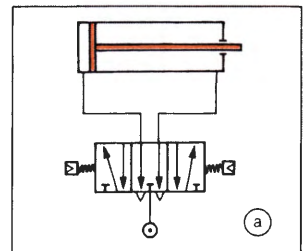


Fig. 9 - Protection contre certaines informations parasites.



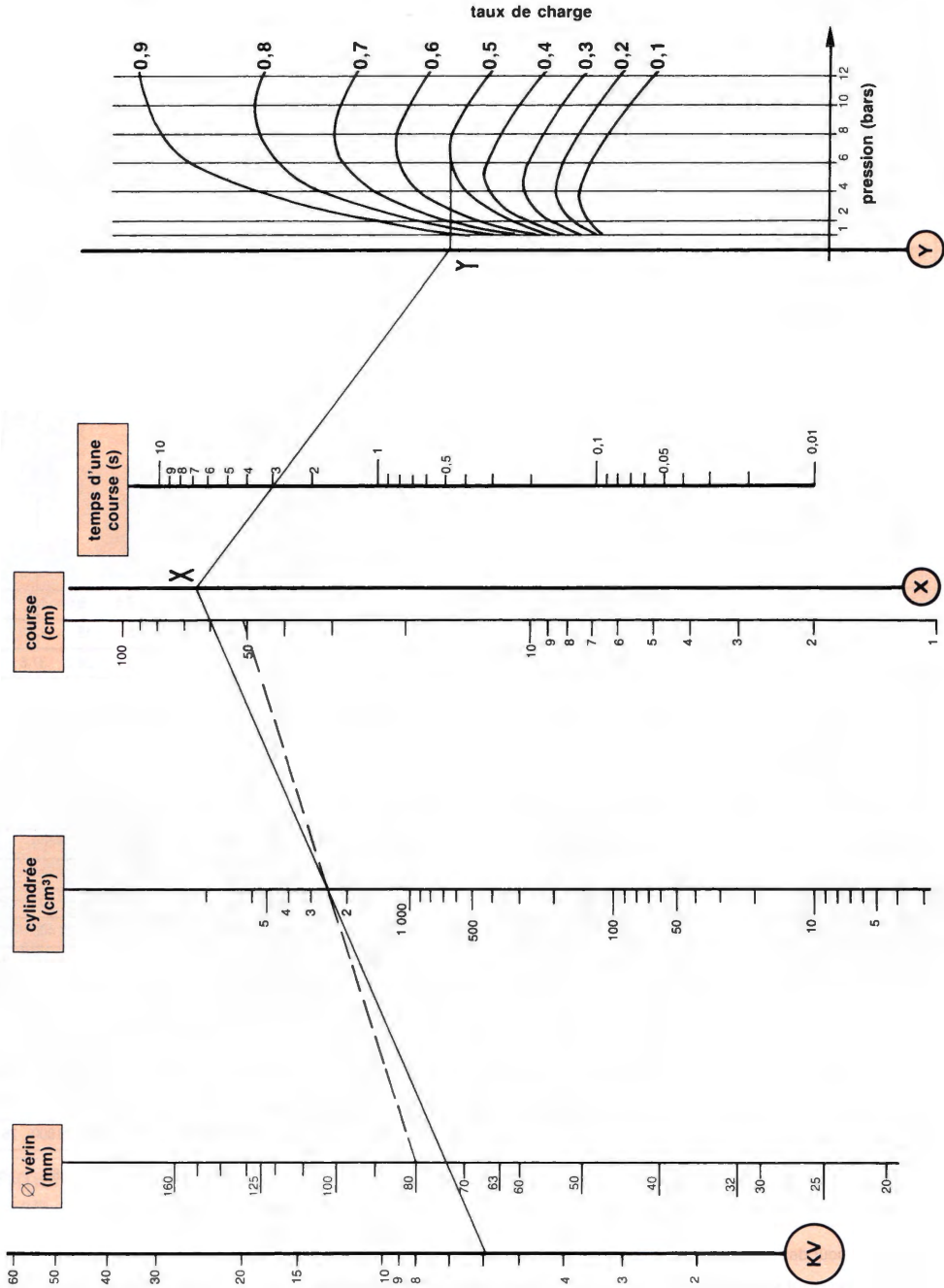
Alimentation des circuits de puissance



(a)

### 14.3.3. ABAQUES PERMETTANT LE CONTRÔLE DU KV DES DISTRIBUTEURS ALIMENTANT LES VÉRINS

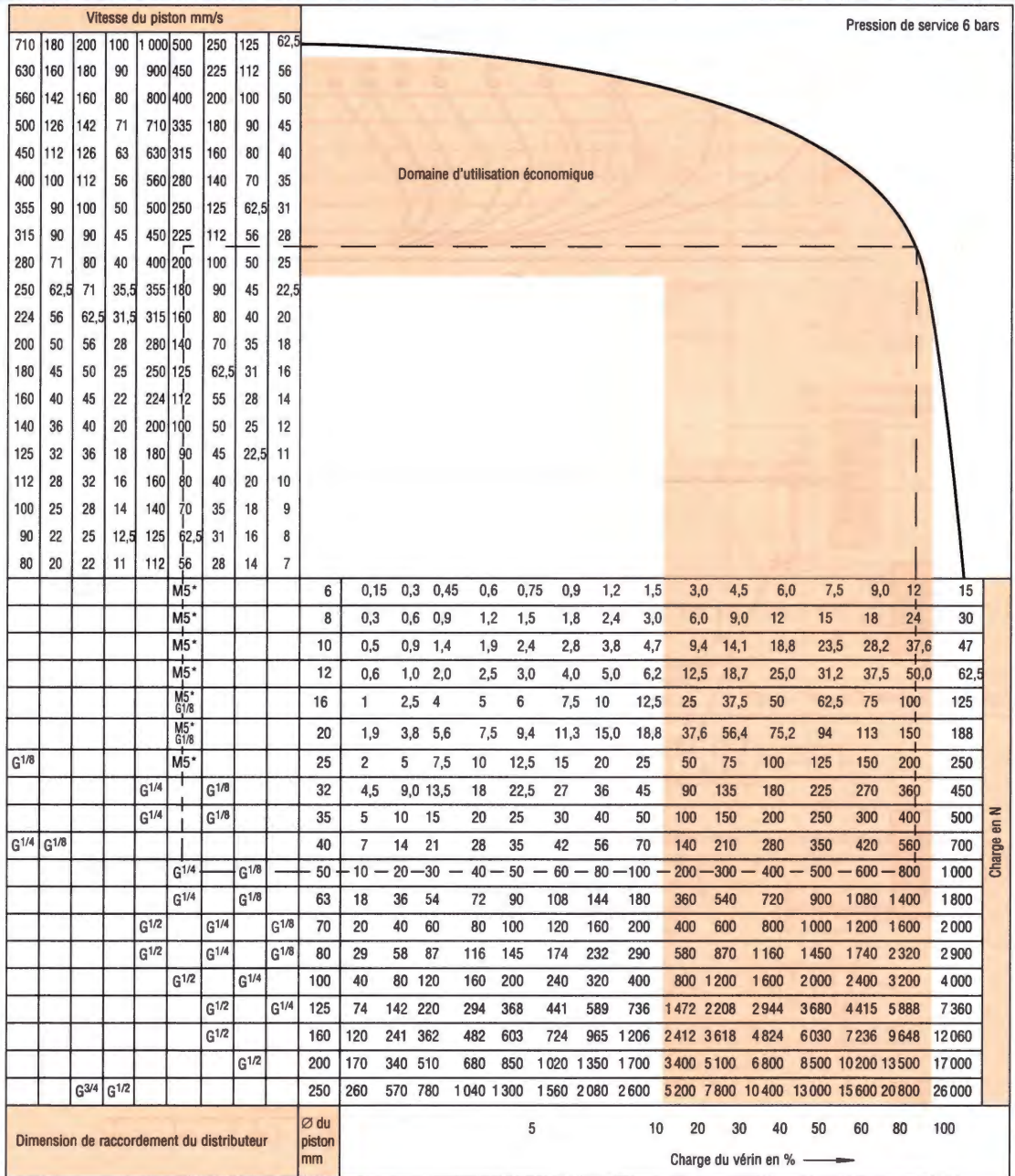
(D'après SOGEMO)



KV : (« Koefficient » et « Ventil ») en  $m^2/h$  à travers une restriction créant une porte de pression de 1 bar.

- À partir du taux de charge et de la pression du vérin, on définit le point Y.
- À partir du temps de course (compatible avec la vitesse de déplacement V définie page précédente) on obtient le point X.
- La course et le diamètre du vérin définissent sa cylindrée.
- La droite liant le point X et le point caractérisant la cylindrée ou vérin permet d'obtenir le KV minimum du distributeur.

## 14.3.4. DÉTERMINATION DE LA TAILLE DES DISTRIBUTEURS EN FONCTION DE LA CHARGE ET DE LA VITESSE DU PISTON (D'après FESTO)



\* Valable également pour des éléments avec embase de raccordement et raccords cannelés ∅ 3 et 4.

La vitesse du piston peut varier de ± 10 % en raison d'influences mécaniques ou en fonction de la commande.

**Exemple d'application :** On donne : charge 800 N (≈ 80 kp)  
 ∅ du piston : 50 mm – distributeur prévu avec raccordement G 1/8

**Question posée :** Est-ce qu'on peut atteindre une vitesse du piston d'environ 200 mm/s ?  
 D'après la colonne G 1/8, pour des pistons de ∅ 50 mm on n'atteint que 50 mm/s environ.  
 En choisissant un distributeur avec G 1/4, on obtient une vitesse d'environ 200 mm/s pour un diamètre de piston de 50 mm (voir ligne pointillée).  
 Ces indications sont valables pour une longueur de tuyau d'environ 1 m entre les éléments.

## 14.3.5. PRINCIPALES CARACTÉRISTIQUES DES ÉLECTROVANNES

(d'après ASCO-JOUCOMATIC)



Électrovanne à commande directe 3/2  
G 1/8



Électrovanne à commande directe 3/2  
G 1/4



Électrovanne à commande à implantation directe 3/2  
G 1/8



Électrovanne à commande directe, corps à applique 3/2.  
G 1/8



Connecteurs à raccordement électrique



Électrovanne à commande directe. Corps à applique CNOMO-AFNOR 3/2.  
G 1/8, G 1/4



Micro-électrovanne à commande directe 3/2 corps taraudé  
Ø M3



Mini-électrovanne à commande directe corps à applique 3/2.  
Embase Ø M3



Montage sur embase simple ou multiple pour micro-électrovannes 3/2



Micro-électrovanne corps à applique 3/2.  
Embase Ø M5



Mini-électrovanne à commande directe, corps à applique 3/2. Embase Ø M5, G 1/8 ou à coupleurs



Interface électro-pneumatique. 3/2, 4/2

COMPOSITION  
Interface 3/2 – 4/2

Embase commune aux fonctions 3/2 - 4/2

Module pneumatique 3/2 NF ou 4/2

LED

Micropilote électrique



=



+



+



+



Orifices/positions	Commande		Fonction (1)		Technologie		Corps		Coupleurs	Raccordement											Type	Série																	
	Électrique directe	Électro-Pneumatique	NF	NO	À clapets	À tiroir	À applique	Taraudés		Ø G																													
										Ø 4 ext.	Ø 6 - Ø 8 ext.	M3	M5	1/8	1/4	3/8	1/2	3/4	1,0	1 1/4			1 1/2																
3/2	•		•	•	•		•	•		•	•												Micro 10	188															
	•		•		•		•				•														302														
	•				•		•			•		•													Piézotronic	630													
	•	•	•		•		•			•																Interface	302-304												
	•		•	•	•		•					•	•															107											
	•		•	•	•		•			•			•																189										
	•		•		•		•			•			•																190										
	•		•	•	•		•			•			•	•																192									
		•	•			•		•					•																	551									
		•	•	•	•	•		•					•	•																DM (3/2)	261-262								
		•	•	•	•	•		•					•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	DH	284-285-286								
		•	•	•	•	•		•					•			•								•						DP (3/2)	266-267-268								
	•	•	•		•		•			•	•																			Micro 10	518								
	•	•			•		•			•		•																			520								
2x3/2		•	•			•				•																					MEGA	578							
4/2		•			•		•			•		•	•																			263-264							
		•			•		•					•	•																			DM (4/2)	261-262						
5/2		•			•		•			•	•																						Micro 10	518					
		•			•		•	• <sup>(2)</sup>	•	•	•	•	•	•																				519-520-521					
		•			•		•			•																								MEGA	578				
		•			•		•	• <sup>(2)</sup>	•	•																									520				
		•			•		•		•																										551				
		•			•		•	•	(Namur)																									Namur	551				
		•			•		•			•			•																						540				
		•			•		•	•	VDMA G02-G01				•	•																						538-539			
		•			•		•	•	(IS01)					•	•																					Compact	541		
		•			•		•	•	(IS01)					•	•																						541/PH		
		•			•		•	•	(IS02)					•	•																						542/PH		
		•			•		•	•	(IS03)						•	•																					543		
	•			•		•	•	(IS04)							•	•																				544			
5/3		•			•		•			•	•																									Micro 10	518		
		•			•		•			•	•	•	•	•																							519-520-521		
		•			•		•			•																												MEGA	578
		•			•		•	•	VCMA G02-G01				•	•																									538-539
		•			•		•	•	(IS01)					•	•																								541/PH
		•			•		•	•	(IS02)					•	•																								542/PH

(1) **NF** : Normalement Fermé à l'état repos, hors pression.

**NO** : Normalement Ouvert à l'état repos, hors pression.















(2) Embases à connectique intégrée pour 520.

La plupart de ces électrovannes et électrodistributeurs peuvent être équipés de têtes magnétiques certifiées **CENELEC** pour utilisation en atmosphères explosibles **EEEx « d »**, « m », « me » ou « i ».

Caractéristiques : voir DVD ROM associé à l'ouvrage.

# 14.4. GUIDE DE CHOIX D'UN DÉTECTEUR

(d'après ASCO-JOUCOMATIC)

Détecteurs		Vérins						
Type	Connectique	normes ou type :	à faible course	ISO 6432 NF E 49-030	ISO 6431 CETOP 46 P	NF F 49-003 VDMA 24562 ISO 6431	NF E 49-001 CNOMO 06 07 02	actionneur à billes anti-rotation
		Série : Type : Ø (mm) :	441 K 8... 100	435 C. AS/CC. AS 8... 25	438 CIS 32... 63	450 PES 32... 200	437 PCN 25... 200	447 CIB 12... 40
<b>à ampoule ILS</b> (2 fils) 	câble long 2 ou 5 m 2 fils 0,14 mm <sup>2</sup> extrémité dénudée		•	•	•	•	•	•
	connecteur mâle intégré à vis Ø M8 3 broches		•	•	•	•	•	•
	câble long. 0,8 m + connecteur encliquetable Ø 8 3 broches mâles		•	•	•	•	•	•
	câble long. 0,8 m + connecteur à vis Ø M12 4 broches mâles		•	•	•	•	•	•
<b>magnéto-résistif MR</b> (3 fils) 	câble long. 2 ou 5 m 2 fils 0,14 mm <sup>2</sup> extrémité dénudée		•	•	•	•	•	•
	connecteur mâle intégré à vis Ø M8 3 broches		•	•	•	•	•	•
	câble long. 0,8 m + connecteur encliquetable Ø 8 3 broches mâles		•	•	•	•	•	•
	câble long. 0,8 m + connecteur à vis Ø M12 4 broches mâles		•	•	•	•	•	•
<b>magnéto-inductif type BIM</b> (2 fils) 	à connecteur intégré à vis Ø M12 à 4 broches mâles					•	•	
	câble CNOMO long. 0,8 m + connecteur à vis Ø M12 4 broches mâles					•	•	
	câble CNOMO long. 2 m 2 fils 0,5 mm <sup>2</sup> extrémité dénudée					•	•	

APTITUDES → TYPE ↓	FORME ↓	FIXATION ET MODE DE COMMANDE ↓		PRINCIPE OU SYMBOLE ↓	PRÉCISION ↓	CARACTÉRISTIQUES ↓		APPLICATIONS ↓					
INTERRUPTEUR DE POSITION				<ul style="list-style-type: none"> <li>Course mini d'enclenchement : de 2 à 2,6 mm.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diamètre de passage 4 mm et 6 mm.</li> <li>Filetage : 1/8" et 1/4".</li> <li>Connexion instantanée.</li> <li>À établissement de circuit.</li> <li>À coupure de circuit.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Détection de pièce en mouvement par action mécanique.</li> </ul>							
DÉTECTEUR FLUIDIQUE DE PASSAGE		<p>Pièce à détecter</p>	<p>La pièce à détecter coupe le fluide lors de son passage.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>S'utilise avec amplificateur.</li> <li>Passage à fourche de 6 à 18 mm.</li> <li>Passage de 100 mm pour éléments séparés.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>P</math> : 0,5 à 2,5 bars.</li> <li><math>P</math> mini de sortie : 5 mb.</li> </ul> <table border="1"> <tr> <td>Détecteur 6 mm</td> <td>Détecteur 18 mm</td> </tr> <tr> <td><math>P = 2,5</math> bars</td> <td><math>P = 2,5</math> bars</td> </tr> <tr> <td>Consom. 170 NI/h</td> <td>Consom. 220 NI/h</td> </tr> </table>	Détecteur 6 mm	Détecteur 18 mm	$P = 2,5$ bars	$P = 2,5$ bars	Consom. 170 NI/h	Consom. 220 NI/h	<ul style="list-style-type: none"> <li>Détection de pièces en vue de leur comptage.</li> <li>Durée de vie illimitée.</li> </ul>	
Détecteur 6 mm	Détecteur 18 mm												
$P = 2,5$ bars	$P = 2,5$ bars												
Consom. 170 NI/h	Consom. 220 NI/h												
DÉTECTEUR FLUIDIQUE DE PROXIMITÉ		<p>Pièce à détecter</p>	<p>La pièce à détecter renvoie le fluide vers le capteur.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>S'utilise avec amplificateur.</li> <li>Distance de détection de 3 à 8 mm.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>P</math> : 0,5 à 2,5 bars.</li> <li><math>P</math> mini de sortie : 1 mb.</li> </ul> <table border="1"> <tr> <td>Détecteur Ø 6 mm</td> <td>Détecteur Ø 12 mm</td> </tr> <tr> <td><math>P = 2,5</math> bars</td> <td><math>P = 2,5</math> bars</td> </tr> <tr> <td>Consom. 1 600 NI/h</td> <td>Consom. 2 500 NI/h</td> </tr> </table>	Détecteur Ø 6 mm	Détecteur Ø 12 mm	$P = 2,5$ bars	$P = 2,5$ bars	Consom. 1 600 NI/h	Consom. 2 500 NI/h	<ul style="list-style-type: none"> <li>Détection de pièces en vue de leur comptage ou d'une transition séquentielle.</li> <li>Durée de vie illimitée.</li> </ul>	
Détecteur Ø 6 mm	Détecteur Ø 12 mm												
$P = 2,5$ bars	$P = 2,5$ bars												
Consom. 1 600 NI/h	Consom. 2 500 NI/h												
CAPTEUR À SEUIL DE PRESSION		<p>Implantation sur vérin</p> <p>sur embase-bornier</p>	<p>Permet d'obtenir un signal « Fin de course » du vérin sans came et capteur sur machine</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dépend du vérin.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diamètre du passage : de 5 à 14 mm.</li> <li>Filetage de 1/8" à 1/2".</li> <li>Connexion instantanée.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Machines automatisées.</li> <li>Utilisé en ambiances explosives ou humides.</li> <li>Insensible aux champs électriques.</li> <li>Limité dans la complexité des cycles de fonctionnement.</li> <li>Durée de vie et fiabilité supérieures à celle des vérins.</li> </ul>							
CAPTEUR À DÉTECTION MAGNÉTIQUE			<p>Permet la détection du piston à aimant permanent du vérin.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Risques d'oscillations.</li> <li>Peu précis.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>10 à 26 V =.</li> <li><math>I_{\text{maxi}}</math> : 150 mA.</li> <li>Température : - 10 °C à + 60 °C.</li> <li>Sortie type PNP</li> <li><math>P_{\text{maxi}}</math> : 4 W</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Détection de la position de la tige de vérin en cours de course.</li> <li>Durée de vie illimitée.</li> </ul>							

# 14.5. EXEMPLE MONTRANT L'EXPLOITATION DES ÉLÉMENTS À PRENDRE EN COMPTE POUR VÉRIFIER LE COMPORTEMENT DES COMPOSANTS PNEUMATIQUES

## DONNÉES

- La mise en œuvre du déplacement d'un mobile nécessite l'utilisation d'un vérin Ø 80 mm, course 500 mm.
- La pression est de 6 bars.
- La force à développer est de 100 daN (1 daN ≈ 1 kg).
- Le distributeur est du type PVD à doubles pilotages électriques.
- Des régleurs du type A permettent le réglage de la vitesse.
- L'installation impose un temps de fonctionnement du vérin de 5 s. environ.
- La section du tube alimentant le vérin est de 5,5 x 8 mm.
- La distance entre le vérin et le distributeur est de 4 m.

## SCHEMA DE L'INSTALLATION

Longueur équivalente,

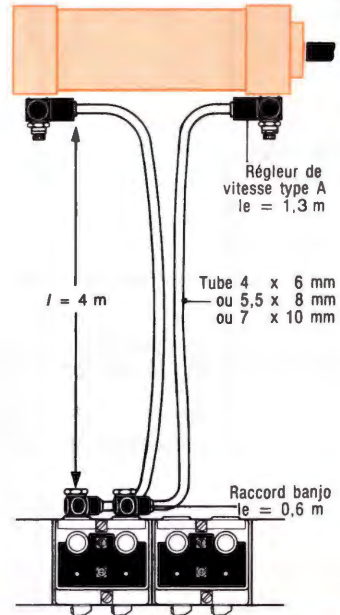
$$L_e = l \text{ du tube} + l_e \text{ des composants}$$

Exemple du circuit ci-contre :

$$L_e = l \text{ du tube} + l_e \text{ du régleur de vitesse type A sur vérin} + l_e \text{ du raccord banjo} + l_e \text{ moyen du distributeur}$$

$$L_e = 4 \text{ m} + 1,3 \text{ m} + 0,6 \text{ m} + 1,5 \text{ m}$$

$$L_e = 7,4 \text{ m}$$



## RENSEIGNEMENTS TECHNIQUES

### DISTRIBUTEURS

Taille : 1/8",  
Ø de passage :  
5 mm,  
KV = 7

#### A pilotage pneumatique avec commandes manuelles auxiliaires

Symbole graphique	Raccordement	Fonction	Référence
	1 P	Filetés	Bistable
	3	1/8" BSP	
	4		
	2		
	14	Instantanés orientables	Monostable
	12	Ø 4 mm.	

#### A pilotage électrique avec commandes manuelles auxiliaires

Symbole graphique	Raccordement	Fonction	Référence
	1 P	Filetés	Bistable
	3	1/8" BSP	
	4		
	2		Monostable

### DISTRIBUTEURS

Taille : 1/4",  
Ø de passage :  
8 mm,  
KV = 15

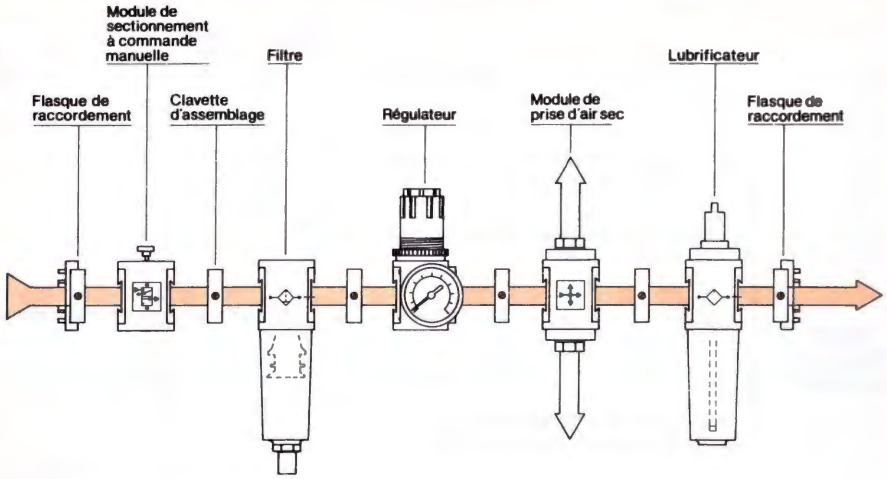
#### A pilotage pneumatique ou électrique avec commandes manuelles auxiliaires

Symbole graphique	Raccordement	Fonction	Référence
	1 P	Taroudés	Bistable
	2	1/4" BSP	
	3		
	4		
	12	Instantanés orientables	Monostable
	14	Ø 4 mm	

	VÉRIN Ø 80 P = 6 bars Charge : taux 0,5	SECTION DU CIRCUIT			
			4 x 6 mm	5,5 x 8 mm	7 x 10 mm
		COURSE DU VÉRIN	LONGUEUR ÉQUIVALENTE DU CIRCUIT	Temps de fonctionnement	Temps de fonctionnement
RENSEIGNEMENTS TECHNIQUES	200 mm	3 m	2,8 s	1,4 s	0,8 s
		6 m	3,8 s	1,8 s	1 s
		10 m	5 s	2,4 s	1,3 s
		15 m	6,3 s	3 s	1,7 s
		20 m	7,6 s	3,6 s	2,1 s
	300 mm	3 m	4,2 s	2,1 s	1,2 s
		6 m	5,7 s	2,7 s	1,5 s
		10 m	7,5 s	3,5 s	1,9 s
		15 m	9,5 s	4,4 s	2,4 s
		20 m	11,5 s	5,3 s	2,9 s
	500 mm	3 m	6,8 s	3,4 s	2 s
		6 m	9,2 s	4,4 s	2,3 s
		10 m	12 s	5,7 s	2,8 s
		15 m	15 s	7,2 s	3,3 s
		20 m	18 s	8,6 s	3,8 s
LONGUEURS ÉQUIVALENTES $l_e$ DES COMPOSANTS	TUBE Ø de passage de l'appareil		4 x 6 4 mm	5,5 x 8 5,5 mm	7 x 10 7 mm
	RACCORDS INSTANTANÉS BORNIERES ET EMBASE-BORNIERES	raccords droits et borniers	0 m		
		Coudes, banjos et embase-borniers	0,6 m		
	RÉGLEURS DE VITESSE	type A (sur vérin)	1,3 m		
		Type B (sur distributeur)	0,8 m		X
	TUBE		4 x 6	5,5 x 8	7 x 10
	DISTRIBUTEUR 4/2	passage Ø : 7 mm	0,33 m	1 m	3 m
	BLOQUEUR 2/2	passage Ø : 4 mm	2 m	7 m	X
CONTRÔLE DE L'INSTALLATION	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Le vérin est standard, il peut développer 200 daN au minimum (courbe § 14.2.3.) : la force à développer étant de 100 daN, le taux de charge vaut 0,5.</li> <li>– La courbe (§ 14.2.3.) donne une vitesse maximum de 1 m/s, la tige se déplace à 0,17 m/s : les conditions d'amortissement sont respectées.</li> <li>– Les abaques (§ 14.3.3.) donnent, pour P = 6 bars, un taux de charge de 0,5 et une cylindrée de 3 cm<sup>3</sup> (vérin Ø 80 course : 50 cm) un KV minimum de 6.</li> <li>– Le Ø de passage du distributeur vaut 5 mm pour un KV de 7 dans la gamme PVD-B.</li> <li>– La longueur équivalente, nécessaire à la détermination du temps de fonctionnement du vérin vaut : 7,4 m.</li> <li>– Pour un vérin Ø 80 course 500 mm, une pression P de 6 bars, une longueur équivalente de 7,4 m, un circuit 5,5 x 8 mm, le tableau ci-dessus donne un temps de fonctionnement de 4,75 (interpolation linéaire entre 6 m et 10 m). Les régleurs permettront l'ajustement du temps de fonctionnement à 5 s.</li> </ul>				

# 14.6. SCHÉMAS ET REPÉRAGES DES CIRCUITS PERMETTANT D'EFFECTUER LES RACCORDEMENTS

## 14.6.1. ALIMENTATION D'UNE INSTALLATION PNEUMATIQUE

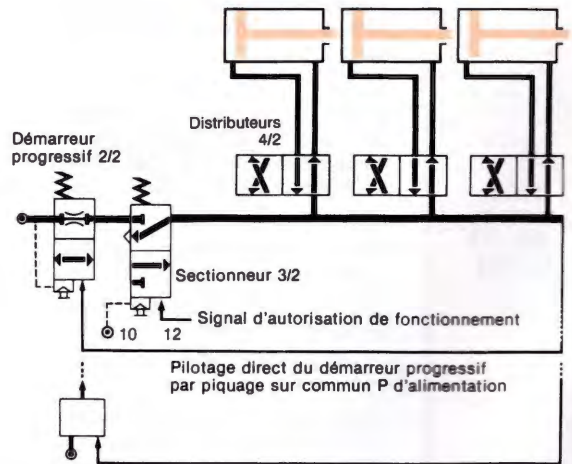


- Le module de sectionnement à commande manuelle permet l'isolement de l'installation.
- Le filtre élimine les impuretés dans l'air.
- Le régulateur maintient une pression secondaire constante en fonction des variations de la pression primaire.
- L'alimentation des vérins nécessite un air filtré et lubrifié (10 bars maximum).
- Dans le cas d'une commande pneumatique, les pilotages et autres unités de commande se font par air non lubrifié (Module de prise d'air sec.)

## 14.6.2. SCHÉMA GÉNÉRAL DE DÉMARRAGE PROGRESSIF D'UN GROUPE DE VÉRINS

LA STRUCTURE D'UN SCHÉMA GÉNÉRAL EST LA SUIVANTE :

- **un démarreur progressif :**  
il permet un démarrage progressif après tout sectionnement.
- **un sectionneur pneumatique :**  
il permet la coupure de l'air filtré lubrifié du circuit de puissance.
- **les distributeurs :**  
à pilotages pneumatiques ou électriques, ils permettent la commande des vérins.
- **les vérins :**  
ce sont des actionneurs pneumatiques.

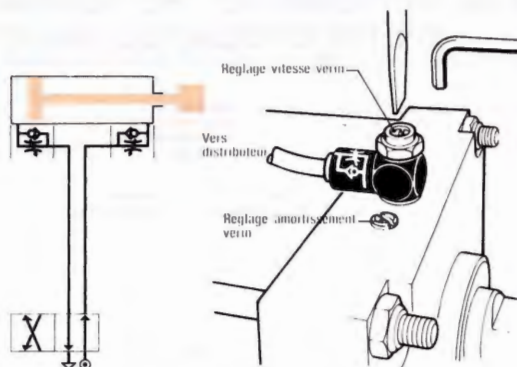


Réglage du démarreur progressif 2/2 à partir d'un piquage sur P via un relais pneumatique (seul fixe) ou un monostat pneumatique (seul réglable).

**14.6.3.  
RÉGLEURS  
DE VITESSE**

**RÉGLEUR DE VITESSE TYPE A  
IMPLANTÉ SUR VÉRIN :**

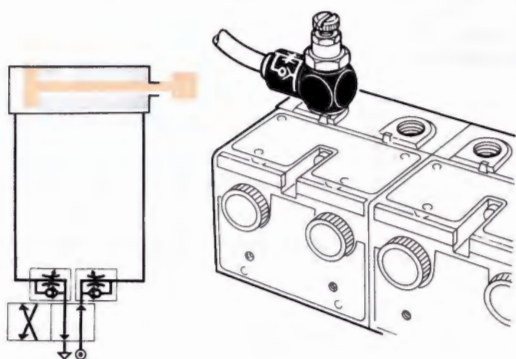
- remplace le raccord de piquage sur le vérin.
- implanté sur le vérin, il permet le réglage de la vitesse de déplacement de la tige de vérin.
- le réglage doit agir sur le débit d'air d'échappement du vérin.
- réglage précis de la vitesse car au plus près du vérin.
- réglage en parallèle avec l'amortissement du vérin.



**Implantation sur vérin d'un régleur de vitesse Type A**

**RÉGLEUR DE VITESSE TYPE B  
IMPLANTÉ SUR DISTRIBUTEUR :**

- remplace le raccord de piquage sur le distributeur.
- le réglage doit agir sur le débit d'air d'échappement du vérin.
- réglage accessible dans l'armoire de commande.
- implanté sur le distributeur, il ne permet pas le réglage précis de la vitesse, lorsque le vérin est loin du distributeur.

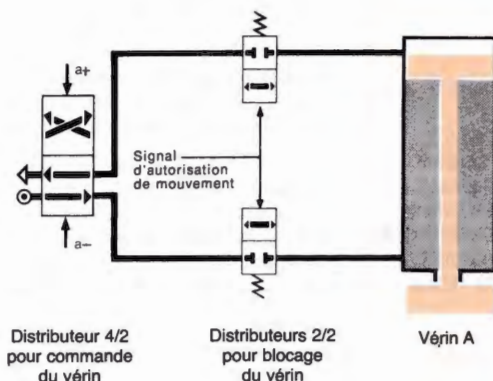


**Implantation sur distributeur d'un régleur de vitesse Type B**

**14.6.4.  
ARRÊT DE  
VÉRIN PAR  
BLOCAGE**

**BLOQUEUR 2/2 IMPLANTÉ  
SUR VÉRIN :**

- Permet l'arrêt du vérin par blocage de la circulation d'air au plus près du vérin.
- au contraire d'un arrêt par sectionnement, un arrêt par blocage est positif, la position atteinte est gardée même si la pression d'air est coupée.
- l'arrêt par blocage est utile dans les cas suivants :
  - arrêt rapide en cours de course d'un vérin dangereux.
  - arrêt fonctionnel d'un vérin en un point précis de sa course.
  - arrêt d'un vérin déplaçant verticalement une charge, en particulier lors d'une coupure de la pression d'alimentation.



**Distributeur 4/2 pour commande du vérin**

**Distributeurs 2/2 pour blocage du vérin**

**Vérin A**

# 14.7. LES VÉRINS ÉLECTRIQUES

(D'après SKF Equipements)

## 14.7.1. PRÉSENTATION ET CHOIX D'UN VÉRIN ÉLECTRIQUE

– La gamme de vérins électriques se compose de colonnes télescopiques (fig. 1), de vérins linéaires (fig. 2), de vérins rotatifs (fig. 3) et d'unités de commande (fig. 4).

– Ils sont remarquables par leurs performances en termes de vitesse, de stabilité en température, de précision et de niveau de bruit.



Fig. 1. Colonnes télescopiques



Fig. 2. Vérins linéaires

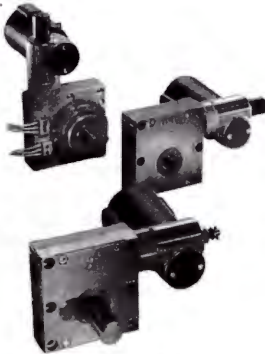


Fig. 3. Vérins rotatifs



Fig. 4. Unités de commande

– Précision de fonctionnement (étude comparative)







Précision de fonctionnement (µm)	Systèmes de guidage	Systèmes d'entraînement	Systèmes de déplacement	Systèmes de positionnement
0,1 – 1	↑ Rails de guidage de précision	↑ Vis à rouleaux		↑ Entraînements standard ou moteurs linéaires avec tout système de guidage
1 – 10	↑ Roulements linéaires	↑ Vis à billes		
10 – 100	↑ Guidage à billes sur rail	↑ Moteurs linéaires		
100 – 1 000	↑ Châssis standard		↑ Vérins électromécaniques	
	↑ Speed-Roll			







– Comment choisir un vérin électrique







– Il est possible de faire une première sélection de vérins qui répondent aux premiers critères de base comme la charge et la vitesse.

– Les guides de choix qui suivent indiquent les principales caractéristiques de quelques vérins, le DVD Rom, associé à l'ouvrage, permet de faire l'inventaire complet des fabrications du constructeur.

## 14.7.2. GUIDE DE CHOIX D'UN VÉRIN ÉLECTRIQUE

APTITUDES →	Force maximale		Vitesse		Course ↓ mm	Motorisation ↓	Système			Applications et caractéristiques
	de poussée ↓ N	de traction ↓ N	sans charge ↓ mm/s	avec charge nominale ↓ mm/s			ON/OFF	Positionnement	Asservissement	
Vérins électriques à colonnes télescopiques	 <b>TÉLEMAG</b>	1 000 à 4 000	0 à 4 000	7 à 42	5 à 12	200/700 à 300/700				<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bonne combinaison d'une longueur rétractée et d'une course importante.</li> <li>– Entraînement linéaire robuste et sûr. Très esthétique.</li> <li>– Avantages : fortes charges, fonctionnement silencieux, robuste, longue durée de vie. Compact.</li> </ul>
	 <b>TMS</b>	4 000	0	16	28	300/700				
	 <b>TÉLÉSMART</b>	800 à 1 500	0	60 à 23	37 à 17	700 à 200/600				<ul style="list-style-type: none"> <li>– Utilisées dans le domaine du mobilier ergonomique et des stations de postes de travail.</li> <li>– Colonnes rapides et puissantes.</li> <li>– Avantages : branchement facile, esthétique, économique, levage rapide et puissant.</li> </ul>
	 <b>MAGGEAR</b>	800	200	8	8	200				– En ligne.
Vérins électriques linéaires	 <b>CAT</b>	500 à 4 000	500 à 4 000	10 à 174	5 à 36	50/300 à 100/400				<ul style="list-style-type: none"> <li>– Vérins construits sur mesure à partir d'éléments standard.</li> <li>– Sans entretien, équipés d'un embrayage de sécurité avec différentes motorisations adaptées aux exigences du client. Modulables et flexibles.</li> <li>– Petits, robustes, grand rendement.</li> </ul>
	 <b>CAR</b>	1 500 à 6 000	1 500 à 6 000	30 à 60	10	50/300 à 100/700				<ul style="list-style-type: none"> <li>– Vérins industriels très performants.</li> <li>– Grande fiabilité et durée de vie.</li> <li>– Moteurs de haute qualité.</li> <li>– Nombreuses solutions offertes aux exigences des clients (modularité).</li> <li>– Existents en trois tailles.</li> <li>– Moteurs plats très compacts.</li> </ul>

APTITUDES →	Force maximale		Vitesse		Course ↓ mm	MOTORI- sation ↓	Système			Applications et caractéristiques
	de poussée ↓ N	de traction ↓ N	sans charge ↓ mm/s	avec charge nomi <sup>le</sup> ↓ mm/s			ON/OFF	Positionnement	Asservissement	
 <b>ILD</b>	2 000 à 20 000	2 000 à 20 000	200 à 25	200 à 25	100/700 à 100/1 500					<ul style="list-style-type: none"> <li>- Système complet d'asservissement flexible et puissant avec maîtrise du mouvement linéaire en termes de force, de vitesse, d'accélération, de positionnement, de précision et de communication. Conception robuste et complet. Rapide.</li> </ul>
 <b>CALA 36</b>	600	600	31	17	50/200					<ul style="list-style-type: none"> <li>- Moteur en ligne de faible diamètre leur donnant un aspect très compact facilitant leur intégration et leur installation dans les espaces les plus réduits.</li> <li>- Très utilisés en automatisation des mouvements. Grande fiabilité.</li> </ul>
 <b>RUNNER</b>	8 000 à 12 000	8 000	6,5 à 10,5	4,5 à 7,5	100/700					<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vérins combinant charge maximale et vitesse maximale.</li> <li>- Le système intègre une unité de contrôle permettant de piloter jusqu'à trois vérins et leurs accessoires.</li> <li>- Silencieux et puissants.</li> <li>- Longue durée de vie.</li> </ul>
 <b>CAFX</b>	3 000	3 000	7	5	90/200					<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se compose d'un vérin principal et d'une unité de contrôle intégrée.</li> <li>- Ils peuvent, en option, gérer la gestion de l'énergie, la protection contre les surcharges...</li> <li>- Fins de course intégrés dans le tube de guidage.</li> <li>- Longue durée de vie, puissants et silencieux.</li> <li>- Forte capacité de charge dynamique.</li> <li>- Compacts. Faible bruit.</li> <li>- Faible consommation de courant.</li> </ul>
 <b>MAGTOP</b>	200 à 2 000	200 à 2 000	37 à 12/3	30 à 8/2,5	105/300 à 300/500					
 <b>MAGRACK</b>	200/ 600	200/ 600	8/20	5...15	180/ 1 000					

APTITUDES		Force maximale		Vitesse		Course	Motorisation	Système			Applications et caractéristiques
TYPE		de poussée	de traction	sans charge	avec charge nom <sup>1</sup>			ON/OFF	Positionnement	Asservissement	
		N	N	mm/s	mm/s	mm					
Vérins électriques linéaires	 <b>MAGPUSH</b>	400 à 1 500	300 à 1 500	8 à 10	8 à 10	210 200/300 260					<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ces vérins ont un fonctionnement très doux. Peu encombrants et sans maintenance, ils peuvent être montés verticalement, horizontalement ou en position inclinée.</li> <li>- Longue durée de vie. Robustes.</li> <li>- Grande course pour un faible encombrement. Silencieux.</li> <li>- Fortes charges.</li> </ul>
	 <b>CAWA</b>	Dyn. 1 650	Stat. 3 500	22	14	500/1 000					
	 <b>PLUG &amp; PLAY</b>	43 800 à 485 200	81 700 à 740 000		13 à 90	215 à 1 500					<ul style="list-style-type: none"> <li>- Facilité d'utilisation.</li> <li>- Cadences élevées. Grande fiabilité.</li> <li>- Courses longues et rapides sous des charges élevées. Fortes accélérations.</li> <li>- Accouplement et vis à rouleaux.</li> <li>- Entretien réduit. Rigidité élevée.</li> <li>- Longue durée de vie.</li> </ul>
	 <b>CRAB 17</b>	<b>Couple Nm</b> 70-105		<b>Vitesse rd.mIn<sup>-1</sup></b> 8-20	<b>Diamètre mm</b> 125		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Compact</li> <li>- Couple élevé.</li> <li>- Multiples sorties d'arbre.</li> <li>- Multiples options moteur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vérins conçus pour permettre un mouvement de rotation partiel. La modularité de la gamme permet de réaliser des configurations simples ou complexes.</li> <li>- Ils peuvent travailler de façon rapide ou lente avec des charges élevées ou faibles.</li> </ul>			
Vérins électriques rotatifs	 <b>CRAB 05</b>	100		3	86		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Compact</li> <li>- Basculement</li> <li>- Multiples options moteur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vérins développés à partir de la technologie des sièges et fauteuils. (industrie automobile).</li> <li>- Faibles coûts, efforts élevés et fonctionnement facile, réglage électrique ou manuel du siège.</li> <li>- Charges dynamiques inférieures à 100 N.</li> </ul>			
	 <b>CRAB 10/40</b>	70 à 1 700		30 à 8	120 à 286						

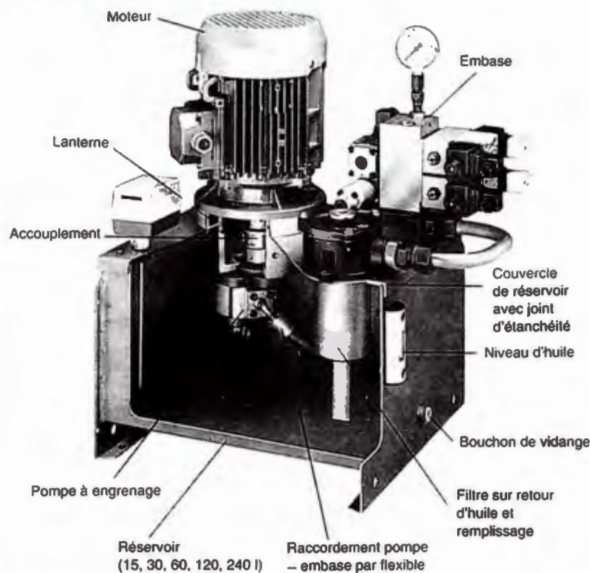
# 15. EXPLOITATION DE L'ÉNERGIE HYDRAULIQUE

## 15.1. INFORMATIONS SUR LES COMPOSANTS HYDRAULIQUES

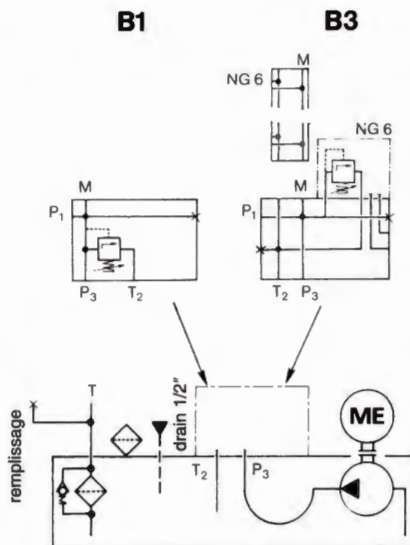
(D'après CPOAC GROUPE BOSCH)

CENTRALE HYDRAULIQUE ÉQUIPÉE DE POMPE À ENGRENAGE IMMERGÉE (TYPE CHPI POUR NG6) :

FORME :



SYMBOLE :



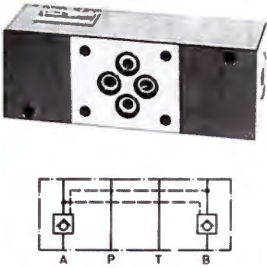
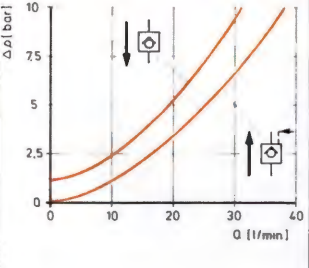
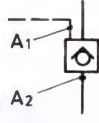
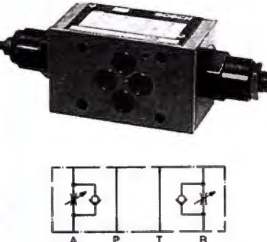
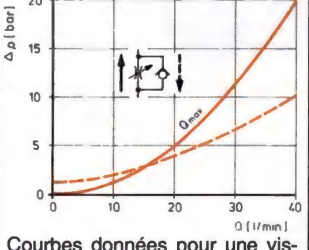
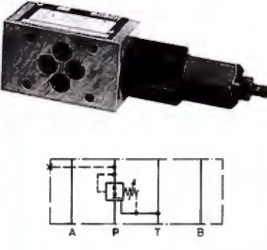
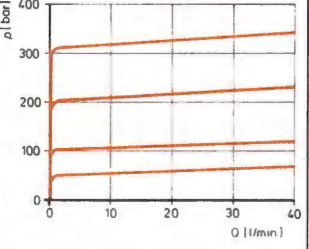
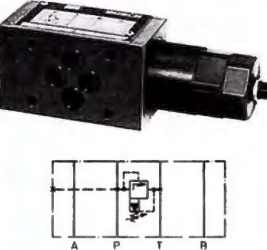
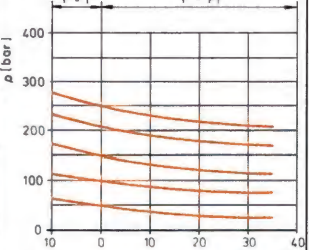
**CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES :**

- Réservoir : 15, 30, 60, 120 ou 240 l.
- Débit constant.
- Débit réel en charge : de 1,4 à 130 l/min.
- Puissance installée : de 0,55 à 22 kW.
- Fréquence de rotation : 1 500 min<sup>-1</sup> à vide, 1 420 min<sup>-1</sup> en charge.
- Huile : température : 65 à 70 °C, viscosité : 30 à 90 cS T.
- Tableau des puissances/débits/réservoirs :
- (O : possible ; N : impossible).

- P1** : pression client.
- P3** : pression pompe immergée.
- M** : pression manomètre.
- T** : retour client
- T2** : retour au bac.
- MT** : moteur électrique.
- NG6** : gamme de produits utilisables avec l'option B3 (25 D - 315 bars).
- B1** : option de base.
- B3** : option pour gamme de produits NG6

Bac (limites)					Moteur	Débit nominal (l/min)																							
15 l	30 l	60 l	120 l	240 l	P kW	1,4	2,7	6	8	11	15	21	27	32	36	44	58	72	88	102	115	130							
O	O	N	N	N	0,55	140	60	45	30																				
					0,75	200	100	65	45	30	22																		
		O	O		O	1,5		200	130	90	60	45																	
						2,2			170	125	85	65	50	35	30														
						3				180	120	90	65	50	40	35													
N	N	O	O	O		4				170	130	90	60	55	50	40													
						5,5					180	125	90	75	70	60	40												
		N	N		O	7,5						170	120	105	100	80	60	45											
						9							145	125	120	95	75	50	45										
						11													90	65	50	45							
N	N	O	15													125	90	75	65	60	50								
			18,5																115	100	80	75	60						
N	N		O	22															115	100	90	70							

**Application :** Le client a besoin d'une centrale hydraulique 32 l/min : 125 bars.  
Solution : Moteur 9 kW, Pompe 32 l/min, Réservoir (60, 120 ou 240 l).

<b>APTITUDES</b>  <b>TYPE</b>	<b>FORME – SYMBOLE</b>	<b>COURBES CARACTÉRISTIQUES</b>		<b>UTILISATIONS</b>
<b>CLAPET ANTIRETOUR MODULAIRE NG 6</b>	 <p><b>Double clapet antiretour à rapport de pilotage.</b></p>	 <p>Courbes données pour une viscosité de 35 mm<sup>2</sup>/s.</p>	 <p>Rapport de pilotage A1/A2 (6/1 ou 3,3/1)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Permet le blocage du vérin en cas de manque de pression.</li> <li>- Montage sur embase.</li> <li>- Viscosité de 10 à 500 mm<sup>2</sup>/s.</li> <li>- Pression <math>P = 315</math> bars maxi.</li> <li>- Débit <math>Q = 40</math> l/min. maxi.</li> <li>- Huiles hydrauliques minérales.</li> </ul>	
<b>FREINEUR MODULAIRE NG 6</b>	 <p><b>Double freineur unidirectionnel à l'admission.</b></p>	 <p>Courbes données pour une viscosité de 35 mm<sup>2</sup>/s.  <math>\Delta p</math> : différence de pression entrée/sortie en freineur.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Agit sur la vitesse de sortie ou de rentrée d'un vérin hydraulique.</li> <li>- Montage sur embase.</li> <li>- Viscosité : de 10 à 500 mm<sup>2</sup>/s.</li> <li>- Pression <math>P = 315</math> bars maxi.</li> <li>- Débit <math>Q = 40</math> l/min. maxi.</li> <li>- Température du fluide : de - 25 à 80 °C.</li> <li>- Huiles hydrauliques minérales (ISO).</li> </ul>	
<b>LIMITEUR DE PRESSION MODULAIRE NG 6</b>	 <p><b>Limiteur de pression pilote.</b></p>	 <p>Courbes données pour une viscosité de 22 mm<sup>2</sup>/s.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limite la pression d'huile sur un circuit hydraulique.</li> <li>- Montage en canalisation, sur embase, en cartouche.</li> <li>- Viscosité : de 10 à 500 mm<sup>2</sup>/s.</li> <li>- Pression <math>P = 315</math> bars maxi.</li> <li>- Débit <math>Q = 40</math> l/min. maxi.</li> <li>- Température du fluide de - 25 à 80 °C.</li> <li>- Huiles hydrauliques minérales (ISO).</li> </ul>	
<b>RÉDUCTEUR DE PRESSION MODULAIRE NG 6</b>	 <p><b>Réducteur de pression à commande directe.</b></p>	 <p>Courbes données pour une viscosité de 35 mm<sup>2</sup>/s.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Réduit la pression d'huile sur les distributeurs hydrauliques</li> <li>- Montage sur embase.</li> <li>- Viscosité de 10 à 500 mm<sup>2</sup>/s.</li> <li>- Pression <math>P = 315</math> bars maxi.</li> <li>- Débit <math>Q = 35</math> l/min. maxi.</li> <li>- Température du fluide : de - 25 à 80 °C.</li> <li>- Huiles hydrauliques minérales (ISO).</li> </ul>	

**DISTRIBUTEUR HYDRAULIQUE (TYPE NG6) :**

• FORME :

COMMANDES :

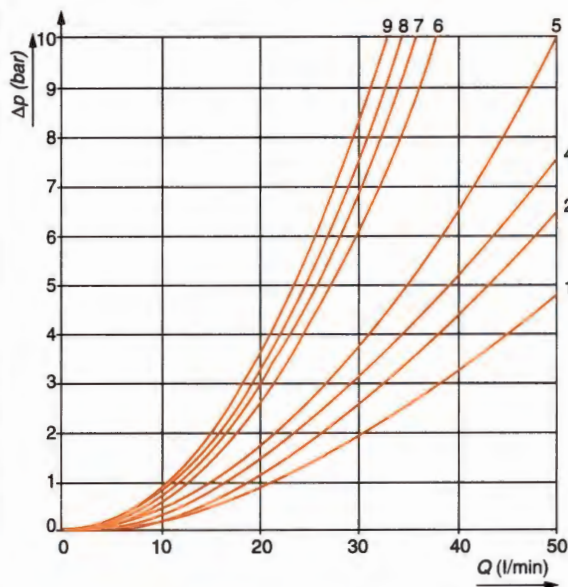


E		Commande électrique – CC : 30 W – 12, 24, 48, 80 V = 18 000 manœuvres/heure – CA : 45 VA – 24, 48, 110, 220 240 V~.
H		Commande hydraulique : Pression $P_c$ de 10 à 210 bars.
G		Commande mécanique par levier à galet $F = 30$ N.
P		Commande pneumatique : Pression $P_c$ de 5 à 10 bars.
M		Commande manuelle par levier avec ou sans crantage.

• SYMBOLES :

N°	SYMBOLES	POSITIONS AVEC TRANSITOIRES	E	H	G	P	M	N°	SYMBOLES	POSITIONS AVEC TRANSITOIRES	E	H	G	P	M
00 (1)			X			X	X	18 (1)			X				
01 (1)			X			X	X	20 (2)			X	X		X	
02 (1)			X			X	X	24 (2)			X				
04 (1)			X	X		X	X	26 (1)			X				
05 (1)			X					27 (2)			X	X			X
08 (2)			X					33 (2)			X				
10 (2)			X		X		X	45 (2)			X	X			
11 (2)			X					62 (1)			X				
12 (2)			X	X	X	X	X	68 (2)			X				
14 (2)			X			X		78 (2)			X				
16 (2)			X		X			95 (1)			X				
17 (2)			X					(1) distributeur 4/3 centrage par ressorts. (2) distributeur 4/2 retour par ressorts.							

## CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES :



Courbes données pour une viscosité de 35 mm<sup>2</sup>/s.

### APPLICATION :

Le distributeur 4/3, quel que soit le sens d'écoulement, a un débit de 21 l/min. pour un  $\Delta P$  de 1 bar.

## — Perte de charge

Symbole	Sens d'écoulement				
	PA	PB	AT	BT	PT
00	1	1	1	1	
01	2	2	2	2	
02	7	9	8	6	5
04	2	2	1	1	
05	1	1	2	2	
08	4	4	4	4	
10	4	4	4	4	
11	6	5	4	5	
12	4	4	4	4	
14	7			6	5
16	2			2	
17	1	1	2	2	
18	2	2	2	2	
20	4	4	4	4	
24	2	2	1	1	
26	2	2	2	2	
27	2			2	
33		1	1		
45		2	2		
62	2	5		2	
68	2	2			
78	1		4	4	6
95	2	2	1	1	5

- Température d'utilisation de -20 à 50 °C
- Pression maximale P.A.B. : 315 bars.
- Pression maximale T : 160 bars.
- Viscosité : de 10 à 500 mm<sup>2</sup>/s
- Température du fluide hydraulique de -25 à 80 °C
- Débit nominal ( $\Delta P = 1$  bar) : de 11 à 21 l/min.
- Débit maximal : 50 l/min

## 15.2. LES VÉRINS HYDRAULIQUES (TYPE HYCUM) (D'après CPOAC, groupe BOSCH)

### FORME :



Vérin hydraulique à double effet série HY/CUM à chapes

### FIXATION :

Côté vérin



B Alésage



G Chape



L Palier à rotule

S Filetage

Côté tige



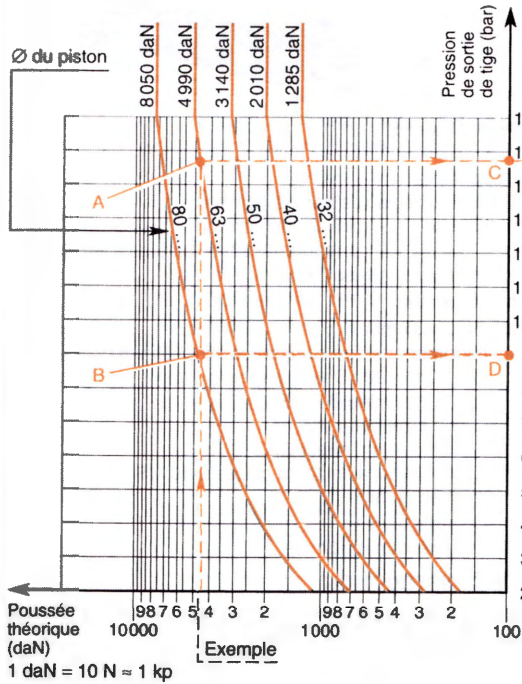
### • CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES :

- Pression nominale de service : 160 bars.
- Vitesse maximale du piston : 0,5 m/s.
- Température du fluide hydraulique : de -20 à 80 °C
- Viscosité : 16 à 90 mm<sup>2</sup>/s.
- Rendement :
  - $P = 20$  bars  $\rightarrow \eta = 0,85$
  - $P = 120$  bars  $\rightarrow \eta = 0,90$
  - $P = 160$  bars  $\rightarrow \eta = 0,92$
- Course : - Standard 100, 125, 160, 200, 250, 320, 400, 500.
- Sur demande  $\leq 1$  200 mm
- Caractéristiques de construction :

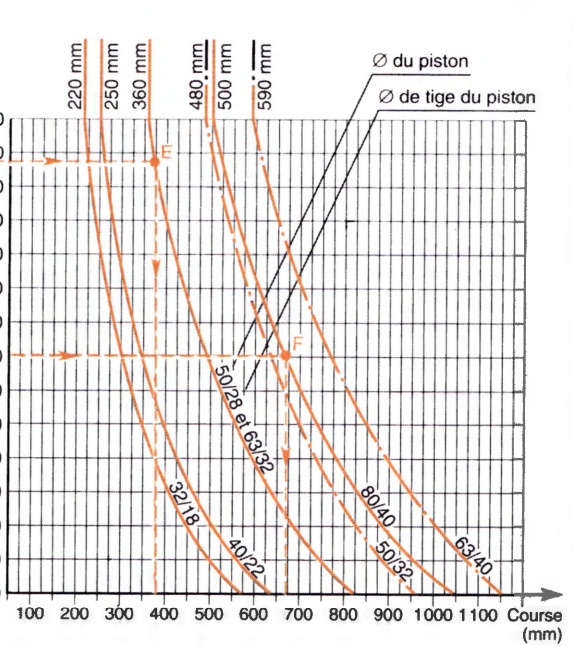
Piston $\varnothing D$ (mm)	Tige de piston (mm)	Surface de piston (cm <sup>2</sup> )	Surface différentielle (cm <sup>2</sup> )	Poussée maximale théorique en daN = 10 N - 1 kp	Traction maximale théorique en daN = 10 N - 1 kp	Fixation			
						G	L	S	X
32	18	8,04	5,49	1 285	880	X		X	X
40	22	12,57	8,77	2 010	1 400		X	X	X
50	28	19,64	13,48	3 140	2 155		X	X	X
50	32	19,64	11,60	3 140	1 860		X	X	X
63	32	31,17	23,13	4 990	3 700		X	X	X
63	40	31,17	18,60	4 990	2 980		X	X	X
80	40	50,27	37,71	8 050	6 040		X	X	X

**EXEMPLE DE CALCUL :**

**Pression de sortie en fonction de la poussée théorique.**



**Pression de sortie en fonction de la course maximum admissible respectant la sécurité au flambage**



- Quel vérin choisir pour :
- une poussée  $F$  de 4 000 daN
  - une course de 500 mm.

**SOLUTION :**

a) **Poussée théorique.**

$$\frac{F}{\eta} = \frac{4\,000}{0,9} = 4\,500 \text{ daN.}$$

b) La courbe 4 500 daN coupe la courbe du vérin Ø 63 en (A) et la courbe du vérin Ø 80 en (B).

c) La pression de sortie lue pour chaque type de vérin vaut :  
 Ø 63 → 146 bars, point (C).  
 Ø 80 → 90 bars, point (D).

d) Le diagramme de droite donne la course maximale des différents vérins pour chaque pression.

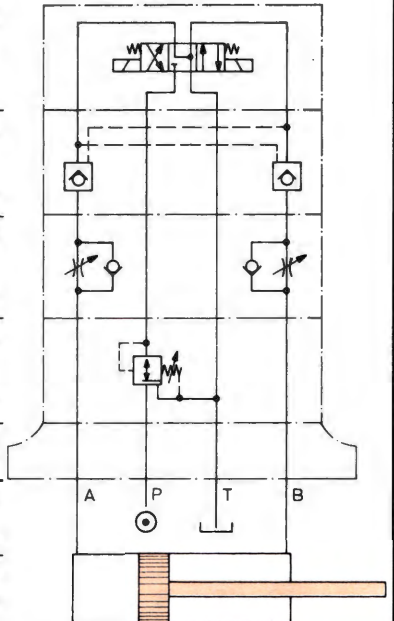
- Point (E) : Le vérin 63/32 autorise une course de 380 mm sous une pression de 146 bars. La course demandée étant de 500 mm, ce vérin ne convient pas.

- Point (F) : Le vérin 80/40 autorise une course de 670 mm sous une pression de 90 bars (> 500 mm)

**Ce vérin convient.**

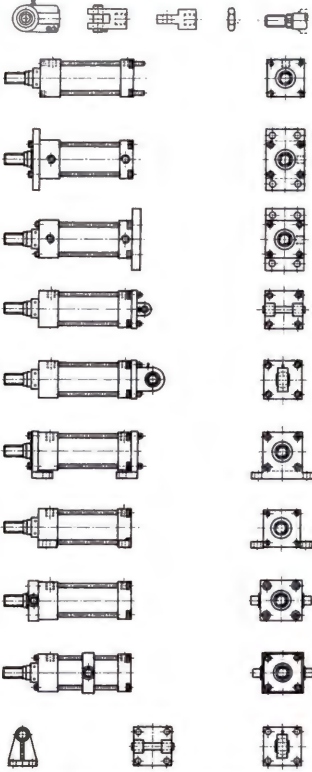
**SCHÉMA DE MONTAGE MODULAIRE : (Exemple de commande de vérin double effet)**

- Distributeur 4/3 centrage par ressort à double pilotage électrique.
- Clapet antiretour double piloté.
- Freineur unidirectionnel double.
- Réducteur de pression.
- Embase
- Raccordements : P = pression ; T : retour ; A-B : vérin.
- Vérin hydraulique à double effet.



# 15.3. LES VÉRINS HYDRAULIQUES (TYPE C 80 H) (D'après CPOAC, groupe BOSCH)

## DIFFÉRENTS TYPES DE MONTAGES ET D'EXTRÉMITÉS DE TIGE



## FORME



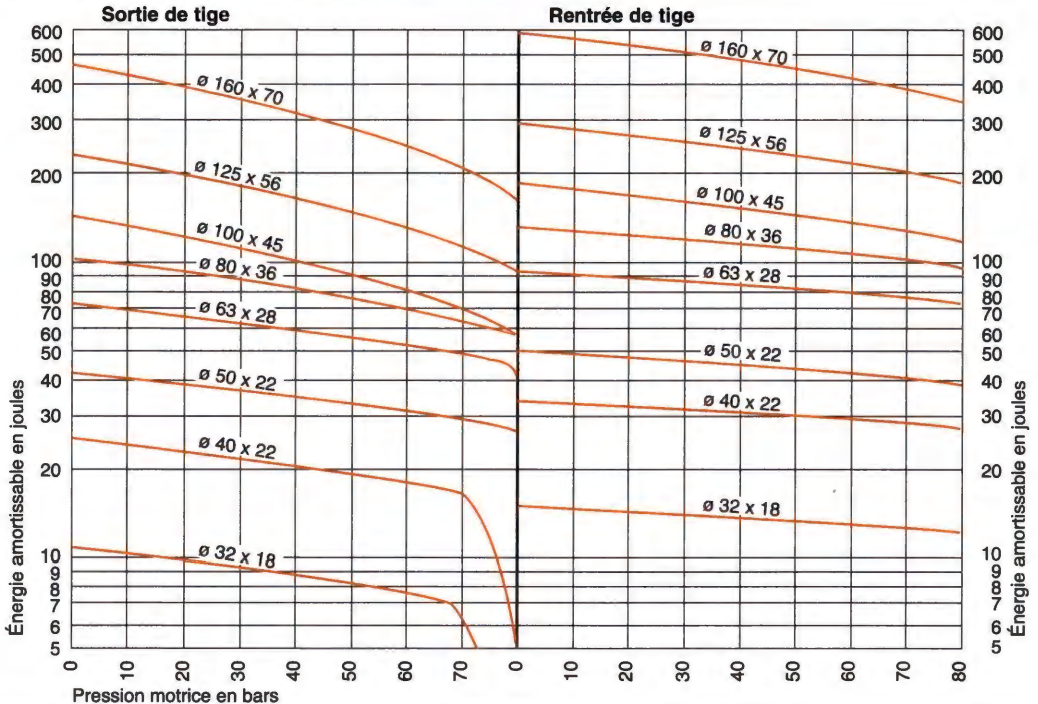
## CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES

- Vérins à tirants
- Fixations intégrées ou rapportées
- Amortissements avant et arrière réglables par vis pointeau
- Bague d'amortissement flottante :
  - meilleur démarrage
  - centrage parfait → longue durée de vie
- Différents types d'étanchéité suivant utilisation
- Course : de 0 à 2500 mm maximum + $\frac{2}{0}$  mm
- Pression d'utilisation : 80 bars maximum
- Fluide d'utilisation : huile minérale et solution aqueuse HFC (DIN 51524)
- Température du fluide : - 20 °C à + 80 °C
- Raccordement :
  - bride taraudée BRIGES
  - bride taraudée GAZ
  - raccordement direct GAZ
- Filtration conseillée : pollution d'huile limitée à classe 9-10 NSA 1638 à réaliser avec un filtre  $\beta_{25} = 75$
- Étanchéité du piston :
  - joints à lèvres
  - segments métalliques

## CARACTÉRISTIQUES DE CONSTRUCTION

∅ Alésage (mm)	32	40	50	63	80	100	125	160
∅ Tige (mm)	18	22	22	28	36	45	56	70
Vitesse maximum (m/s)	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1
Amortissement côté tige (mm)	14	20	20	23	23	28	28	37
Amortissement côté fond (mm)	13	19	19	22	22	27	27	37

## ÉNERGIE AMORTISSABLE (TIGE NORMALE)



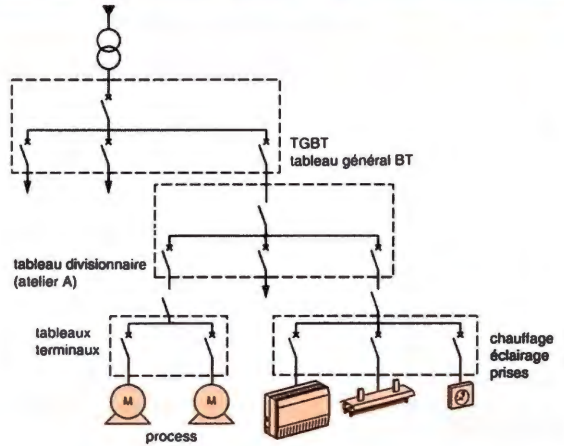
# 16. DISTRIBUTION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE, LES RÉSEAUX ET LES POSTES HT/BT

## 16.1. PRINCIPALES ARCHITECTURES DE LA DISTRIBUTION BT

(D'après SCHNEIDER ELECTRIC)

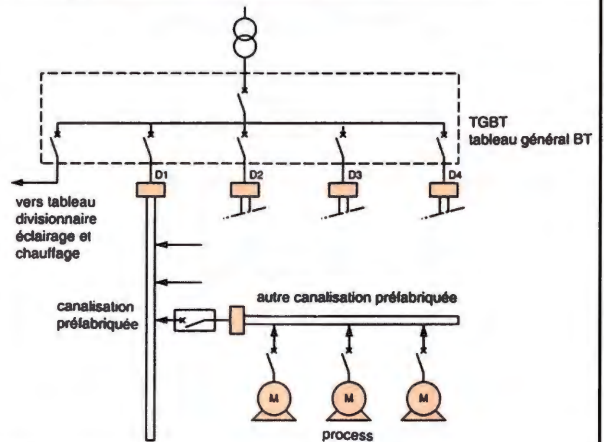
### 16.1.1. DISTRIBUTION RADIALE ARBORESCENTE À 3 NIVEAUX PAR CONDUCTEURS

- Par conducteurs, dans les bâtiments dédiés à une application précise :
  - habitat, hôtels, bâtiments agricoles, écoles, etc.
- **Avantages :**
  - seul le circuit en défaut est mis hors service ;
  - localisation facile du défaut ;
  - opération d'entretien sans coupure générale ;
  - peu de contraintes de passage : gaines techniques, etc.
- **Inconvénients :**
  - un défaut au niveau des départs principaux affecte les niveaux des départs divisionnaires et des départs terminaux.



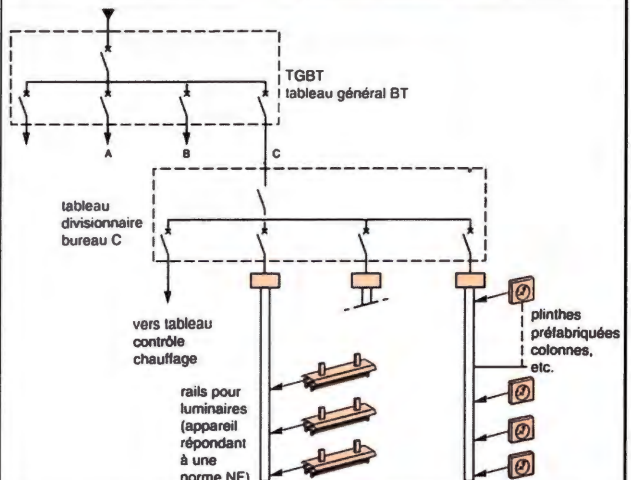
### 16.1.2. DISTRIBUTION RADIALE ARBORESCENTE À CANALISATIONS PRÉFABRIQUÉES AU NIVEAU DIVISIONNAIRE

- Avec canalisations préfabriquées au niveau divisionnaire en industriel et tertiaire.
- **Avantages :**
  - flexibilité de l'installation électrique dans les locaux à espace non cloisonné, facilité de mise en œuvre.



### 16.1.3. DISTRIBUTION RADIALE ARBORESCENTE À SYSTÈMES PRÉFABRIQUÉS AU NIVEAU TERMINAL

- Avec canalisations préfabriquées au niveau terminal : bureaux, laboratoires, etc.
- **Avantages :**
  - flexibilité et esthétique des circuits terminaux dans les locaux à cloisonnement évolutif, facilité de mise en œuvre.



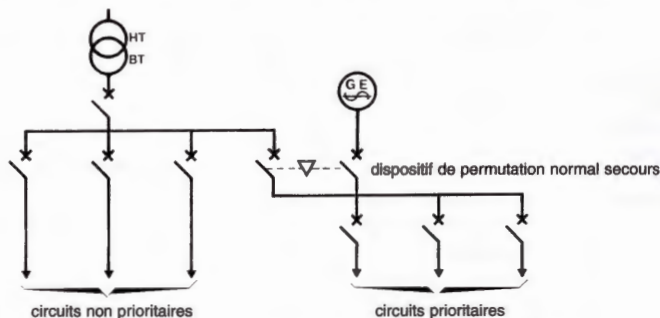
## 16.2. LA CONTINUITÉ DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

### DIVISION DES INSTALLATIONS ET UTILISATION DE PLUSIEURS SOURCES.

Si la puissance installée est importante, l'utilisation de plusieurs transformateurs permet d'isoler les récepteurs à contraintes ou caractéristiques particulières :

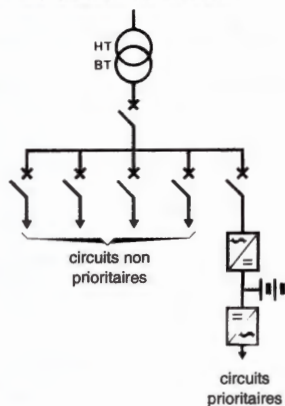
- niveau d'isolement susceptible de variation ;
- sensibilité aux harmoniques (locaux informatiques...) ;
- générateurs de creux de tension (délestage de moteurs de forte puissance...) ;
- générateurs d'harmoniques.

### ALIMENTATION DE REMPLACEMENT OU DE SÉCURITÉ PAR GROUPE ÉLECTROGÈNE

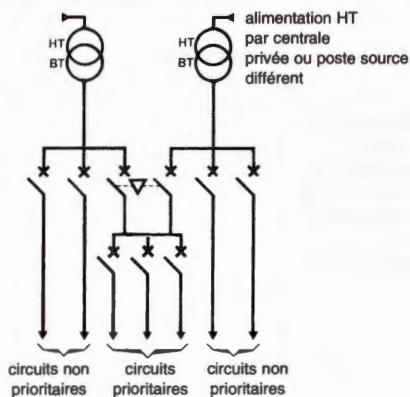


16.2.1.  
ALIMENTATION  
DE  
REPLACEMENT

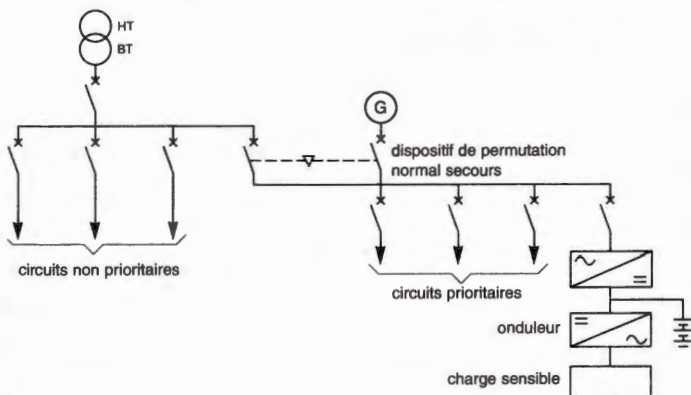
### REPLACEMENT PAR ALIMENTATION STATIQUE SANS COUPURE



### ALIMENTATION DOUBLE



### ASSOCIATION D'ALIMENTATIONS DE SECOURS ET DE SUBDIVISION DES CIRCUITS



16.2.2.  
EXEMPLE

# 16.3. ÉVALUATION ET JUSTIFICATION DE LA PUISSANCE D'UNE INSTALLATION BT

- La PUISSANCE INSTALLÉE permet de définir la puissance du transformateur HT/BT

- ESTIMATION DES PUISSANCES INSTALLÉES

ÉCLAIRAGE FLUORESCENT (compensé à $\cos \varphi = 0,86$ )			FORCE MOTRICE	
TYPE D'EXPLOITATION	PUISSANCE estimée (VA/m <sup>2</sup> )	Éclairage moyen (lux)	TYPE D'EXPLOITATION	PUISSANCE estimée (VA/m <sup>2</sup> )
Voies de circulation, aires de stockage sans travail continu.	7	150	Compresseur d'air, pompe	3 à 6
Gros travaux (fabrication et assemblage de grosses pièces).	14	300	Ventilation des locaux	23
Travaux courants : bureaux.	24	500	Bureaux	25
Travaux fins : bureaux d'études, atelier de montage de précision.	41	800	Atelier d'expédition	50
			Atelier de montage	70
			Atelier d'usinage	300
			Atelier de peinture	350
			Atelier de traitement thermique	700

- PUISSANCE D'UTILISATION

dépend : - du facteur d'utilisation maximale d'un récepteur ( $K_U$ )

- du facteur de simultanéité d'un groupe de récepteurs ( $K_S$ )

FACTEUR DE SIMULTANÉITÉ ( $K_S$ ) POUR USAGE D'HABITATION		FACTEUR DE SIMULTANÉITÉ ( $K_S$ ) POUR ARMOIRES DE DISTRIBUTION INDUSTRIELLE (UTE 63-410)	
NOMBRE D'ABONNÉS	FACTEUR DE SIMULTANÉITÉ	NOMBRE DE CIRCUITS	FACTEUR DE SIMULTANÉITÉ
2 à 4	1	2 et 3	0,9
5 à 9	0,78	4 et 5	0,8
10 à 14	0,63	6 et 9	0,7
15 à 19	0,53	10 et plus	0,6
20 à 24	0,49	<b>FACTEUR DE SIMULTANÉITÉ (<math>K_S</math>) POUR INSTALLATIONS DOMESTIQUES</b> UTILISATION   FACTEUR DE SIMULTANÉITÉ Éclairage, conditionnement d'air   1 Chauffage électrique, chauffe-eau   1 Prises de courant (N : nb de prises alimentées par le même circuit)   $0,1 + \frac{0,9}{N}$ Ascenseurs et monte-charge   Moteur le plus puissant : 1 Moteur suivant : 0,75 Autres moteurs : 0,6	
25 à 29	0,46		
30 à 34	0,44		
35 à 39	0,42		
40 à 49	0,41		
50 et au-dessus	0,40		
<b>FACTEUR D'UTILISATION MAXIMALE (<math>K_U</math>) POUR LE TERTIAIRE ET L'INDUSTRIE</b>			
- Force motrice :	0,75		
- Éclairage et chauffage :	1		
- Prise de courant : dépend du récepteur raccordé			

- EXEMPLE DE DÉTERMINATION DE LA SECTION DES CANALISATIONS D'UN IMMEUBLE DE 4 ÉTAGES (26 abonnés)

- Puissance installée : 150 kVA.

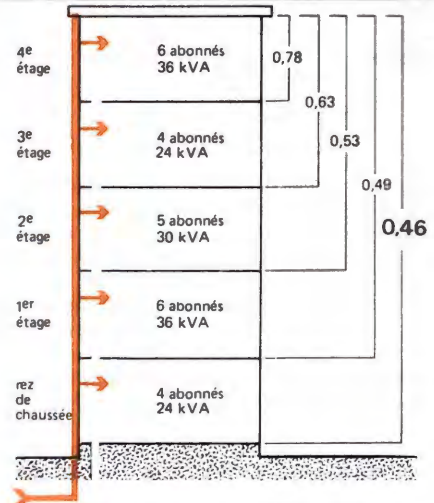
- Puissance nécessaire :  $150 \times 0,46 = 69$  kVA.

$$I_s \text{ au rez-de-chaussée} = \frac{150 \times 0,46}{400 \sqrt{3}} = 100 \text{ A.}$$

- On choisira, d'après la Norme C14-100, un câble : PVC  $4 \times 35$  mm<sup>2</sup> du rez-de-chaussée au 2<sup>e</sup> étage.

$$- I_s \text{ au 3<sup>e</sup> étage} = \frac{(36 + 24) \times 0,63}{400 \sqrt{3}} = 54 \text{ A.}$$

- On choisira un câble PVC de  $4 \times 16$  mm<sup>2</sup> pour les 3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> étages.



## 16.4. EXEMPLE D'ESTIMATION DE LA PUISSANCE INSTALLÉE ET DE LA PUISSANCE D'UTILISATION D'UN ATELIER DE FABRICATIONS MÉCANIQUES

(d'après SCHNEIDER ELECTRIC)

– Évaluation des puissances qui transitent à chaque niveau d'installation, y compris les puissances intermédiaires.

NIVEAUX D'INSTALLATION				1 <sup>er</sup> NIVEAU		2 <sup>e</sup> NIVEAU		3 <sup>e</sup> NIVEAU	
utilisation	puissance installée (kW)	coefficient d'utilisation maximale	puissance d'utilisation maximale (kW)	coefficient de simultanéité	puissance d'utilisation (kW)	coefficient de simultanéité	puissance d'utilisation (kW)	coefficient de simultanéité	puissance d'utilisation (kW)
<b>atelier A</b>									
tour n° 1	5	0,8	4	coffret divisionnaire		armoire d'atelier		armoire générale	
tour n° 2	5	0,8	4	0,75	14,4	0,9	19,5	0,9	59,1
tour n° 3	5	0,8	4						
tour n° 4	5	0,8	4						
perceuse n° 1	2	0,8	1,6						
perceuse n° 2	2	0,8	1,6						
5 PC 2 x 10 A	22	1	22	0,19	4,2				
30 fuscs 2 x 40 W	3	1	3	1	3				
total A	49								
<b>atelier B</b>									
compresseur	15	0,8	12	1	12	0,9	14,1	0,9	59,1
3 PC 10 A	6,6	1	6,6	0,4	2,6				
10 fuscs 2 x 40 W	1	1	1	1	1				
total B	22,6								
<b>atelier C</b>									
ventilateur 1	2,5	1	2,5	1	5	0,8	32		
ventilateur 2	2,5	1	2,5						
four n° 1	15	1	15	1	30				
four n° 2	15	1	15						
5 PC 10 A	11	1	15	0,28	3				
20 fuscs 2 x 40 W	2	1	2	1	2				
total C	48								
total A + B + C	119,6 kW								

- La puissance TOTALE INSTALLÉE est de 119,6 kW.
- La PUISSANCE D'UTILISATION au niveau 3 est de 59,1 kW.
- Soit un FACTEUR GLOBAL de :  $59,1/119,6 = 0,495$ .
- DÉTERMINATION DE LA PUISSANCE DU TRANSFORMATEUR HT/BT.
  - Cos  $\varphi$  moyen estimé de l'installation : 0,86 (évite les pénalités dues à la consommation de l'énergie réactive)
  - Coefficient  $K_a$  (supérieur à 1) qui tient compte des prévisions d'extension

$$P_{TR} = K_a \frac{P_u}{\cos \varphi}$$

$$P_{TR} = 1,4 \frac{59,1}{0,86} = 96,3 \text{ kVA}$$

$K_a = 1,4$  (projet d'extension de l'installation électrique : 40 %)

- On choisira un transformateur de puissance normalisée = 100 kVA
- Autres indications nécessaires à la commande du transformateur :
  - Température ambiante moyenne si elle est supérieure à 20 °C
  - L'altitude si elle est supérieure à 1 000 m
  - S'il est prévu un fonctionnement de transformateurs en parallèle
  - La tension primaire, la ou les tensions secondaires.

### PUISSANCES ET TENSIONS NORMALISÉES

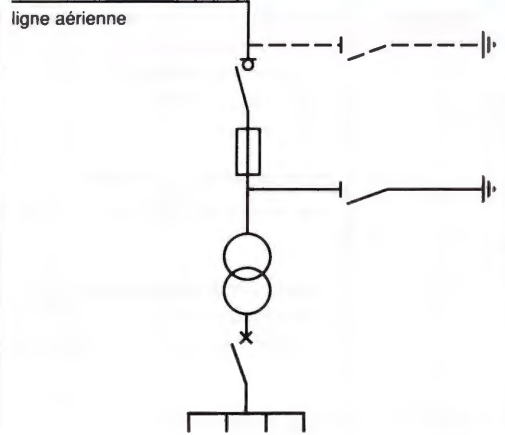
- Transformateurs sur poteau (kVA) : 25-50-100
- Transformateurs en cabine (kVA) : 25-50-100-160-250-400-630-800-1000-1250-1600-2000
- Tensions primaires (kV) : 5,5-10-15-20-30-10/20-15/20
- Tensions secondaires (V) : 231-400

## 16.5. RÉSEAU DE DISTRIBUTION DE 2<sup>e</sup> CATÉGORIE

### 16.5.1. ALIMENTATION HT SIMPLE DÉRIVATION

#### ALIMENTATION

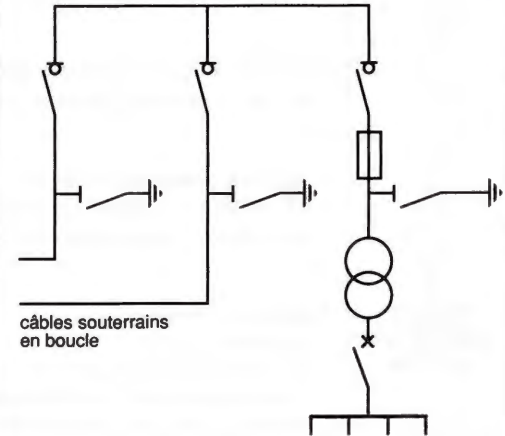
- Le poste est alimenté par une dérivation du réseau de distribution HT.
- Le poste comporte, en règle générale, une cellule arrivée et protection générale par interrupteur-sectionneur et fusibles.
- En France, seul le poste haut de poteau ne comporte pas d'appareillage à haute tension, sa puissance est limitée à 160 kVA.
- Les domaines d'utilisation :
  - distribution publique HT en lignes aériennes (rural) ;
  - distribution HT dans la plupart des industries, le tertiaire.



### 16.5.2. ALIMENTATION HT COUPURE D'ARTÈRE

#### DEUX ALIMENTATIONS

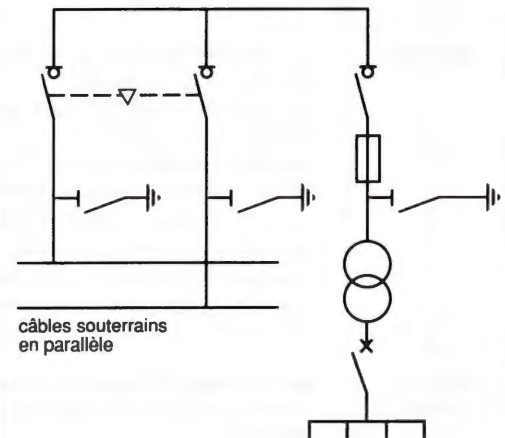
- L'alimentation du poste est insérée en série sur la ligne du réseau de distribution à haute tension, et comprend le passage de cette ligne.
- Le poste comporte 3 cellules HT :
  - 2 cellules « arrivée » avec interrupteur-sectionneur,
  - cellule « départ » et protection générale par interrupteur-fusibles, par combiné interrupteur-fusibles ou par disjoncteur et sectionneur.
- Permet l'utilisation d'une alimentation fiable à partir des 2 postes sources ou de 2 départs HT, ce qui limite les temps d'interruption en cas de travaux sur le réseau.
- Distribution publique HT par réseaux souterrains en zone urbaine.
- Réseaux HT d'activités tertiaires.



### 16.5.3. ALIMENTATION HT DOUBLE DÉRIVATION

#### DEUX ALIMENTATIONS

- Lorsque le réseau HT comporte 2 câbles souterrains distincts en parallèle, le poste peut être alimenté par l'une ou l'autre de ces deux dérivations du réseau HT.
- Le poste comporte alors 3 cellules HT :
  - 2 cellules « arrivée » avec interrupteur-sectionneur,
  - 1 cellule « départ » et protection générale par interrupteur-fusibles, ou par disjoncteur et sectionneur.
- La permutation d'une alimentation sur l'autre peut être effectuée lors de la disparition de la tension sur l'alimentation alimentant le poste :
  - soit par un automatisme,
  - soit manuellement.
- Utilisé pour la distribution publique HT souterraine et les réseaux des villes à forte densité ou en extension.



## 16.6. DÉMARCHE DE DÉTERMINATION DES CARACTÉRISTIQUES D'UN POSTE DE LIVRAISON

### DONNÉES

#### Puissances maximales prévues :

- coefficient d'utilisation,
- facteur de simultanéité,
- période d'utilisation.

#### Plan de masse de l'installation :

- le distributeur doit avoir un accès direct à la HT du poste (personnel qualifié et agréé)

#### Continuité d'alimentation souhaitée :

- estimation des pertes de production et d'exploitation,
- sécurité des biens et des personnes.

### BESOINS

#### Type d'alimentation :

- nature du réseau (aérien-souterrain),
- l'alimentation (simple dérivation – coupure d'artère – double dérivation – § 16.9.),
- la puissance et le courant de court-circuit.

#### La tension et le niveau d'isolement assigné :

- existant ou futur retenu, compte tenu des évolutions du réseau.

#### Le type de comptage qui définit :

- les frais de raccordement au réseau,
- la tarification (consommation et abonnement § 21.1.).

### ACCORD DU DISTRIBUTEUR D'ÉNERGIE

#### Réalisation ; Indiquer :

- la position du poste,
- le schéma des connexions et des circuits de terre,
- la nomenclature des matériels électriques et leurs caractéristiques,
- le plan du poste avec positionnement du matériel (y compris le comptage),
- les dispositions prévues pour réduire l'énergie réactive consommée (§ 21.5.),
- les dispositions prévues pour le comptage et le type de tarif (§ 21.1.),
- éventuellement les dispositions relatives aux sources de remplacement HT ou BT.

### CONTRÔLE

#### Contrôle et vérification par un organisme agréé : CONSUEL (§ 26.3.)

- mesure des prises de terre,
- continuité électrique des circuits de terre,
- contrôle des matériels HT,
- isolement de l'équipement HT,
- niveau et rigidité électrique du liquide isolant au transformateur,
- contrôle de l'équipement BT du poste,
- contrôle des verrouillages, des asservissements et des automatismes,
- réglage et contrôle du relayage de protection,
- manœuvres et exploitation en toute sécurité.

### MISE EN SERVICE

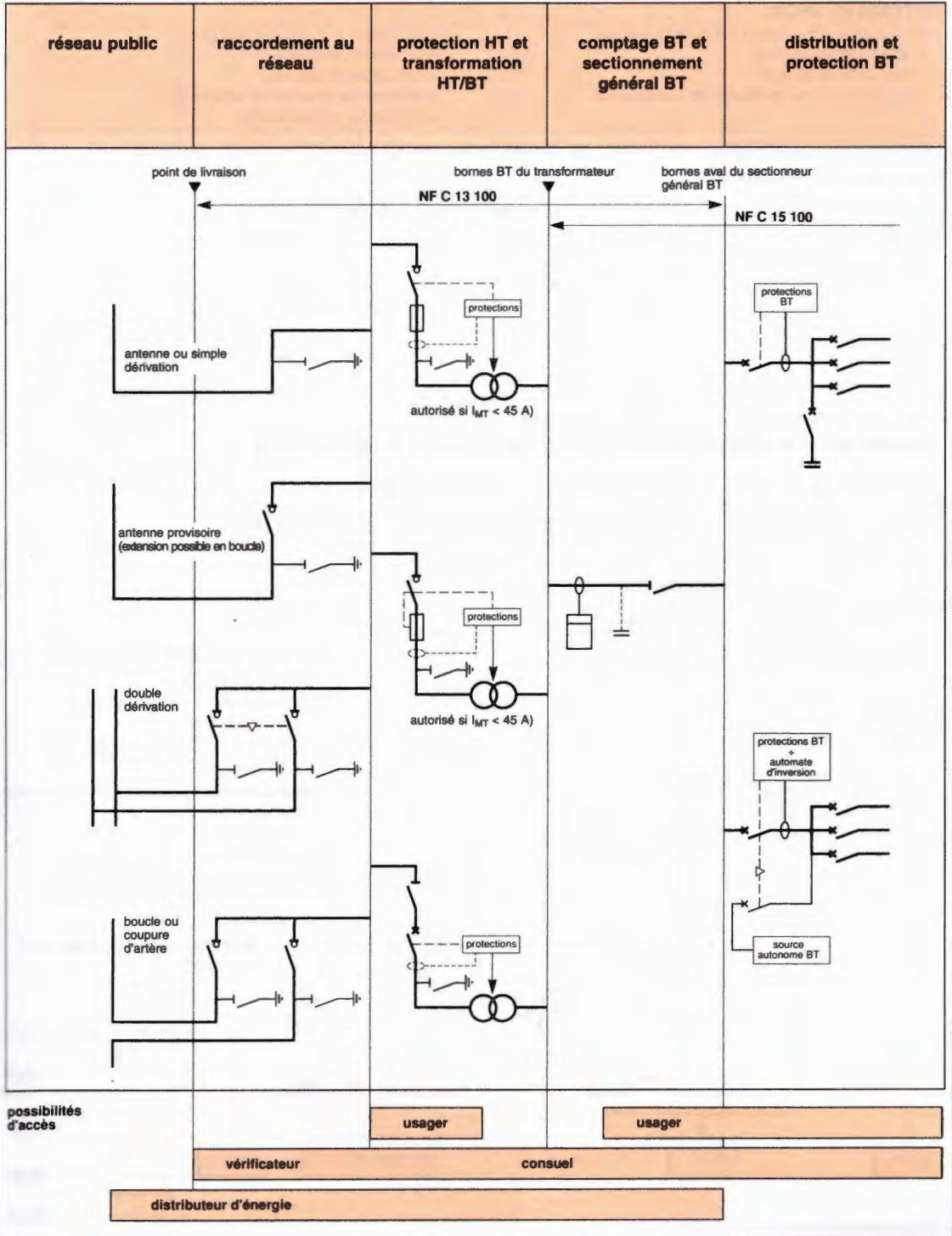
#### Après réception du certificat de conformité :

- mise en service par le distributeur de l'alimentation HT et vérification du non fonctionnement du comptage,
- mise en service par l'installateur de la distribution BT.

# 16.7. POSTE DE LIVRAISON À COMPTAGE BT

(D'après SCHNEIDER ELECTRIC)

– Un poste de livraison à comptage BT est une installation électrique raccordée à un réseau de distribution publique sous une tension nominale de 1 à 24 kV comprenant un seul transformateur HT/BT dont le courant secondaire assigné est au plus égal à 2 000 A ( $P_{max} = 1\,250\text{ kVA}$ ). À cette puissance maximale correspond une intensité maximale au primaire de 45 A, pour une tension primaire de 20 kV.



# 16.8. CHOIX DE LA CELLULE DE PROTECTION DU TRANSFORMATEUR

## NORMES ET SPÉCIFICATIONS

- Conforme aux normes NFC 13-100/200, NFC 64-400 et NFC 64-160 pour la coupure pleinement apparente.
- Conçue pour des installations intérieures (IP 2x) et pour être installée dans les postes intérieurs ou extérieurs.
- Un poste est réalisé, en général, à partir de cellules modulaires qui permettent de réaliser tous les types de schémas et les extensions ultérieures.

## CRITÈRES DE CHOIX

- Le réseau d'alimentation est caractérisé par :
  - la tension de service,
  - l'intensité de la ligne,
  - la puissance (ou intensité) de court-circuit.
- Une cellule est caractérisée par :
  - sa tension assignée,
  - son courant assigné,
  - sa tenue au courant de court-circuit,
  - la fonction qu'elle remplit.

## LES TABLEAUX CI-DESSOUS INDIQUENT LES CORRESPONDANCES POUR EFFECTUER CE CHOIX

### Choix de la tension assignée

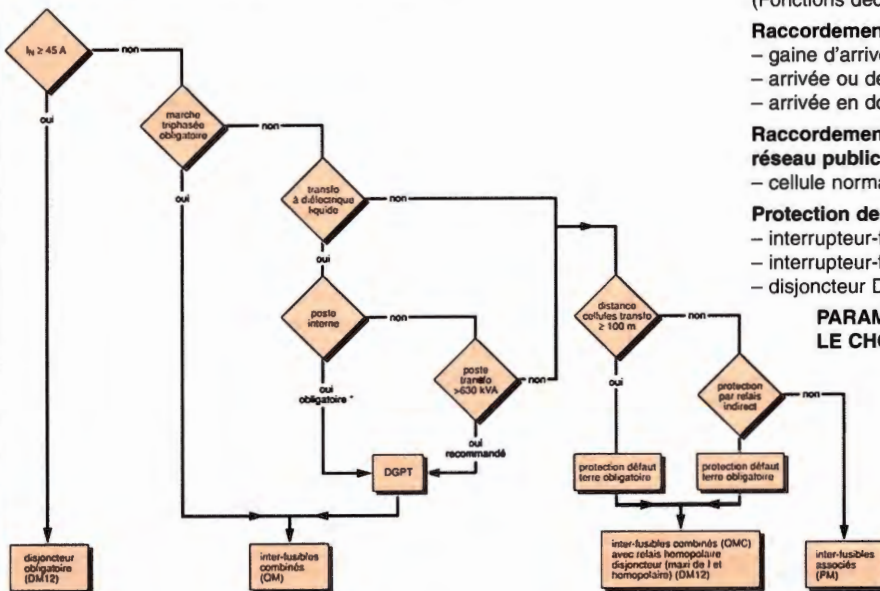
tension de service (kV)	3	3,3	4,16	5	5,5	6	6,6	10	11	13,8	15	20	22
tension assignée (kV)	3,6		7,2					12		17,5		24	
tenue diélectrique 50 Hz - 1 min. (kV crête)	isolement (1)		10	20				28	38	50			
	sectionnement (2)		12	23				32	45	60			
onde de choc 1,2/50 µs (kV crête)	isolement (1)		40	60				75	95	125			
	sectionnement (2)		46	70				85	110	145			

- (1) Isolement : tenue diélectrique entre phases et masse.
- (2) Sectionnement : tenue diélectrique entre entrée et sortie.
- (3)  $I_{th}/1$  s. tenue thermique pendant 1 seconde
- (4)  $I_{oc}$  : intensité de court-circuit.
- (5) Pdf : pouvoir de fermeture ou tenue électrodynamique.

### Choix de la tenue au courant de court-circuit (série)

puissance de court-circuit équivalent (MVA) pour une tension de service en kV													$I_{th}/1$ s (3)	série	Pdf (5)
3	3,3	4,16	5	5,5	6	6,6	10	11	13,8	15	20	22	$I_{oc}$ (4)	(kA eff.)	(kA crête)
65	70	90	110	120	130	145	215	240	300	325	435	475	12,5	12	31,5
75	85	105	125	135	150	165	250	275	345	375	500	550	14,4	14	36,5
85	90	115	140	150	165	185	280	305	385	415	555	610	16	16	40
110	120	150	180	200	220	240	365	400	500	545			20	20	50
135	150	190	230	250	275	300	455	500					25	25	62,5
	165	180	230	275	300	330	360						31,5	30	79

## LOGIGRAMME DU CHOIX DE LA CELLULE



## CHOIX DE LA FONCTION À REMPLIR

(Fonctions décrites § 16.10.4.)

### Raccordement avec le réseau :

- gaine d'arrivée GAM,
- arrivée ou départ par interrupteur IM,
- arrivée en double dérivation DDM.

### Raccordement secours par un second réseau public :

- cellule normal-secours NSM.

### Protection des transformateurs :

- interrupteur-fusibles associés PM,
- interrupteur-fusibles combinés QM,
- disjoncteur DM 12.

## PARAMÈTRES INFLUENÇANT LE CHOIX

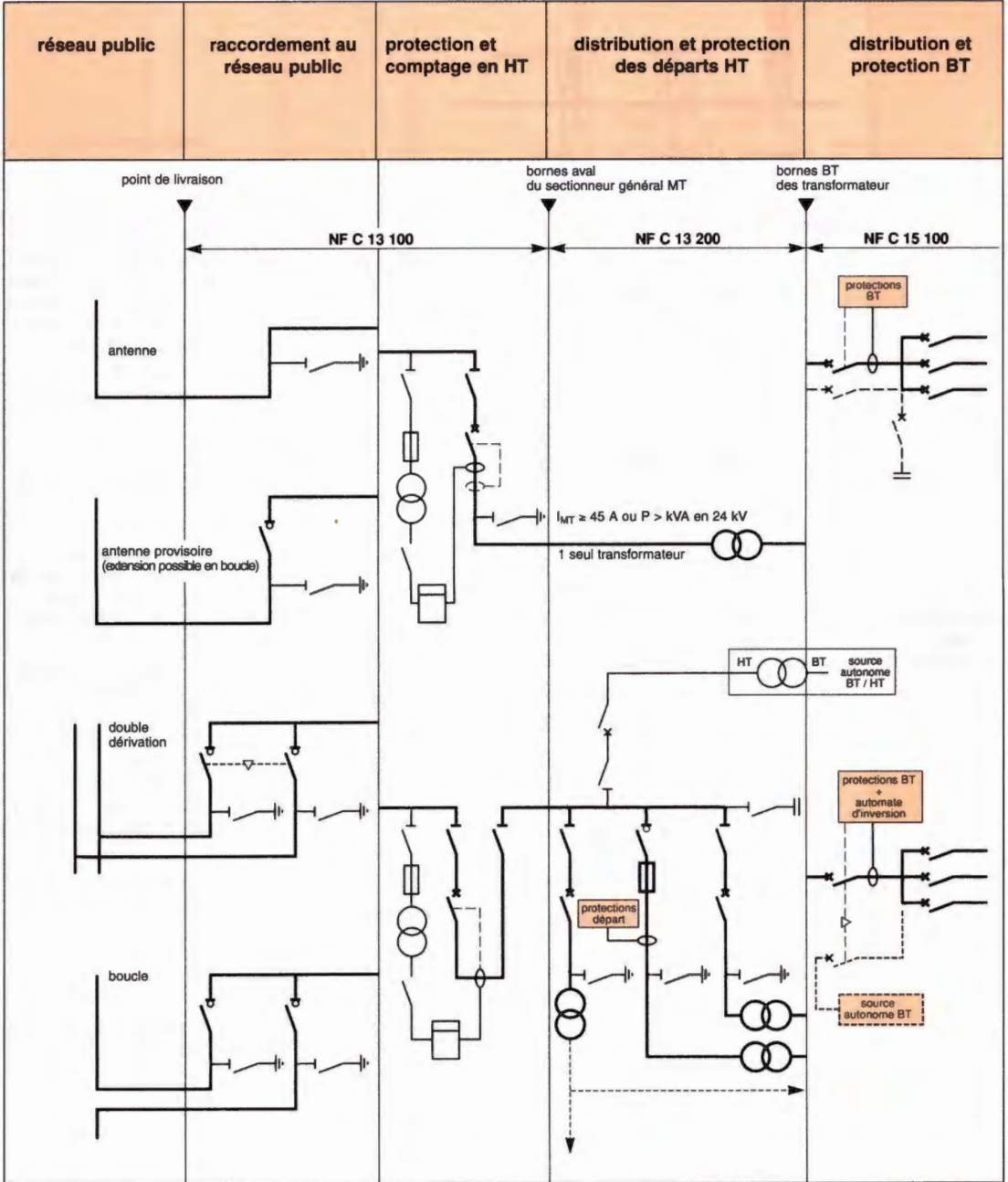
- La valeur du courant primaire.
- Le diélectrique du transformateur.
- L'installation du poste par rapport au local principal.
- La puissance du transformateur.
- La distance des cellules au transformateur.
- L'emploi des relais indirects.

\* En l'absence de fosse de récupération d'huile.

# 16.9. POSTE DE LIVRAISON À COMPTAGE HT

(D'après SCHNEIDER ELECTRIC)

– Un poste de livraison à comptage HT est une installation électrique raccordée à un réseau de distribution publique sous une tension nominale de 1 à 24 kV comprenant un seul transformateur HT/BT de puissance supérieure à 1 250 kVA ou plusieurs transformateurs, le courant assigné de l'équipement BTB du poste étant au plus égal à 400 A.



possibilités d'accès

usager

vérificateur consuel

distributeur d'énergie

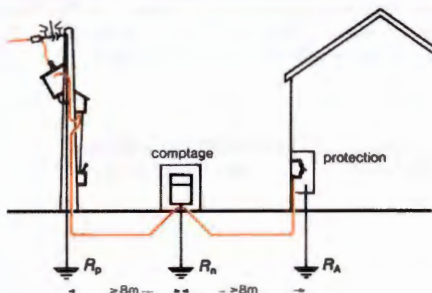
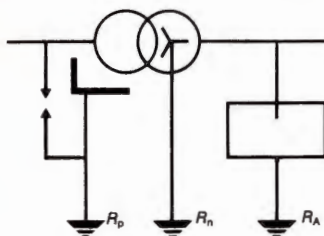
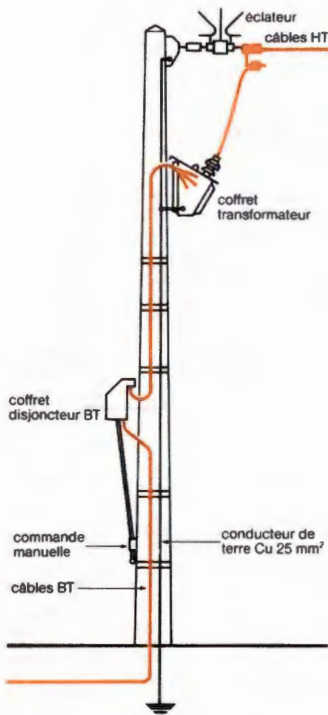


schéma TTS (ou ITS)



$R_p \leq 30 \Omega$  car le matériel du poste (transformateur et disjoncteur haut de poteau) est sur-isolé à 20 kV choc.

$R_n \leq 3 \Omega$  pour couvrir le risque de claquage en retour du matériel BT de l'abonné suite à un claquage HT/BT



## CONSTITUTION D'UN POSTE HAUT DE POTEAU

Interrupteur aérien

La dernière portée est réalisée en conducteurs nus pour faciliter la mise à la terre des conducteurs nus lors de la mise hors tension du poste HT-BT.

Éclateur ou parafoudre.

Prise de terre du poste.

Point de livraison. Transformateur HT-BT sur poteau 25-50 ou 100 kVA (500 kg maxi).

Disjoncteur BT protège le transformateur. Mise à la terre du neutre lorsque le disjoncteur est ouvert.

Commande manuelle par tringle cadenassable.

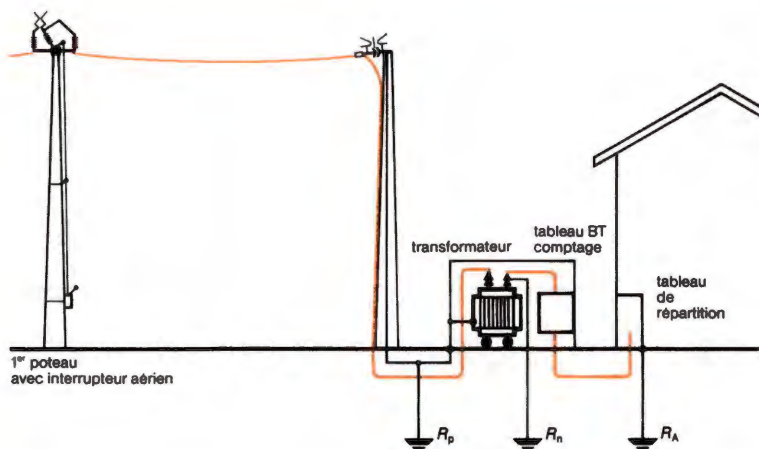
Prise de terre du neutre.

Comptage

Disjoncteur BT réglé et plombé.

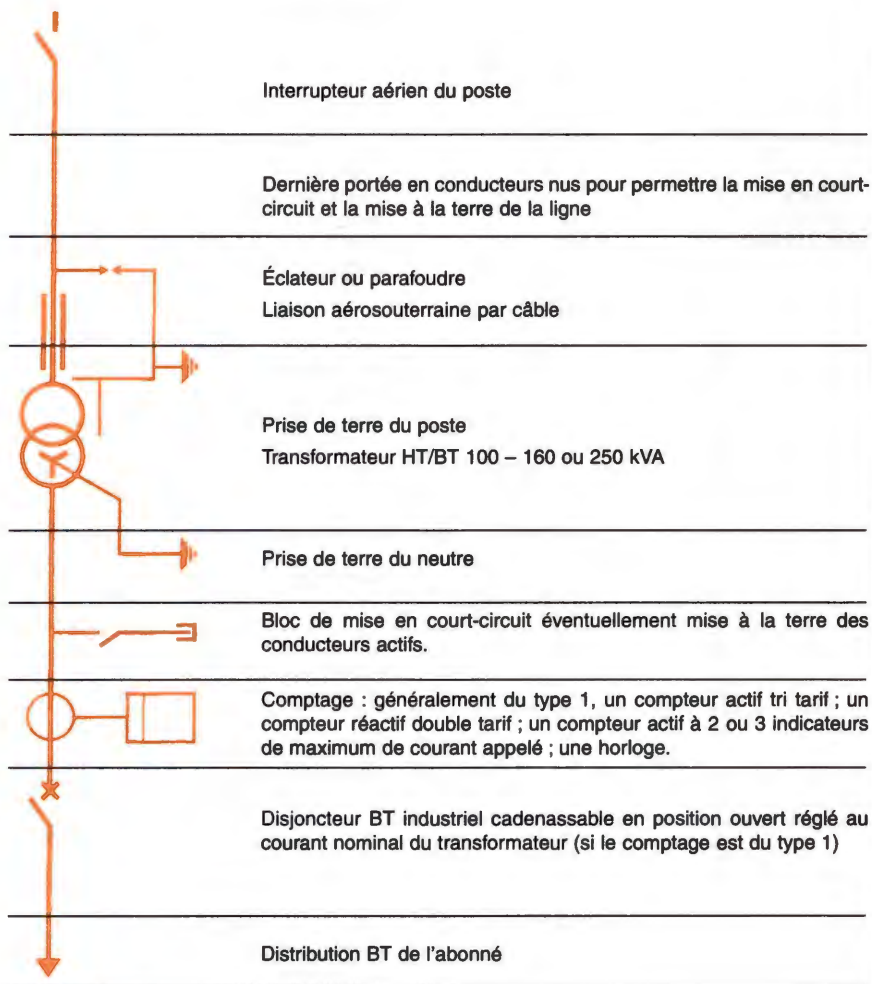
Distribution BT de l'abonné.

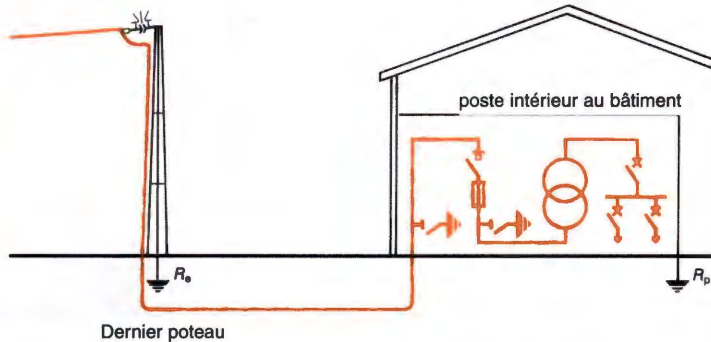
### 16.10.1. POSTES HT/BT HAUT DE POTEAU



### CONSTITUTION D'UN POSTE BAS DE POTEAU

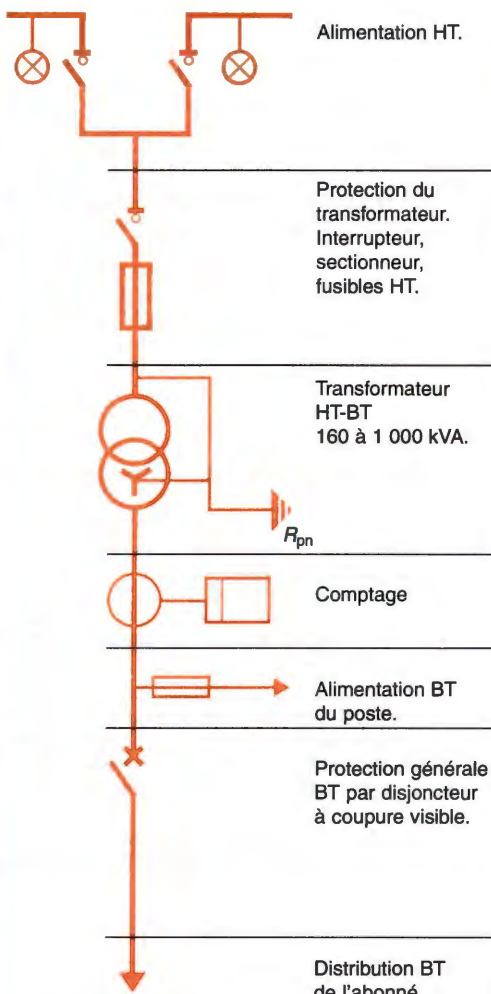
#### 16.10.2. POSTES HT/BT BAS DE POTEAU



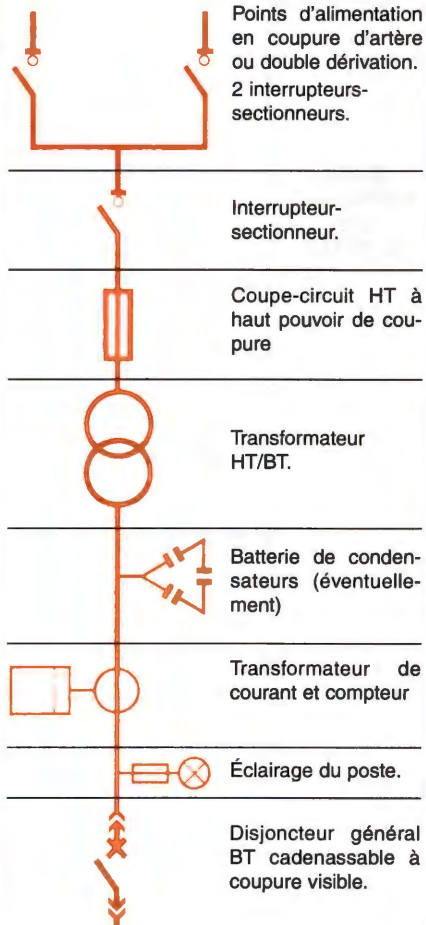


**16.10.3.  
POSTES  
URBAINS  
ET POSTES  
D'INTÉRIEURS**

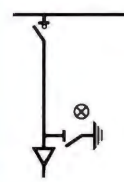
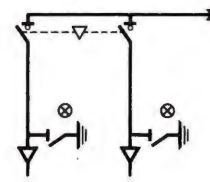
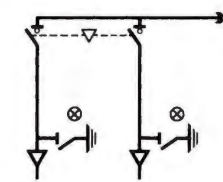
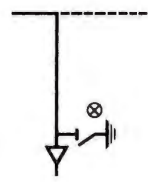

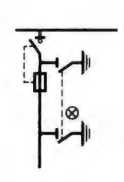
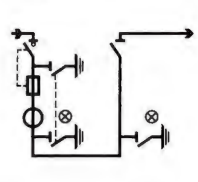
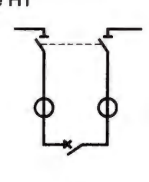
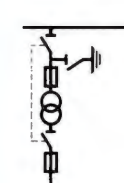

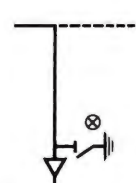
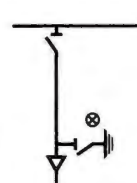
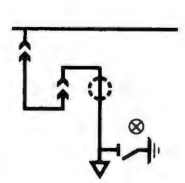
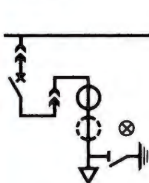
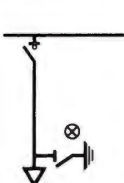
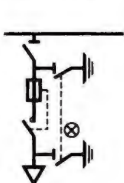
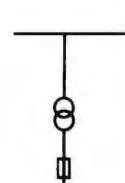

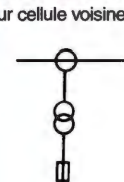
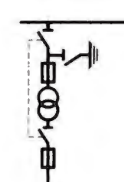


**CONSTITUTION D'UN POSTE URBAIN COMPACT EN COUPEURE D'ARTÈRE**



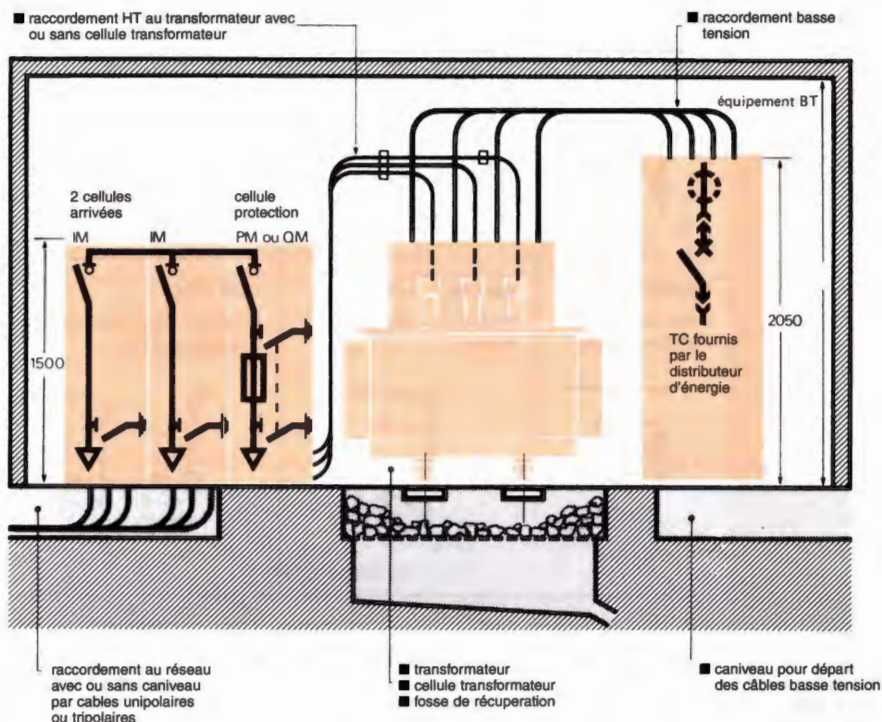
**CONSTITUTION D'UN POSTE D'INTÉRIEUR**



**16.10.4.  
DIFFÉRENTS  
TYPES DE  
CELLULES OU  
FONCTIONS**

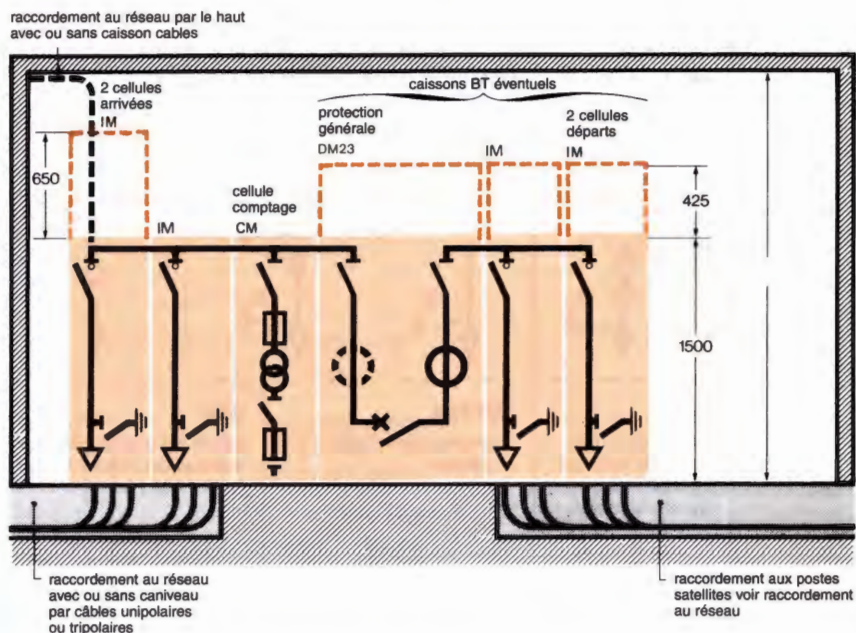
<p><b>IB-IMC (avec TC)</b> cellule interrupteur arrivée ou départ</p> 	<p><b>DDM</b> arrivée en double dérivation</p> 	<p><b>NSM</b> alimentation avec arrivée prio- ritaire secours</p> 	<p><b>GAM-GAM2</b> gaine d'arrivée</p> 	
<p><b>PM-PMC (avec TC)</b> protection des transformateurs</p> 	<p><b>QM-QMC (avec TC)</b> protection des trans- formateurs</p> 	<p><b>QCS, SQC</b> protection générale d'un poste à comptage HT</p> 	<p><b>DM 23</b> protection générale d'un poste à comp- tage HT</p> 	
<p><b>CM</b> comptage HT pour poste d'abonné</p> 	<p><b>GIM</b> gaine intercalaire</p> 	<p><b>Cellule parafoudre</b></p> 	<p><b>SM-SMC (avec TC)</b> arrivée ou départ non protégé</p> 	<p><b>SM2-SM2C (avec TC)</b> arrivée ou départ non protégé</p> 
<p><b>DM12</b> protection d'un départ ou d'une arrivée</p> 	<p><b>BCM</b> commande d'un gradin de condensateurs</p> 	<p><b>CRM</b> commande et protection des moteurs HT</p> 	<p><b>GMT</b> mesure de tension sur cellule voisine</p> 	<p><b>GMC-GMC2</b> mesure d'intensité sur jeu de barres</p> 
<p><b>GCT</b> mesure d'intensité sur jeu de barres et mesure de tension sur cellule voisine</p> 	<p><b>TM1-TM2</b> transformateur HT/BT pour auxiliaires</p> 	<p><b>GBM</b> liaison entre le jeu de barres et le bas des cellules IM, SM, DDM, NSM</p> 	<p><b>GBM2</b> liaison entre le jeu de barres et le bas des cellules DM12, SM2</p> 	

## POSTE D'ABONNÉ



### 16.10.5. EXEMPLE D'IMPLANTATION D'UN POSTE D'ABONNÉ ET D'UN POSTE DE LIVRAISON HT

## POSTE DE LIVRAISON HT



# 17. LES TRANSFORMATEURS

Appareils permettant de faire varier, d'une façon définitive ou provisoire, la tension avec un très bon rendement.

## 17.1. ÉLÉMENTS À PRENDRE EN COMPTE POUR CHOISIR UN TRANSFORMATEUR D'ABONNÉ

(D'après FRANCE TRANSFO)

### 17.1.1. DÉTERMINATION DE LA PUISSANCE DU TRANSFORMATEUR

#### DÉTERMINATION DES BATTERIES DE CONDENSATEURS PAR FAMILLES DE RÉCEPTEURS

①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	
Familles de récepteurs	PUIS-SANCE INSTAL-LÉE RÉELLE (indiquée sur le récepteur) kW	COEFF. D'UTILI-SATION ( $K_U$ ) § 17.1.4.	PUIS-SANCE CORRIGÉE (en fonc-tion de l'utilisation) ① x ② kW	COEFF. SIMUL-TANÉITÉ ( $K_S$ ) § 17.1.5.	PUIS-SANCE MAXI-MALE APPELÉE ③ x ④ kW	COS $\varphi$ DES RÉCEP-TEURS (avant compen-sation) § 21.5.2.	COS $\varphi$ RETENU PAR FAMILLE DE RÉCEP-TEURS après compen-sation § 21.5.5.	COEFF. MULTIPLI-CATEUR $K_\varphi$ 1/⑦	kVA NÉCES-SAIRES ⑤ x ⑧ kVA	COEFF. $K_C$ obtenu à partir de ⑨ et ⑩ Tableau § 21.5.5.	Nb de kVAR des batteries de condensa-teurs ⑤ x ⑩ kVAr
Eclairage - Incandescence - fluorescence - prises Chauffage Transfo. BT/BT Moteurs Fours à arc Poste soudure Four induction	_____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____	x _____ = _____ x _____ = _____ x _____ = _____ x _____ = _____ x _____ = _____ x _____ = _____ x _____ = _____ x _____ = _____	x _____ = _____ x _____ = _____ x _____ = _____ x _____ = _____ x _____ = _____ x _____ = _____ x _____ = _____ x _____ = _____	_____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____	_____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____	_____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____	_____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____	_____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____	_____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____	_____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____	_____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____

#### DÉTERMINATION DE LA PUISSANCE DU TRANSFORMATEUR ET DE LA BATTERIE DE CONDENSATEURS PAR LA MÉTHODE GLOBALE (indices (1))

\* Le total ⑤ est à corriger éventuellement en fonction de :

-  $K_T$  § 17.1.8 (Total ⑤/ $K_T$ )

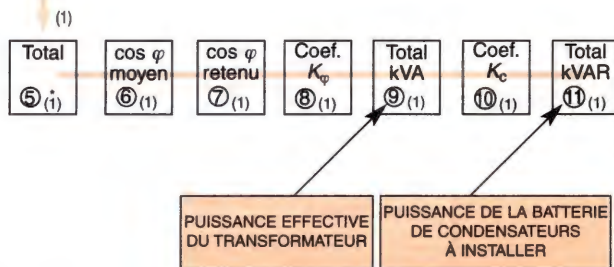
- de l'altitude (majorer Total ⑤ de 1,5 % par tranche de 500 m de dénivelé au-dessus de 1 000 m)

- de l'évolution prévisible des besoins

\* OU de :

-  $K_{TU}$  § 17.1.9. (Total ⑤/ $K_{TU}$ )

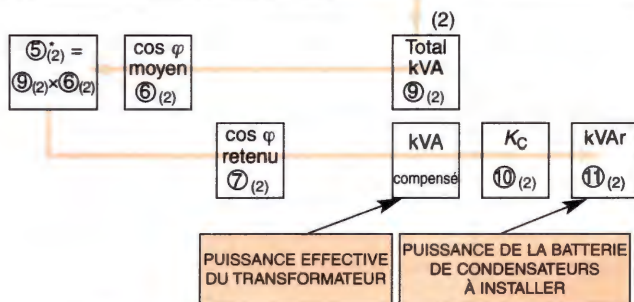
- de l'altitude et de l'évolution

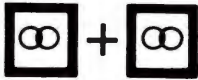
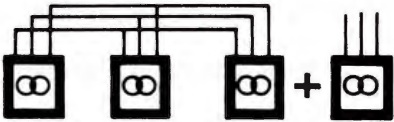
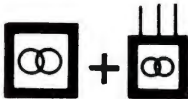
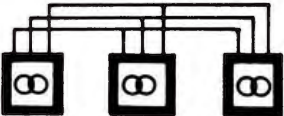
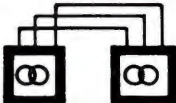


#### DÉTERMINATION DE LA PUISSANCE DU TRANSFORMATEUR ET DE LA BATTERIE DE CONDENSATEURS À PARTIR DES ESTIMATIONS EN kVA PAR FAMILLES DE RÉCEPTEURS (⑨ et § 17.1.3.) (indices (2))

Les puissances estimées en VA seront inscrites dans la colonne ⑨ à partir des indications données § 17.1.3.

\* mêmes corrections que ci-dessus.

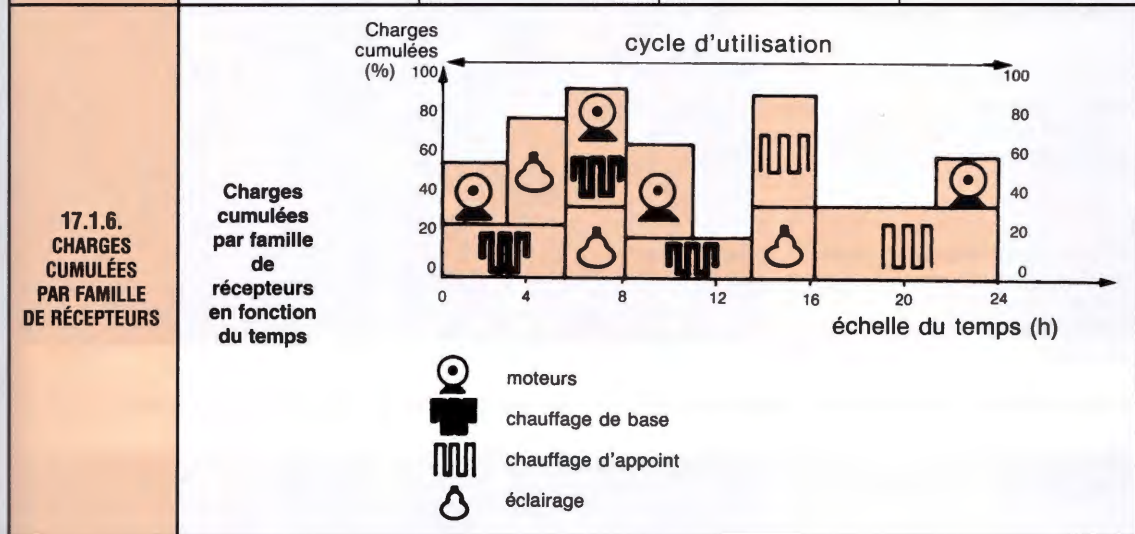


<b>17.1.2.</b> <b>DÉTERMINATION</b> <b>DE LA PUISSANCE</b> <b>DU OU DES</b> <b>TRANSFORMATEURS EN</b> <b>FONCTION DES</b> <b>EXIGENCES DE</b> <b>CONTINUITÉ DE</b> <b>SERVICE ET DES</b> <b>CHANGEMENTS</b> <b>DE RÉGIME</b> <b>ÉVENTUELS</b> <i>(cycliques,</i> <i>journaliers,</i> <i>saisonniers)</i>	<b>Continuité de service totale</b>	2 transformateurs ayant, chacun, la puissance totale précédemment calculée  ou  1 batterie de transformateurs identiques fonctionnant en parallèle et 1 transformateur de même puissance en réserve.	
	Aucune interruption de service ne peut être tolérée sur toute l'installation.		
	<b>Continuité de service partielle</b>	1 transformateur en réserve de puissance limitée à celle des circuits prioritaires  ou  1 batterie de transformateurs de puissance, en parallèle, capable d'alimenter les circuits prioritaires même en cas de défaillance de l'un d'eux  ou  2 transformateurs de demi-puissance en parallèle.	
			

	TYPE DE DISTRIBUTION	TYPE D'EXPLOITATION	PUISSANCE ESTIMÉE EN VA
<b>17.1.3.</b> <b>ESTIMATIONS</b> <b>DES PUISSANCES</b>	Éclairage fluorescent	bureaux* atelier*	25 VA/m <sup>2</sup> 15 VA/m <sup>2</sup> : hauteur plafond 6 m 20 VA/m <sup>2</sup> : hauteur plafond 9 m
	Force motrice Dans l'ignorance des puissances réellement installées on peut se baser sur les estimations ci-contre à reporter dans la colonne : « kVA nécessaires » (§ 17.1.1.) * Dans le cas le plus courant d'une installation d'éclairage compensée (cos φ = 0,86)	bureaux* atelier peinture atelier chaudronnerie atelier usinage atelier montage atelier expédition traitements thermiques chauffage conditionnement d'air compresseur d'air, pompe...	25VA/m <sup>2</sup> 350 VA/m <sup>2</sup> 450 VA/m <sup>2</sup> 300 VA/m <sup>2</sup> 70 VA/m <sup>2</sup> 50 VA/m <sup>2</sup> 700 VA/m <sup>2</sup> 23 VA/m <sup>2</sup> (ateliers) 22 VA/m <sup>2</sup> (bureaux) 4 VA/m <sup>2</sup>

	TYPE D'ÉQUIPEMENT	EXEMPLE D'ÉQUIPEMENT	COEFFICIENT D'UTILISATION
<b>17.1.4.</b> <b>COEFFICIENT</b> <b>D'UTILISATION</b> <b>(K<sub>U</sub>)</b>	Équipements industriels ou tertiaires	éclairage ventilation conditionnement fours prises de courant machines-outils compresseurs	1 1 1 1 0,15 0,8 0,8
	Équipements ménagers	éclairage chauffage électrique conditionnement d'air chauffe-eau appareils de cuisson ascenseur ou monte-charge	1 1 1 1 0,7 1 1 0,7 0,8

17.1.5 COEFFICIENT DE SIMULTANÉITÉ ( $K_s$ )	NOMBRE D'ABONNÉS GROUÉS	COEFFICIENT DE SIMULTANÉITÉ	NOMBRE D'ABONNÉS GROUÉS	COEFFICIENT DE SIMULTANÉITÉ
	2 à 4	1	25 à 29	0,46
	5 à 9	0,78	30 à 34	0,44
	10 à 14	0,63	35 à 39	0,42
	15 à 19	0,53	40 à 49	0,41
	20 à 24	0,49	50 et au-dessus	0,40



17.1.7.  
PUISSANCE DE LA  
BATTERIE DE  
CONDENSATEURS  
À INSTALLER  
POUR OBTENIR  
UN COS  $\varphi$   
DÉTERMINÉ

- Pour obtenir la puissance de la batterie de condensateurs à associer à chaque famille de récepteurs, multiplier la puissance appelée en kW par le coefficient correspondant à son cos  $\varphi$  ( $K_C$  § 21.5.5.)
- La compensation d'énergie réactive peut aussi se faire globalement.
- Des systèmes de régulation permettent de ne mettre en service que des éléments nécessaires à un instant donné pour assurer la compensation.
- Dans ce cas, partir du cos  $\varphi$  moyen de l'ensemble des récepteurs :

$$\cos \varphi \text{ moyen} = \frac{\text{Puissance maxi théorique (kW)}}{\text{Puissance effective (kVA)}}$$

– *Remarque :*  
Pour les installations de type industriel, EDF préconise un cos  $\varphi \geq 0,86$

TEMPÉRATURE AMBIANTE (MOYENNE ANNUELLE)	$K_T = \frac{\text{PUISSANCE ADMISSIBLE}}{\text{PUISSANCE NOMINALE}}$
0 °C	1,16
10 °C	1,08
20 °C	1
30 °C	0,91
40 °C	0,82
50 °C	0,73

17.1.8.  
TEMPÉRATURE  
AMBIANTE  
( $K_T$ )

**À ÉGALITÉ DE CONSOMMATION DE VIE\***

\* Les transformateurs sont régis par la Norme CE 354 en ce qui concerne les problèmes de surcharge basés sur une consommation moyenne qui fixe la durée moyenne de vie. Ce transformateur est construit pour une ambiance annuelle moyenne de 20°C. On peut donc en fonction de la température, augmenter ou diminuer la consommation fournie par le transformateur.

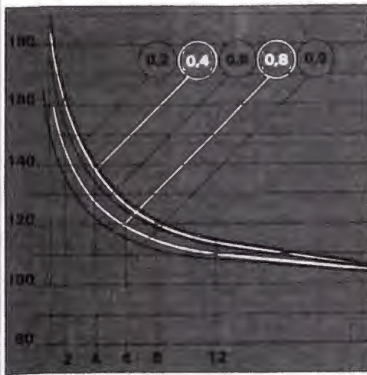
### 17.1.9. CYCLES D'UTILISATION (COEFFICIENT $K_{TU}$ )

TEMPÉRATURE AMBIANTE Moyenne pondérée pendant le cycle considéré	0 °C	10 °C
<p><b>SERVICE CYCLIQUE JOURNALIER = CHARGES ET SURCHARGES ADMISSIBLES*</b></p> <p><i>Note</i> : il est précisé pour chaque courbe le rapport de la charge habituelle sur la puissance nominale (§ 17.1.6).</p> <p>Charges et surcharges en % de la puissance nominale → (ne pas dépasser 150 %) Durée des charges et surcharges en heures →</p>		
<p><b>SERVICE DE SECOURS SURCHARGES TOLÉRABLES**</b></p> <p><i>Note</i> : il est précisé pour chaque courbe le rapport de la charge habituelle sur la puissance nominale (§ 17.1.6.).</p> <p>Charges en % de la puissance nominale → Durées des surcharges en heures →</p>		
<p><b>SURCHARGES BRÈVES ADMISSIBLES (Valeurs approximatives)</b></p> <p><i>Note</i> : il est précisé pour chaque courbe le rapport de la charge habituelle sur la puissance nominale (§ 17.1.6).</p> <p>Charges en multiples du courant nominal → Durées des surcharges en secondes →</p>		

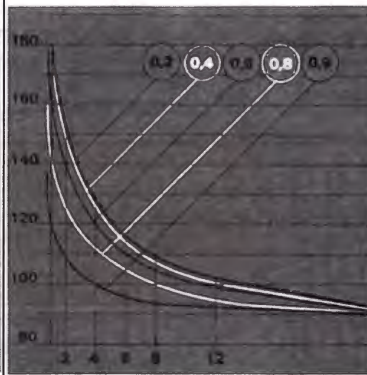
\* Correspondant à une consommation journalière normale de vie selon CEI 354 – 1972

\*\* Selon CEI 354 – 1972 pour une température du chaud des enroulements inférieure ou égale à 140 °C

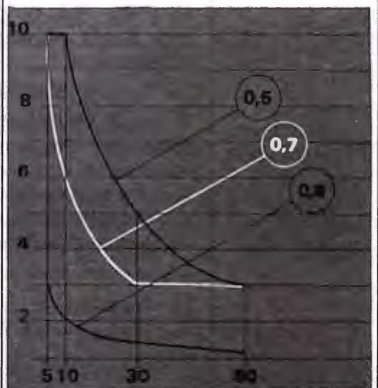
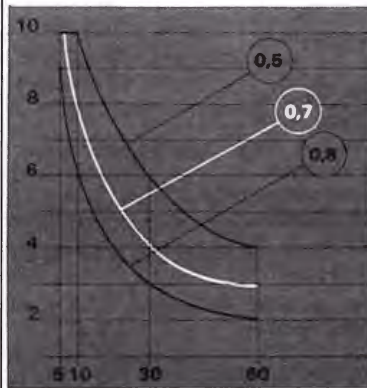
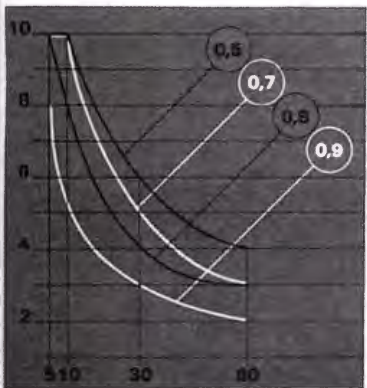
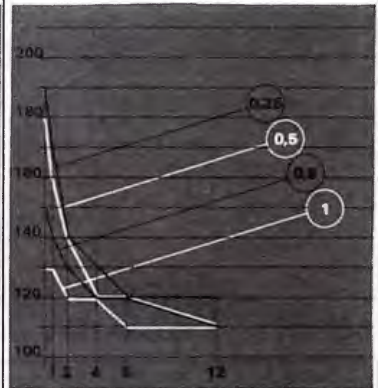
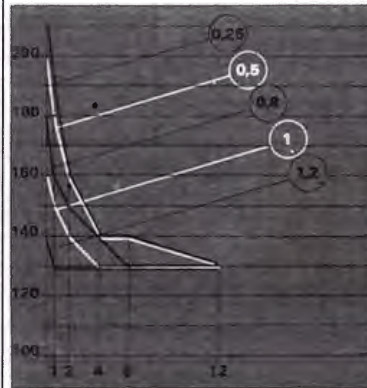
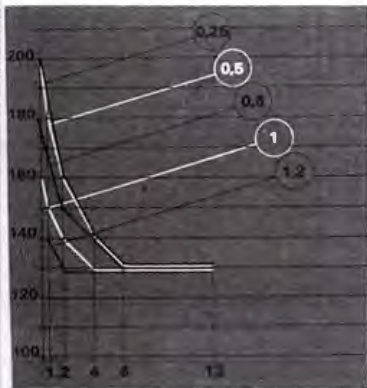
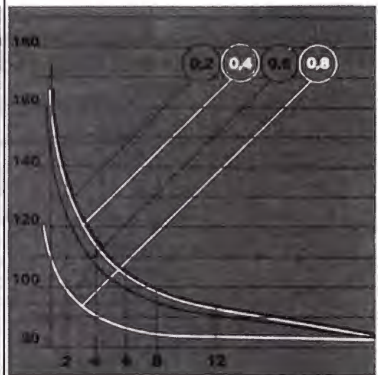
20 °C



30 °C



40 °C

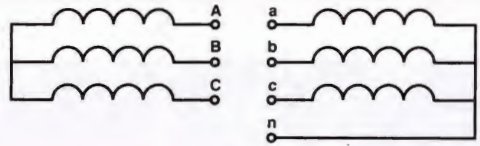


# 17.2. COUPLAGE DES TRANSFORMATEURS

## 17.2.1. DÉSIGNATION DES COUPLAGES

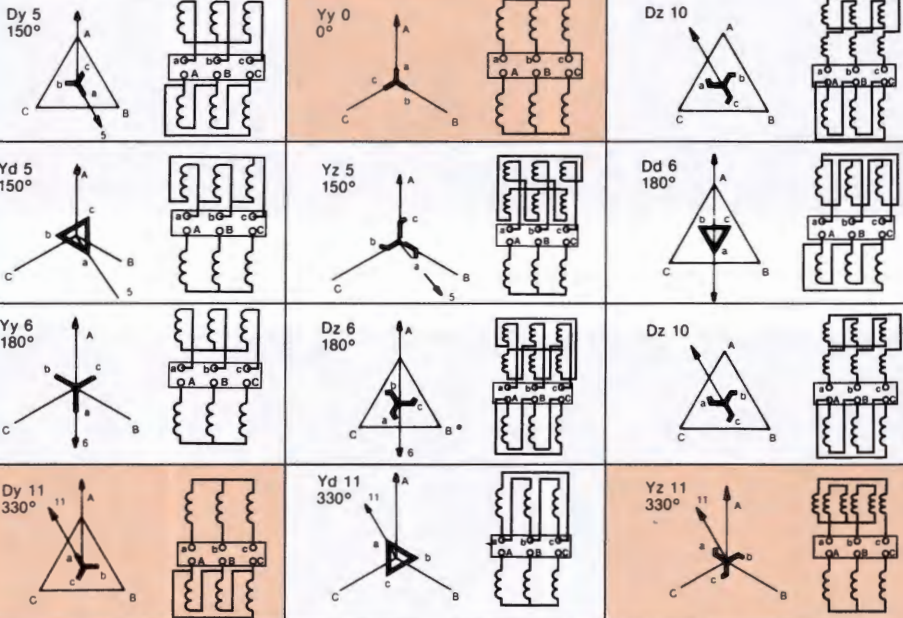
**Repérage côté HT :**  
 Lettres majuscules  
**Y = étoile, D = triangle, Z = zig-zag**

**Repérage côté BT :**  
 Lettres minuscules  
**y = étoile, d = triangle, z = zig-zag**  
 Le chiffre indique l'indice horaire du couplage.



COUPLAGE Y - yn - 0

## 17.2.2. COUPLAGE DES TRANSFORMATEURS TRIPHASÉS



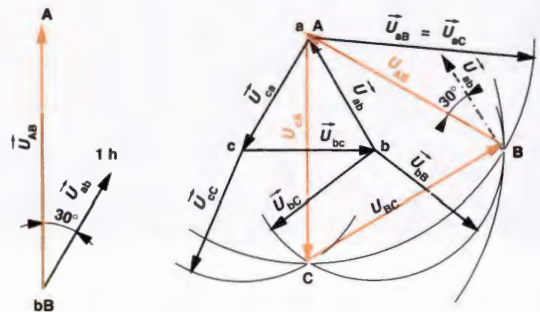
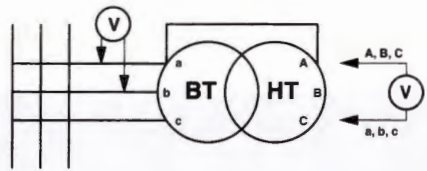
En rouge : les couplages normalisés UTE, NFC 52-100

## 17.2.3. DÉTERMINATION DE L'INDICE HORAIRE PAR LA MÉTHODE DES ÉLECTRICIENS

Soit le montage ci-contre, on mesure les tensions composées côté BT ( $U_{ab}$ ,  $U_{bc}$ ,  $U_{ac}$ ) et les tensions mixtes entre BT et HT ( $U_{aB}$ ,  $U_{aC}$ ,  $U_{bA}$ ,  $U_{bB}$ ,  $U_{bC}$ ,  $U_{cA}$ ,  $U_{cB}$ ,  $U_{cC}$ ). À partir de ces relevés on peut tracer le diagramme.

Les tensions composées  $U_{ab}$ ,  $U_{bc}$  et  $U_{ac}$  permettent de tracer le triangle abc. Par construction les potentiels A et a sont identiques. Tous les arcs de cercle de centres a, b et c et de rayons  $AB$ ,  $aB$ ,  $bB$  et  $cB$  se coupent au point B.





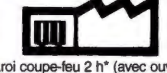

Même construction pour le point C.  
 Le déphasage entre les vecteurs  $\vec{U}_{ab}$  et  $\vec{U}_{AB}$  indique l'indice horaire de 1 h.



# 17.3. INSTALLATION DES TRANSFORMATEURS HT/BT

DISPOSITIFS DE SÉCURITÉ EXIGÉS PAR LES NORMES CEI ET C 15-100

(D'après FRANCE TRANSFO)

		ISOLÉS DANS L'HUILE					Dans l'Askastal	Dans l'air	RACCORDEMENT DES TRANSFORMATEURS				
		Fosse à huile	Thermostat	Thermostat commandant une alarme	Relais DPG (mise hors tension du transformateur)	Détecteur d'incendie (hors tension et extension)			Détecteur d'incendie (fermeture automatique par panneaux 1/2 h)	Nu	en cellules préfabriquées ou maçonnées (§ 17.3.3.)		
17.3.1. INSTALLATIONS EXTÉRIEURES	sur poteau 												
	à terre distribution publique 	<b>PAS DE MESURES PARTICULIÈRES</b>											
17.3.2. INSTALLATIONS INTÉRIEURES	accès réservé aux électriciens 						Prendre les dispositions nécessaires (sol étanche, sol de rétension) pour que le liquide ne puisse pas se répandre au-delà de l'enceinte technique	Pas de mesures particulières	Par bornes HT embrochables	Par prises normales ou bornes HT embrochables (raccordement plus rapide).			
	paroi coupe-feu 2 h* (sans ouv.) 	■	—	OU	—	■					OU	■	
	paroi coupe-feu 2 h* (avec ouv.) 	■	+	—	+	■					—	OU	■
	lieu de travail 	■	+	—	+	■					—	OU	■
installations existantes													
*h : temps de tenue au feu													

**17.3.3. VENTILATION NATURELLE POUR CELLULE**

Pour définir la surface « S » de l'ouverture basse, grillage déduit, multiplier la surface donnée par la courbe ci-contre, par le total des pertes à vide et en charge du transformateur : P.

La surface de l'ouverture haute « S' » sera de 10 % supérieure à « S ».

Une ventilation forcée du local est souvent souhaitable en cas d'ambiance supérieure à 20 °C, local exigü, mal ventilé, surcharges. Le ventilateur peut être commandé par thermostat :

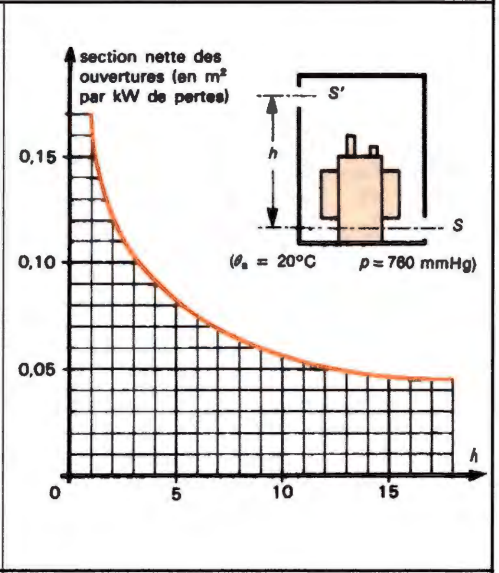
Débit en m<sup>3</sup>/seconde conseillé :

- transformateur immergé - 0,08 P\*
- sec classe F - 0,05 P\*
- sec classe H - 0,04 P\*

La courbe ci-contre est donnée pour une température  $\theta_a$  de 20 °C et une pression atmosphérique de 760 mm Hg :

$$S^* = 0,18 \frac{P}{\sqrt{h}} \quad P : \text{pertes totales en kW} \quad h : \text{hauteur en m}$$

\* : ordre de grandeur

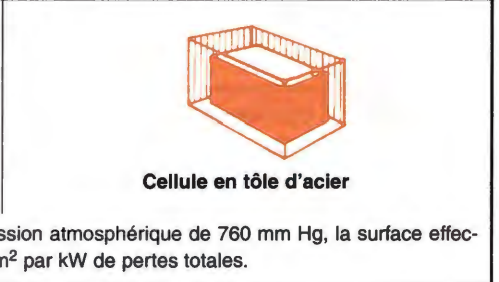


**17.3.4. INSTALLATION EN CELLULE ÉTANCHE**

Pour appareils de faible puissance et avec réduction de la puissance disponible. Ne sont pas à prendre comme surface de refroidissement :

- le toit, s'il n'est pas à plus de 1 m du plafond,
- les parties adossées au mur,
- la partie de cellule située en dessous de 1/3 de la hauteur du transformateur.




Pour une ambiance moyenne de 20 °C et une pression atmosphérique de 760 mm Hg, la surface effective de refroidissement à prévoir doit être de : 6,3 m<sup>2</sup> par kW de pertes totales.



## 17.4. INSTALLATION DES TRANSFORMATEURS HT/BT

MESURES A PRENDRE CONTRE LES BRUITS DUS AUX TRANSFORMATEURS

(D'après FRANCE TRANSFO)

17.4.1. BRUITS		LOCAL TECHNIQUE INDÉPENDANT	Pas de mesures spéciales à prendre	
		LOCAL TECHNIQUE JOUXTANT BUREAU, HABITAT, CHAMBRE DE MALADE	– Silent bloc – Si possible, dalle flottante plus insonorisation du local et des ouvertures	
		PAS DE LOCAL TECHNIQUE OU LOCAL JOUXTANT L'ATELIER PEU BRUYANT	– Silent bloc – Si possible, dalle flottante	
17.4.2. NOMBRE DE DÉCIBELS	– Pression acoustique* ramenée à une surface hémisphérique de rayon 3 m.  – Niveaux limites : y compris la tolérance de 2 dB pour une erreur de mesure sur le transformateur (type cabine seulement).  * selon EDF HN 52-02		PUISSANCE EN kVA	NIVEAUX LIMITES EN dB
			25 50 100 160 250 400 630	30 34 38 41 44 47 49

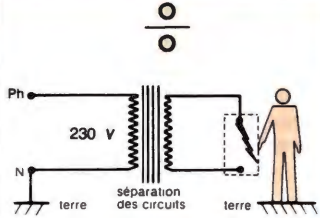
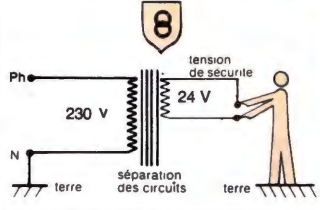
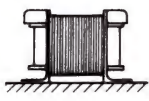
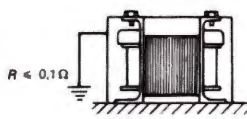
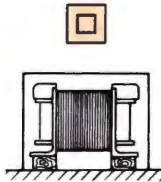
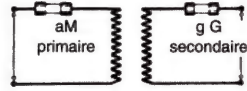
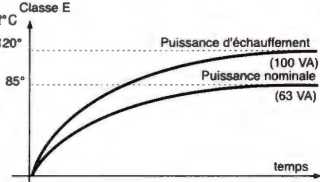
## 17.5. PROTECTION DES TRANSFORMATEURS HT/BT

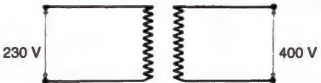
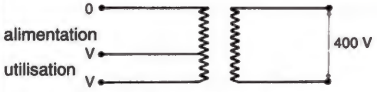
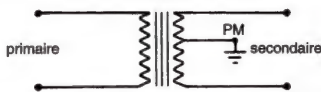
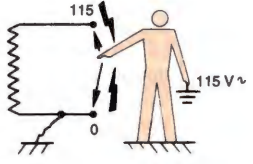
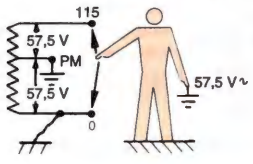
(D'après FRANCE TRANSFO)

17.5.1. PROTECTION CONTRE LES DÉFAUTS INTERNES	Baisse de niveau du diélectrique ou dégagement gazeux	détection →	bloc de détection de Dégagement Gazeux →	DG ou équivalent
		détection plus protection automatique →	bloc de détection de Dégagement Gazeux plus appareil de coupure →	DG ou équivalent
	Baisse de niveau du diélectrique ou dégagement gazeux plus surpression dans la cuve des transformateurs à remplissage total ou intégral	détection plus protection automatique →	bloc de détection de Dégagement Gazeux plus appareil de coupure plus Pressostat →	DGP ou équivalent
		détection plus protection automatique plus visualisation de la température →	bloc de détection de Dégagement Gazeux plus appareil de coupure plus Pressostat plus Thermostat à 1 ou 2 contacts plus 1 thermomètre sans contact →	DGPT ou équivalent
17.5.2 PROTECTION CONTRE LES CONTRAINTES EXTERNÉS	Surtensions d'origine atmosphérique ou de fausses manœuvres	protection →	parafoudre (HT) limiteur de surtension (BT)	
	Surcharges côté utilisation	détection →	thermomètre*	
		détection plus protection automatique →	thermomètre* ou thermostat* à deux contacts plus appareil de coupure	
	Court-circuit	protection →	disjoncteurs ou fusibles	
	Détérioration du diélectrique (transformateurs respirants)	protection →	assécheur d'air ou/et conservateur	
* 1 en régime transitoire, les températures indiquées ne peuvent donner l'image des températures internes des enroulements. 2 en régime établi et en régime transitoire, l'information donnée dépend de la température ambiante.				

# 17.6. QUESTIONS SUR LES TRANSFORMATEURS BASSE TENSION

(D'après LEGRAND)

<p><b>AVANTAGES D'UN TRANSFORMATEUR DE SÉPARATION DES CIRCUITS (NFC 52-220)</b></p>	<p>Ce transformateur est construit de manière à obtenir une séparation électrique sûre entre les enroulements primaire et secondaire (source et utilisation). Pas de danger d'électrocution en cas de défaut sur une phase (4 000 V entre primaire et secondaire). Mesure A1 de la Norme C 15-100.</p>	
<p><b>AVANTAGES D'UN TRANSFORMATEUR DE SÉCURITÉ (NFC 52-210)</b></p>	<p>Un transformateur de sécurité est destiné à alimenter un circuit de distribution, un appareil d'utilisation ou un autre équipement en très basse tension de sécurité (<math>\leq 50</math> V). Le contact sur les deux phases peut être supporté sans danger, même en milieu conducteur. Mesure A2 de la Norme C 15-100.</p>	
	<p><b>Transformateur de la classe 0</b> Transformateur ayant une isolation fonctionnelle (assurant le fonctionnement convenable et la protection fondamentale) sans dispositif permettant le raccordement des parties métalliques accessibles à un conducteur de protection. Doit être obligatoirement utilisé à l'intérieur d'une enveloppe</p>	
<p><b>PROTECTION DES PERSONNES CONTRE LES CONTACTS INDIRECTS</b></p>	<p><b>Transformateur de la classe I</b> Transformateur <b>nu</b> ou <b>protégé</b> ayant une isolation fonctionnelle et permettant le raccordement des parties métalliques accessibles à la terre. Ces appareils doivent être munis d'une borne terre de résistance inférieure ou égale à 0,1 <math>\Omega</math>.</p>	
	<p><b>Transformateur de la classe II</b> Transformateur dont les parties accessibles sont séparées des parties actives par une double isolation ou une isolation renforcée. Le raccordement à un conducteur de protection est <b>interdit</b> <b>double isolation</b> : Isolation fonctionnelle + isolation supplémentaire <b>isolation renforcée</b> : Isolation fonctionnelle améliorée, équivalente à la double isolation</p>	
<p><b>PROTECTION PAR CARTOUCHES FUSIBLES DES TRANSFORMATEURS CONTRE LES COURTS-CIRCUITS</b></p>	<p>Pour chaque transformateur référencé, un tableau recommande la référence des cartouches à employer (§ 17.7). primaire : aM (accompagnement Moteur) secondaire : gG (usage général)</p>	
<p><b>PUISSANCE NOMINALE D'UN TRANSFORMATEUR</b></p>	<p>C'est la puissance apparente, exprimée en <b>VA</b>, et qui correspond aux conditions nominales de tension, intensité et fréquence à <b>cos <math>\varphi</math> = 1</b> La puissance réelle d'utilisation, exprimée en watts, dépend du facteur de puissance (<b>cos <math>\varphi</math></b>) de l'installation concernée. <b>P = S cos <math>\varphi</math></b></p>	
<p><b>PUISSANCE D'ÉCHAUFFEMENT D'UN TRANSFORMATEUR POUR MACHINES-OUTILS (TMO)</b></p>	<p>Le Norme sur les <b>TMO</b> impose une chute de tension maximum de 3 % pour un <b>cos <math>\varphi</math> de 0,45</b>, ce qui conduit à surdimensionner les transformateurs. La puissance d'échauffement est la puissance admissible compatible avec la classe de température des isolants. <b>Exemple : TMO classe E</b> - Puissance nominale : 63 VA - Puissance d'échauffement : 100 VA</p>	

<p><b>CHUTE DE TENSION DANS UN TRANSFORMATEUR</b></p>	<p>C'est la différence entre la tension secondaire à vide et la tension secondaire en charge, généralement exprimée en pourcentage de cette dernière</p>	$\Delta U \% = \frac{\left( U_{\text{secondaire à vide}} \right) - \left( U_{\text{secondaire en charge}} \right)}{U_{\text{secondaire en charge}}} \times 100$
<p><b>UTILISATION D'UN TRANSFORMATEUR 50 HZ en 60 HZ</b></p>	<p>Cette utilisation entraîne une légère modification de certaines caractéristiques comme le courant à vide, les pertes fer... mais sans incidence importante sur le fonctionnement du transformateur.</p>	
<p><b>RÉVERSIBILITÉ COMPENSÉE</b></p>	<p>Si le transformateur idéal est réversible, il n'en est pas de même pour le transformateur réel qui voit apparaître une certaine chute de tension due aux pertes. Pour rendre à un transformateur sa réversibilité, on ajoute des spires sur l'un des enroulements. Cette technique permet de « compenser » la perte de tension.</p> <p>Le branchement sera différent suivant l'alimentation ou l'utilisation (nombre de spires supérieur pour l'utilisation en 230 V).</p>	<p>Transformateur non compensé :</p>  <p>L'alimentation en 230 V donnera du 400 V. L'alimentation en 400 V ne donnera au maximum que du 210 V par exemple.</p> <p>Transformateur compensé :</p>  <p>L'alimentation en 230 V donnera du 400 V. L'alimentation en 400 V ne donnera que du 230 V que sur la prise d'utilisation.</p>
<p><b>TRANSFORMATEUR À POINT MILIEU SORTI (PM)</b></p>	<p>C'est une sortie qui se trouve au milieu de l'enroulement secondaire et qui est destinée à être raccordée à la masse.</p> <p>La tension secondaire entre un fil d'utilisation et la masse sera égale à la moitié de la tension nominale</p> <p><b>Exemple :</b> pour une mise à la masse accidentelle sur un transformateur dont la tension secondaire est de 115 V~ :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- sans point milieu sorti : - il y a 0 V ou 115 V entre le fil d'utilisation et la masse.</li> <li>- avec point milieu sorti : - il y a 57,5 V entre le fil utilisation et la masse, cette tension est très proche de la Très Basse Tension, donc pratiquement sans danger pour l'utilisateur.</li> </ul>	 <p>Sans point milieu sorti :</p>  <p>Avec point milieu sorti :</p> 
<p><b>IMPRÉGNATION DU TRANSFORMATEUR</b></p>	<p>L'imprégnation a pour but d'éviter la pénétration d'humidité en remplissant tous les interstices du bobinage à l'aide d'un vernis. Ce traitement permet de maintenir les caractéristiques d'isolation et d'améliorer les échanges thermiques, donc un meilleur refroidissement.</p>	
<p><b>TROPICALISATION D'UN TRANSFORMATEUR</b></p>	<p>La tropicalisation se fait sur demande spéciale. C'est un ensemble de traitements destinés à protéger le matériel lors d'utilisations comportant des risques particuliers :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Conditions climatiques extrêmes (chaleur, froid)</li> <li>- Humidité importante, risque d'eau</li> <li>- Risques de champignons, rongeurs, termites</li> <li>- Contraintes physiques (vibrations, chocs, séismes...)</li> </ul>	

# 17.7. DÉTERMINATION APPROCHÉE DE LA PUISSANCE D'UN TRANSFORMATEUR D'ÉQUIPEMENT

(D'après LEGRAND)

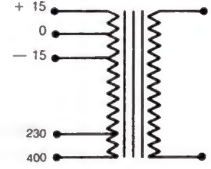
## 17.7.1. PUISSANCE DU TRANSFORMATEUR

### La puissance du transformateur dépend :

- de la puissance maximum nécessaire à un instant donné,
- de la chute de tension,
- du facteur de puissance.

### On considère d'une façon générale :

- que deux appels ne peuvent se produire simultanément,
- que le  $\cos \varphi$  à l'appel est de 0,45,
- qu'au maximum, 70 % des appareils sont au maintien en même temps.



## 17.7.2. DÉTERMINATION DE LA PUISSANCE D'APPEL

$$P_{\text{appel}} = 0,8 (\sum P_m + \sum P_v + P_a)$$

$\sum P_m$  : somme de toutes les puissances de maintien des contacteurs

$\sum P_v$  : somme de toutes les puissances des voyants

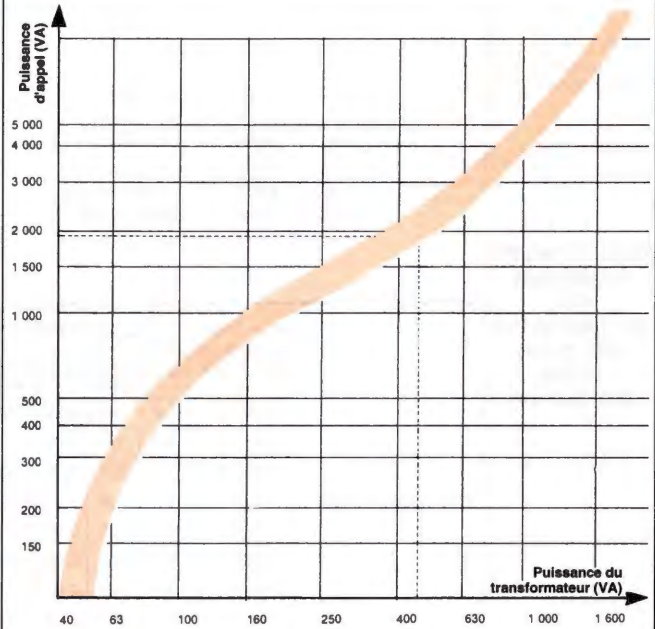
$P_a$  : puissance d'appel du plus gros contacteur

## 17.7.3. APPLICATION DÉTERMINATION D'UN TRANSFORMATEUR POUR MACHINE-OUTIL

Courbes des puissances de transformateur pour machine-outil ( $\cos \varphi = 0,45$ ).

Partir de la puissance d'appel calculée et utiliser la courbe ci-contre.

Vérifier que la puissance du transformateur est au moins égale à la somme des puissances de maintien des contacteurs et voyants qui fonctionnent sous la même tension.



### Exemple :

Une armoire de commande comporte :

- 10 contacteurs pour moteurs de 2,2 kW,  $P_m = 7,5$  VA
- 4 contacteurs pour moteurs de 18,5 kW,  $P_m = 32$  VA
- 1 contacteur pour moteur de 132 kW,  $P_m = 84$  VA,  $P_a = 1 830$  VA
- 25 relais de télécommande  $P_m = 4$  VA
- 45 voyants signalisation  $P_v = 1$  VA

### Calcul de la puissance d'appel :

$$\begin{aligned} P_m &= 7,5 \times 10 = 75 \text{ VA} \\ &32 \times 4 = 128 \text{ VA} \\ &84 \times 1 = 84 \text{ VA} \\ &4 \times 25 = 100 \text{ VA} \\ &\quad \quad \quad \underline{387 \text{ VA}} \\ P_v &= 1 \times 45 = 45 \text{ VA} \\ P_a &= 1 830 \text{ VA} \\ P_{\text{appel}} &= 0,8 (387 + 45 + 1 830) \\ &\approx \boxed{1 810 \text{ VA}} \end{aligned}$$

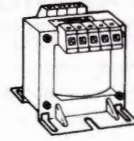
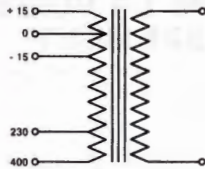
La courbe donne  $\approx$  400 VA

### Contrôle :

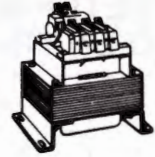
70 % des appareils sont sous tension simultanément soit :

$$0,7 (387 + 45) \approx 300 \text{ VA}$$

Le transformateur choisi est donc de puissance suffisante.



**TMO** 230 400 ± 15 V/115 PM  
230-400 ± 15 V/230 PM  
230-400 ± 15 V/24-48



**CNOMO-TFCC** 230-400 ± 15 V/115  
**TMFC** 230-400 ± 15 V/230  
**TSFC** 230-400 ± 15 V/24

**CNOMO** : (E.03.22.210.N) : norme concernant la construction automobile.  
Comité de Normalisation Outillage Machines-Outils.

**NUS-TMO** (Transformateurs de machines-outils nus)

Classe I

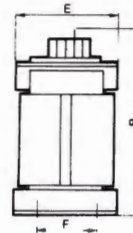
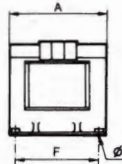
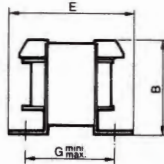
Chute de tension limitée à 3 % pour  $\cos \varphi = 0,45$

Tensions d'isolement : – entre enroulements : 4 000 V

– entre enroulements et masse : 2 000 V

Isolant classe E

Jusqu'à 1 600 VA



A partir de 2 000 VA

**17.7.4.**  
**TRANSFORMATEURS**  
**MONOPHASÉS**  
**POUR**  
**MACHINES-OUTILS**  
**(NFC 79-110)**  
**CNOMO**  
**(E.03.22.210.N)**

	Puissance (VA)	Pertes à vide (W)	Chute de tension		Rendement		$U_{cc}$ %	Poids (kg)	Encombrement (mm)				Fixation (mm)		
			$\cos \varphi 1$	$\cos \varphi 0,45$	$\cos \varphi 1$	$\cos \varphi 0,45$			A	B	E	F	G		$\emptyset$
													mini	maxi	
Encombrements	40	6	6,2	2,9	0,82	0,70	6,2	1,9	84	84	122	67,5	64	110	5
	63	11	3,2	1,8	0,83	0,72	3,3	3	96	92	132	82,5	74	120	5
	100	12,5	4	2,1	0,85	0,75	4	3,7	108	102	135	95	84	120	5
	160	16	4,5	2,6	0,87	0,77	4,6	4,6	108	102	145	90	94	130	7
	250	21	4,3	2,3	0,89	0,80	4,5	6,3	126	116	137	105	93	121	7
	400	26	4,5	2,6	0,90	0,82	4,6	7,5	150	145	146	127,5	80	131	7
	630	35	4,2	2,2	0,91	0,84	4,4	10,2	150	145	155	127,5	89	140	7
	1 000	40	2,9	2	0,93	0,86	3,1	17,4	180	164	175	150	89	151	9
	1 600	55	2,3	1,5	0,95	0,90	2,5	24	180	164	204	150	118	180	9
	2 000	65	2,8	1,9	0,96	0,91	3	27	180	367	127	160	102		9
	2 500	65	2,8	1,9	0,96	0,91	3	28	180	367	127	160	102		9
3 150	65	2,8	1,9	0,96	0,91	3	31	220	397	140	180	111		9	

	Puissance (VA)	Primaire aM 10 × 38		Secondaire gG 10 × 38			
		230 V	400 V	24 V	48 V	115 V	230 V
		Choix des cartouches en A	40	0,25	0,16	2	2
63	0,5		0,25	4	2	1	1
100	1		0,5	4	2	2	1
160	1		0,5	8	4	2	2
250	2		1	10	6	4	2
400	2		2	16	8	4	2
630	4		2	25	16	6	4
1 000	6		4	40*	20	10	6
1 600	8		6	63**	32*	16	8
2 000	10		6	80**	40*	20	10
2 500	12	8	100**	50*	25	12	
3 150	16	10	125**	63**	32*	16	

\* gG 14 × 51    \*\* gG 22 × 58

# 17.8. CHUTE DE TENSION D'UN TRANSFORMATEUR

(D'après LEGRAND)

Les courbes de chute de tension donnent pour chaque puissance nominale de transformateur, la tension disponible au secondaire en fonction de la puissance réellement demandée.

En effet, pendant un temps assez court lors de l'appel d'un contacteur ou pendant quelques minutes dans le cas d'utilisations particulières, la puissance demandée au transformateur peut être très supérieure à la valeur nominale.

Cette augmentation de puissance entraîne une diminution de la tension disponible.

Cette baisse de tension peut être incompatible avec le bon fonctionnement de l'appareil alimenté, par exemple : une tension inférieure à 10 % de la valeur nominale peut entraîner la destruction d'un contacteur. Il est donc important, pour un  $\cos \varphi$  donné, de connaître à l'avance la tension qui sera disponible lorsque la puissance du transformateur dépassera sa valeur nominale.

**Exemple :**

Pour commander un moteur de 132 kW, il faut utiliser un contacteur avec :

$$P_a = 980 \text{ VA et } P_m = 75 \text{ VA.}$$

Sur la courbe (Fig 1), on s'aperçoit qu'avec 980 VA de  $P_a$ , il faut au minimum un transformateur de 250 VA.

À cet instant la tension aux bornes du transformateur chutera pendant un temps très court de 110 à 106 V soit 4 %.

Tension secondaire en volts

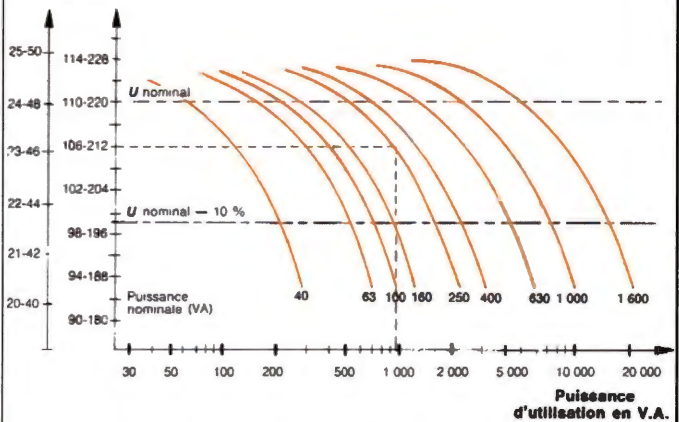


Fig. 1 – Courbes de chute de tension des transformateurs de machines-outils pour  $\cos \varphi 0,45$

Tension secondaire en volts

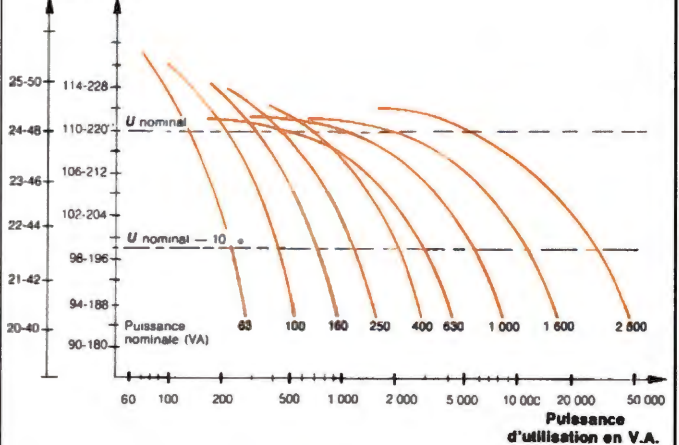
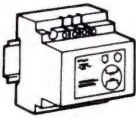
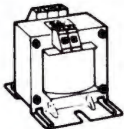
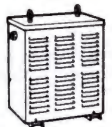
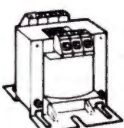



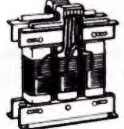
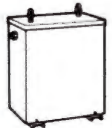


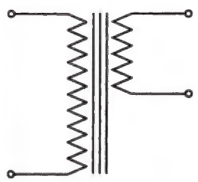
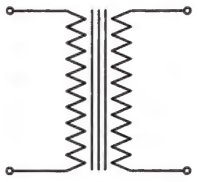
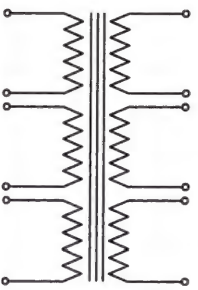
Fig. 2 – Courbes de chute de tension des transformateurs de sécurité et de séparation des circuits pour  $\cos \varphi 0,45$

COURBES DE CHUTE DE TENSION DES TRANSFORMATEURS

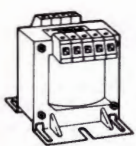

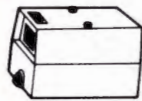
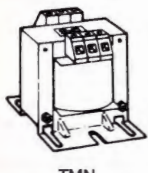
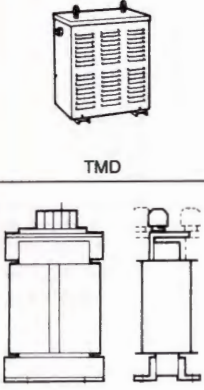
Ces courbes sont établies pour un réseau à tension nominale. elles ne tiennent pas compte des variations possibles de la tension d'alimentation

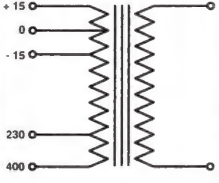
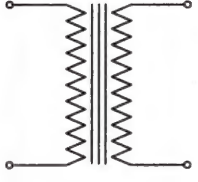
# 17.9. GUIDE DE CHOIX D'UN TRANSFORMATEUR

APTITUDES →		Forme et aspect ↓	Puissance ↓ VA	Pertes à vide ↓ W	Tensions primaire et secondaire (Volts) ↓ V	Chute de tension cos φ		Rendement cos φ	
TYPE ↓	1 %					0,45 %	1 %	0,45 %	
MONOPHASÉS DE SÉCURITÉ ≤ 50 V	TSO Transformateur de sécurité de classe 0 	10	3	230/12-24	18	75			
		16	3		20		77		
		25	3		19		77		
		40	4		15		85		
		63	6,3		18		81		
	TSP – TSN Transformateur de sécurité protégé nu	TSN 	63	6	230-400/ 24-48	13	6	81	74
			100	8		8,5	3,7	86	81
			160	10		8,4	3,7	88	82
			250	14		8,4	3,7	88	83
			400	23		6,3	2,7	89	84
TSP 		630	33	230-400/ 24-48	4,9	2,2	90	85	
		1 000	30	230/12	3,5	1,5	93	90	
		1 600	30		4,9	2,3	93	91	
		2 500	40		3,9	1,7	94	93	
		MONO – SÉPARATION – CIRCUITS	TSCP – TSCN Transformateur de séparation des circuits protégés nu  jusqu'à 1 000 VA  1 600 à 10 000 VA	63	4	230-400/230	18,5	9,6	80
100	8			8,5	3,7		86	81	
160	10			8,4	3,7		88	82	
250	14			8,4	3,7		88	83	
400	23			6,3	2,7		89	84	
TSCP 	630			33	230/400 réversible	4,9	2,2	90	85
	1 000			30		3,5	1,5	93	90
	1 600			30		4,9	2,3	93	91
	2 500			40	3,9	1,7	94	91	
	4 000			83	3,5	1,3	94	92	
TRANSFORMATEURS TRIPHASÉS STANDARD	TTP – TTN Transformateur triphasé protégé nu  	400	15	0 à 500 V	10	88			
		630	25		8		89		
		1 000	30		6		91		
		1 600	50		5,5		93		
		2 500	50		7,5		93		
		4 000	75		6		94		
		6 300	108		4,6		94		
		10 000	150		5,6		94		
		12 500	240		5,4		93		
		16 000	340		5		94		
20 000	330	4,8	94						
25 000	330	3,9	95						
31 500	480	3,7	95						
40 000	480	3	96						
50 000	700	4,2	95						
63 000	700	3,95	98						
80 000	1 000	3,4	95						
100 000	1 000	3	95						
125 000	900	2,32	96						
160 000	900	1,81	96						
200 000	1 025	1,80	96						
250 000	1 025	1,44	96						
TTE Transformateur triphasé étanche 									

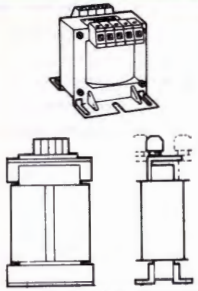
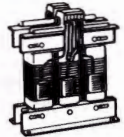
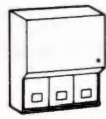
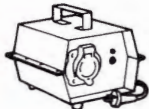
Tension de court-circuit $U_{cc}$ ↓ %	Schéma de principe ↓	Caractéristiques techniques ↓	APPLICATIONS ET REMARQUES
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Classe 0 à enveloppe isolante</li> <li>- Tension d'isolement :</li> <li>- entre enroulements : 4 000 V</li> <li>- Isolant classe E</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Installations lumières TBT de sécurité (sonneries...)</li> </ul>
13,5 8,7 8,5 8,5 6,4 4,9 3,6 5 4		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prévus pour poste fixe :</li> <li>- Classe I pour 1 600 et 2 500 VA</li> <li>- Classe II jusqu'à 1 000 VA</li> <li>- Tensions d'isolement :</li> <li>- entre enroulements 4 000 V</li> <li>- entre enroulements et masse 2 000 V</li> <li>- Isolant classe B</li> <li>- Surmoulés IP 55, IK 07 jusqu'à 1 000 VA</li> <li>- Capot monobloc IP 21, IK 08 à partir de 1 600 VA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Appareils à séparation des circuits</li> <li>- Livrés avec barrettes de couplage</li> <li>- Conformes à la norme EN 60 742</li> </ul>
19,6 8,7 8,5 8,6 6,4 4,9 3,6 5 4 3,6 2,8 2,4		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prévus pour poste fixe :</li> <li>- Classe I pour 1 600 VA</li> <li>- Classe II jusqu'à 1 000 VA</li> <li>- Tensions d'isolement :</li> <li>- entre enroulements : 4 000 V</li> <li>- entre enroulements et masse : 2 000 V</li> <li>- Isolant classe B :</li> <li>- protégés IP 21, IK 08 à partir de 1 600 VA</li> <li>- surmoulés IP 55, IK 07 jusqu'à 1 000 VA</li> <li>- température ambiante 35 °C</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Appareils à séparation des circuits</li> <li>- Livrés avec barrettes de couplage</li> <li>- Conformes à la norme EN 60 742</li> </ul>
10,2 8,2 6,3 5,8 7,7 6,2 4,8 5,8 5,6 5,2 5 4,1 3,9 3,2 4,6 4,3 4 3,6 2,9 2,4 2,4 1,9		<p>Classe I</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tension d'isolement :</li> <li>- entre enroulements : 4 000 V</li> <li>- entre enroulements et masse : 2 000 V</li> <li>- Isolants :</li> <li>- Classe B jusqu'à 1 600 VA, température 35 °C</li> <li>- Classe H à partir de 2 500 VA, température 40 °C</li> <li>- Protégé par carter IP 21, IK 08</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Appareils à séparation des circuits</li> <li>- Prévus pour poste fixe</li> <li>- Anneaux de levage à partir de 2 500 VA</li> <li>- Conforme à la norme EN 60 742</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Classe I</li> <li>Tension d'isolement :</li> <li>- entre enroulements 4 000 V</li> <li>- entre enroulements et masse 2 000 V</li> <li>- Isolants :</li> <li>- Classe B jusqu'à 1 600 VA, température 35 °C</li> <li>- Classe H à partir de 2 600 VA, température 40 °C</li> <li>- Étanche IP 54, IK 08</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Appareils à séparation des circuits</li> <li>- Prévus pour poste fixe</li> <li>- Anneaux de levage à partir de 2000 VA</li> <li>- Conforme à la norme EN 60 742</li> </ul>

# GUIDE DE CHOIX D'UN TRANSFORMATEUR

APTITUDES → TYPE ↓		Forme et aspect ↓	Puissance ↓ VA	Pertes à vide ↓ W	Tensions primaire et secondaire (Volts) ↓ V	Chute de tension cos φ		Rendement cos φ		
						1 %	0,45 %	1 %	0,45 %	
ÉQUIPEMENT DE MACHINES-OUTILS	TMO Transformateur de machines-outils - NU 		40	6	230-400/115	6,2	2,9	82	70	
			63	11		3,2	1,8	83	72	
			100	12,5		4	2,1	85	75	
			160	16	230-400/230	4,5	2,6	87	77	
			250	21		4,3	2,3	89	80	
			400	26		4,5	2,6	90	82	
			630	35		4,2	2,2	91	84	
			1 000	40	230-400/ 24-48	2,9	2	93	86	
			1 600	55		2,3	1,5	95	90	
			2 000	65		2,8	1,9	96	91	
		2 500	65	2,8		1,9	96	91		
		3 150	65	2,8		1,9	96	91		
	CNOMO TFCC TMFC TSFC 		63	15	230/400	3,4	1,8	79	65	
			100	19		4	2,1	81	68	
		250	30	4,3		2,4	86	76		
		400	34	4,6		2,7	89	80		
		630	42	4,2		2,8	91	83		
		1 000	51	2,9		2	93	86		
TRANSFORMATEURS MONOPHASÉS STANDARD	TMD 		63	6	0 à 500 V	12		86		
			100	8		8		87		
			160	18		7		88		
			250	16		5		90		
	TMP Transformateur monophasé protégé 	TMN		63	6	0 à 500 V	12		86	
				100	8		8		87	
				160	10		7		88	
				250	14		5		90	
				400	23		3,6		91	
				630	33		2,9		93	
	et TMN Transformateur monophasé nu 	TMD		1,6 kVA	30	0 à 500 V	4,9		93	
				2	40		4,6		94	
				2,5	40		3,9		94	
				3	84		3,7		94	
				4	84		3,5		94	
				5	130		3,1		94	
				6,3	130		2,7		94	
				8	180		2,4		95	
			10	180	2,3			96		
			12,5	216	4,8			94		
TMN			16	216	4,2		94			
			20	310	4		95			
			25	310	3,3		95			
			31,5	450	4,8		95			
	40	450	4,2		95					
	50	670	4		95					
	63	670	3,4		96					

Tension de court-circuit $U_{cc}$ ↓ %	Schéma de principe ↓	Caractéristiques techniques ↓	APPLICATIONS ET REMARQUES
6,2 3,2 4 4,6 4,5 4,6 4,4 3,1 2,5 3 3 3		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Classe I</li> <li>- Tensions d'isolement :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- entre enroulements : 4 000 V</li> <li>- entre enroulements et masse : 2 000 V</li> </ul> </li> <li>- Isolant classe B</li> <li>- Température ambiante 35 °C</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tensions secondaires par couplage série-parallèle</li> <li>- Pour signalisation ou organes de commande</li> <li>- Appareils à séparation des circuits</li> <li>- Livrés avec une barrette de couplage</li> </ul>
3,4 4 4,4 4,7 4,4 3,1 2,8		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Classe I</li> <li>- Tensions d'isolement :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- entre enroulements : 4 000 V</li> <li>- entre enroulements et masse : 2 000 V</li> </ul> </li> <li>- Isolant classe B</li> <li>- Protection par fusibles incorporés</li> <li>- Température ambiante 35 °C</li> <li>- Échauffement classe E</li> </ul>	TFCC : circuit de commande TMFC : circuit de commande TSFC : pour signalisation Homologues E 03-22 210-N, norme automobile CNOMO Suivant norme EN 60 742
12 8 7,1 5,1 3,6		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Isolant classe F</li> <li>- IP 20, IK 08</li> <li>- Classe II</li> <li>- Tensions d'isolement :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- entre enroulements : 4 000 V</li> <li>- entre enroulements et masse : 2 000 V</li> </ul> </li> </ul>	- À capot monobloc
12 8 7,1 5,1 3,7 3,1 2,8		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Isolant : classe B jusqu'à 3 150 VA</li> <li>- Tensions d'isolement :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- entre enroulements : 4 000 V</li> <li>- entre enroulements et masse : 2 000 V</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cuirassé</li> <li>- Appareil à poste fixe</li> </ul>
5 4,7 4 3,8 3,6 3,2 2,8 2,6 2,4		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Isolant classe E jusqu'à 4 000 VA</li> <li>- Isolant classe H &gt; 4 000 VA</li> <li>- IP 20, IK 08</li> <li>- Classe II jusqu'à 1 000 VA</li> <li>- Classe I à partir de 1 600 VA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sous carter</li> <li>- Anneaux de levage</li> </ul>
5 4,4 4,2 3,5 5 4,4 4,2 3,6		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Isolant classe B jusqu'à 3 150 VA</li> <li>- Isolant classe H &gt; 4 000 VA</li> <li>- Tension d'isolement :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- entre enroulements : 4 000 V</li> <li>- entre enroulements et masse : 2 000 V</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- À colonnes</li> <li>- Appareil à poste fixe</li> </ul>

# GUIDE DE CHOIX D'UN TRANSFORMATEUR

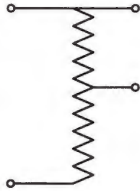

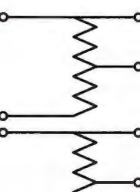
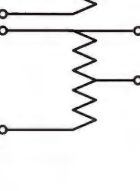
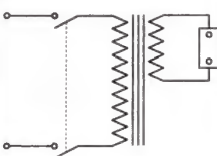
APTITUDES → TYPE ↓	Forme et aspect ↓	Puissance		Tensions primaire et secondaire Volts ↓ V	Chute de tension cos φ		Rendement cos φ			
		VA	W		1 %	0,45 %	1 %	0,45 %		
									Pertes à vide ↓ W	
									Tensions primaire et secondaire Volts ↓ V	
<b>AUTOTRANSFORMATEURS MONOPHASÉS</b>	<b>OMN</b> Autotransfo monophasé nu  	80	3	230/400 réversible	8,5		85			
		150	5		8,5		86			
		250	6		6		89			
		350	7,5		5,5		89			
		500	10		5		90			
		750	15		4		92			
		1 000	16		3,5		93			
		1 500	25		1,8		95			
		2 000	35		1,5		96			
		3 150	45		1,3		96			
	4 000	55	0,65	97						
	6 300	75	0,40	98						
	8 000	55	1,57	97						
	10 000	55	2,04	97						
	12 500	110	2,67	95						
	16 000	110	2,34	96						
	20 000	120	3,13	96						
	25 000	110	2,98	96						
	31 500	170	3,15	95						
	40 000	170	3,82	95						
50 000	250	2,99	95							
63 000	250	2,73	97							
<b>TRANSFORMATEURS TRIPHASÉS STANDARD</b>	<b>OTN</b> Autotransfo triphase nu  	630	9	400/230 réversible	5,73		91			
		1 000	13		4,24		93			
		1 600	22		3,24		94			
		2 000	32		2,81		94			
		2 500	32		2,29		95			
		3 150	40		2,65		95			
		4 000	40		2,34		96			
		5 000	55		2,95		95			
		6 300	55		2,70		95			
		8 000	76		2,33		95			
	10 000	76	2,29	95						
	15 500	120	1,78	96						
	16 000	120	1,55	97						
	20 000	170	2,26	97						
	25 000	170	1,87	96						
	31 500	200	2,85	97						
	40 000	200	3,04	96						
	50 000	215	3,15	96						
	63 000	250	2,79	96						
	80 000	390	2,10	97						
100 000	390	2,81	97							
125 000	550	1,81	97							
160 000	550	1,74	98							
200 000	850	1,45	98							
250 000	850	1,49	98							
<b>BLOCS DE SÉCURITÉ</b>	<b>BS 24</b>  	100	10	BS 24 : 24 V BSM 24 V						
		250	18							
		400	22							
		630	30							
		750	30							
	<b>BSM</b>  <b>BS 230</b>  	100	10	BS 230 : 230 V						
		250	18							
		400	22							
		630	30							
		1 000								
1 600										

Tension de court-circuit  $U_{cc}$ 

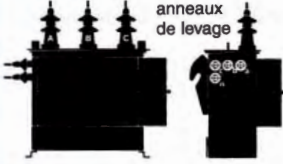
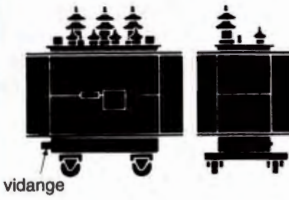
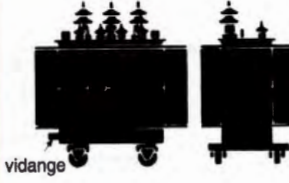
Schéma de principe

Caractéristiques techniques

APPLICATIONS ET REMARQUES

%				
10,5		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Classe I</li> <li>- Classe B jusqu'à 4 000 VA, température 35 °C</li> <li>- Classe H à partir de 5 000 VA, température 40 °C</li> <li>- Tension d'isolement :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- entre enroulements et masse 2 000 V</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Puissance : de 3 150 à 63 000 VA</li> <li>- Prévus pour poste fixe</li> <li>- À colonnes à partir de 10 000 VA</li> <li>- Réversibilité compensée</li> <li>- Avec anneaux de levage à partir de 2000 VA</li> <li>- Suivant norme EN 60 742</li> </ul>	
10,5				
7				
6,5				
6				
4,5				
4				
2				
1,9				
1,5				
1				
0,9				
1,87		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Classe I</li> <li>- Classe B jusqu'à 3 150 VA, température 35 °C</li> <li>- Classe H à partir de 4 000 VA, température 40 °C</li> <li>- Tension d'isolement :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- entre enroulements et masse : 2 000 V</li> </ul> </li> <li>- Surréchauffés IP 40 IK 08 jusqu'à 2000 VA</li> <li>- Sous carter IP 21 IK 08 à partir de 3 150 VA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Puissance : de 80 à 63 000 VA</li> <li>- Prévus pour poste fixe</li> <li>- Réversibilité compensée</li> <li>- Avec anneaux de levage à partir de 2000 VA</li> <li>- Suivant norme EN 60 742</li> <li>- Existe en version étanche (OME) IP 54 IK 08</li> </ul>	
2,46				
3,23				
2,78				
3,28				
3,09				
3,35				
3,86				
3,18				
2,76				
6,67		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Classe I</li> <li>- Classe B jusqu'à 4 000 VA, température 35 °C</li> <li>- Classe H à partir de 6 300 VA, température 40 °C</li> <li>- Tension d'isolement :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- entre enroulements et masse 2 000 V</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prévus pour poste fixe</li> <li>- Réversibilité compensée</li> <li>- Couplage étoile, neutre sorti</li> <li>- Avec anneaux de levage</li> <li>- Suivant norme EN 60 742</li> </ul>	
4,89				
3,68				
2,37				
2,56				
3,11				
2,42				
3,60				
3,24				
2,81				
2,70				
2,14				
1,79				
2,65		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Classe I</li> <li>- Classe B jusqu'à 4 000 VA, température 35 °C</li> <li>- Classe H à partir de 6 300 VA, température 40 °C</li> <li>- Tension d'isolement :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- entre enroulements et masse : 2 000 V</li> </ul> </li> <li>- Sous carter IP 21 IK 08</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prévus pour poste fixe</li> <li>- Réversibilité compensée</li> <li>- Couplage étoile, neutre sorti</li> <li>- Sortie par presse-étoupe</li> <li>- Avec anneaux de levage</li> <li>- Suivant norme EN 60 742</li> <li>- Existe en version étanche (OTE) IP 54, IK 08</li> </ul>	
2,16				
3,07				
3,11				
3,27				
2,82				
2,16				
2,18				
1,88				
1,74				
1,48				
1,49				
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Isolant classe E</li> <li>- Pour poste fixe :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fixation murale classe II <input type="checkbox"/></li> <li>- Double isolation 4 500 V</li> <li>- Envel. isolante en polyester IP 44 IK 08</li> </ul> </li> <li>- Portatif :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- monobloc - classe II <input type="checkbox"/></li> <li>- double isolation 4 500 V</li> <li>- enveloppe rilsanisée IP 34 IK 08</li> </ul> </li> <li>- BS 24 : socle mâle</li> <li>- BSM : socle femelle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Commande marche-arrêt</li> <li>- Protection par disjoncteur magnétothermique</li> <li>- Voyant de mise sous tension</li> <li>- Ensemble monobloc de distribution 24 ou 230 V</li> <li>- Protection au primaire par disjoncteur avec pouvoir de coupure adapté à la puissance</li> <li>- Suivant norme EN 60 742</li> </ul>	

# GUIDE DE CHOIX D'UN TRANSFORMATEUR

APTITUDES → TYPE ↓	Forme et aspect ↓	Tension primaire ↓ V		Tension secondaire nominale à vide ↓ V		Couplage ↓	Puissance ↓ VA	Pertes	
								à vide W	en charge W
<b>Transformateurs sur poteau</b>  25 à 630 kVA 7,2 à 24 kV		20 kV.	Prise de réglage à ± 2,5 % du rapport de transformation	400 V entre phases	Étoile/ zig-zag neutre sorti  Y-zn 11	25 000 50 000 100 000 160 000	115 190 320 460	700 1 100 1 750 2 350	
<b>Transformateurs en cabine immergés</b>  25 à 630 kVA 7,2 à 24 kV		Prises de réglage hors tension normalement prévues pour une variation de ± 2,5 % du rapport de transformation	Entre phases 400 V ou 230 V	de 25 à 160 kVA Y-zn 11  de 200 à 630 kVA D-yn 11 Triangle/ Étoile, neutre sorti	25 000 50 000 100 000 160 000 200 000 250 000 315 000 400 000 500 000 630 000	115 190 320 460 550 650 770 930 1 100 1 300	700 1 100 1 750 2 350 2 850 3 250 3 950 4 600 5 500 6 500		
<b>Transformateurs en cabine immergés</b>  800 à 3 150 kVA 7,2 à 24 kV		20 kV Prises de réglage hors tension, normalement prévues pour une variation de ± 2,5 % du rapport de transformation	Entre phases 400 V ou 230 V	Triangle/ Étoile, neutre sorti D-yn 11	800 1 000 1 250 1 600 2 000 2 500 3 150	1 560 1 840 2 160 2 640 3 120 3 600 4 320	10 200 12 100 15 000 18 100 22 500 28 000 33 000		

Chute de tension				Rendement à 100 % de charge		Schéma de principe	Caractéristiques techniques	APPLICATIONS ET REMARQUES
cos φ		cos φ						
1 %	0,8 %	1 %	0,8 %					
2,84	3,96	96,84	96,08	<p>Yz 11 330°</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Transformateurs livrés nus ou avec un coffret : haut de poteau équipé d'un disjoncteur BT tétrapolaire (3 pôles protégés, pouvoir de coupure 4 000 A à cos φ 0,5)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Appareils hermétiques à couvercle boulonné, immergés dans l'huile, à refroidissement naturel, inclinés en position d'accrochage.</li> <li>- Équipés systématiquement d'une commande de commutation côté primaire, permettant l'ajustage de la tension secondaire, placée sur le couvercle (à manœuvrer hors tension).</li> <li>- En option : 2 tensions secondaires, débitant en 230 V (couplage : Étoile-étoile neutre sorti [Y-yn 0])</li> </ul>		
2,26	3,77	97,48	96,88					
1,81	3,57	97,57	97,48					
1,54	3,43	98,27	97,85					
2,84	3,96	96,84	96,08	<p>Y-z 11</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Transformateurs conformes aux recommandations de la C.E.I. et aux normes NFC 52-112/113.</li> <li>- Raccordement : <ul style="list-style-type: none"> <li>- sur bornes porcelaine</li> <li>- sur passe-barres</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Appareils hermétiques à remplissage total, immergés dans l'huile ou les Askarels, à refroidissement naturel, pour l'extérieur ou l'intérieur.</li> </ul>		
2,26	3,77	97,48	96,88					
1,81	3,57	97,97	97,48					
1,54	3,43	98,27	97,85					
1,49	3,41	98,33	97,92					
1,37	3,33	98,46	98,09					
1,31	3,30	98,54	98,18					
1,22	3,25	98,59	98,24					
1,17	3,22	98,61	98,27					
1,11	3,17	98,71	98,39					
1,37	3,65	98,50	98,14	<p>Dy 11 330°</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Transformateurs conformes aux recommandations de la C.E.I. et aux normes NFC 52-113</li> <li>- Raccordement : <ul style="list-style-type: none"> <li>- sur bornes porcelaine</li> <li>- sur passe-barres</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Appareils hermétiques à remplissage total, immergés dans l'huile ou les Askarels, à refroidissement naturel, pour l'intérieur ou l'extérieur.</li> </ul>		
1,33	3,93	98,58	98,23					
1,34	4,24	98,60	98,26					
1,30	4,52	98,68	98,36					
1,36	5,70	98,70	98,38					
1,36	5,16	98,72	98,40					
1,36	5,76	98,99	98,49					

## 17.10. REMARQUES RELATIVES AU BRANCHEMENT DES MACHINES-OUTILS

EN 60 204 de fév. 1993

### TENSION D'ALIMENTATION DES MACHINES-OUTILS (M.O.)

Les machines sont prévues pour être alimentées à partir des réseaux normaux triphasés 230 V ou 400 V. La plage de la tension d'alimentation doit être comprise entre 95 % et 105 % de la tension nominale.

### RACCORDEMENT D'ACCESSOIRES

Les prises de courant sur M.O., prévues pour le raccordement d'accessoires, peuvent être branchées, soit directement sur le réseau, soit aux bornes du secondaire d'un transformateur. Elles doivent être munies d'un dispositif de mise à la terre. Lorsqu'il est fait usage d'un transformateur, une puissance d'au moins 100 VA doit être disponible, sous une tension secondaire de 115 V et 230 V, ou 48 V si la TBT est exigée.

### ALIMENTATION DES CIRCUITS DE COMMANDE

Lorsqu'une M.O. comporte plus de cinq bobines électromagnétiques (contacteurs, relais, électro-distributeurs...) il est recommandé d'utiliser un transformateur. Celui-ci doit comporter des enroulements séparés et être raccordé en aval du dispositif de sectionnement de l'alimentation (assure la sécurité, en particulier lorsque le neutre du réseau d'alimentation n'est pas relié directement à la terre).

### TENSIONS RECOMMANDÉES POUR LES CIRCUITS DE COMMANDE

Pour les circuits de commande alimentés directement à partir des circuits de puissance (entre phases, entre phase et neutre) aucune tension préférentielle ne peut être prescrite.

Pour les circuits en courant alternatif, alimentés par l'intermédiaire d'un transformateur, les tensions recommandées au secondaire sont 24, 48, 115 et 230 V 50 Hz. La valeur préférentielle pour les machines-outils est 115 V 50 Hz.

Pour les circuits alimentés en courant continu, les tensions recommandées sont (24), 48, 115 et 230 V.

### PROTECTION CONTRE LES FONCTIONNEMENTS INTEMPESTIFS ET LES RISQUES DE CONTACTS INDIRECTS

La mise à la masse (ou à la terre) accidentelle d'un ou plusieurs points d'un circuit de commande, ne doit ni provoquer une mise en marche intempestive, ni empêcher l'arrêt de la M.O., ni provoquer l'élévation dangereuse des masses en potentiel.

Dans le cas d'une commande électronique ne pouvant être reliée à la terre, l'alimentation doit être faite à partir de transformateurs à enroulements séparés.

#### – Interconnexion des masses et disposition des conducteurs :

Les masses de tous les appareils constituant le circuit de commande doivent être interconnectées par des conducteurs de protection. Les conducteurs actifs reliant entre eux ces appareils doivent permettre d'éliminer le risque d'un défaut d'isolement, dans le cas contraire ils doivent être disposés de telle manière que ce défaut ne puisse se produire qu'avec une structure métallique reliée aux masses.

#### – Montage relatif des bobines et des contacts :

Dans un circuit de commande, toutes les bobines doivent avoir une de leurs bornes reliée directement à un même conducteur actif et tous les contacts de commande doivent être placés entre les bobines et l'autre conducteur actif. Dans le cas d'emploi d'un transformateur, un des conducteurs doit être mis directement à la masse et ce conducteur doit constituer le point commun des bobines.

#### – Dispositifs de protection contre l'élévation des masses en potentiel :

Avec un transformateur, la coupure doit être réalisée par un dispositif de protection contre les surintensités placé à l'origine du conducteur actif non relié à la masse.

Avec une alimentation directe à partir du circuit de puissance, le conducteur actif constituant le point commun des bobines ne doit jamais être mis à la masse dans le câblage interne des circuits de commande, mais relié au conducteur neutre des circuits de puissance si l'alimentation des circuits de commande est réalisée entre phase et neutre. Solution satisfaisante lorsque le réseau avec neutre est relié à la terre, sinon l'emploi d'un transformateur est actuellement la solution offrant la plus grande sécurité.

### ÉCLAIRAGE INDIVIDUEL DE LA MACHINE-OUTIL

– Alimentation : de préférence par l'intermédiaire d'un transformateur. Pour les lampes alimentées directement sur le réseau, la tension doit être toujours inférieure à 250 V.

Les câbles d'alimentation des lampes, pour une tension supérieure à 50 V, doivent comporter un conducteur de mise à la terre.

– Protection : tous les conducteurs, non reliés à la terre, doivent être protégés contre les courts-circuits par des coupe-circuit à fusibles ou des disjoncteurs distincts de ceux des autres circuits.

– Lampe : douille en matière isolante enrobant entièrement le culot de l'ampoule.

# 18. LES COFFRETS, LES ARMOIRES ET LES PUPITRES

## 18.1. DÉMARCHE DE DÉTERMINATION D'UN COFFRET, D'UNE ARMOIRE OU D'UN PUPITRE

DÉMARCHE	ÉLÉMENTS CARACTÉRISTIQUES	GUIDE
<p>ENCOMBREMENT DES APPAREILS <math>S_e</math> ; <math>H_e</math></p>	<p>Totaliser les surfaces d'encombrement <math>S_e</math> et déterminer la hauteur <math>H_e</math> du plus grand composant équipant l'installation à étudier.</p>	Tableau : § 18.3.
<p>SURFACE UTILE DE L'ÉQUIPEMENT <math>S_u</math></p>	<p>La surface utile <math>S_u</math> de l'équipement s'obtient par la relation :</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"><math>S_u = S_e \times K_f</math></div> <p><math>S_e</math> : surface d'encombrement en <math>dm^2</math> (y compris le périmètre de sécurité) <math>S_u</math> : surface utile du coffret ou de l'armoire en <math>dm^2</math> <math>K_f</math> : coefficient de fonctionnement tenant compte du câblage, des borniers et des goulottes.</p> <p>* Équipement sur platine perforée ou sur châssis plein : <math>K_f = 2</math> si <math>\Sigma S_e \leq 34,5 dm^2</math> <math>K_f = 2,3</math> si <math>\Sigma S_e &gt; 34,5 dm^2</math></p> <p>* Équipement sur profilés « DIN » symétriques ou asymétriques : <math>K_f = 2,2</math> si montage en coffret de dimensions <math>\leq 800 \times 600 mm</math> ou en armoire ou pupitre de dimensions <math>\leq 600 \times 200 mm</math>. <math>K_f = 2,5</math> dans les autres cas.</p>	Guide de choix : § 18.2.
<p>HAUTEUR UTILE DE L'ÉQUIPEMENT <math>H_u</math></p>	<p>La hauteur (ou profondeur) utile <math>H_u</math> de l'équipement peut être déterminée par la relation :</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"><math>H_u \geq H_e + 100</math></div> <p><math>H_e</math> : hauteur du plus grand composant en mm <math>H_u</math> : profondeur minimale en mm</p>	Tableau : § 18.3. Guide de choix : § 18.2.
<p>UTILITÉ D'UNE CLIMATISATION</p>	<p>Détermination de la surface corrigée <math>S_c</math> de l'enveloppe. Détermination de la puissance dissipée par les équipements. Courbes de puissance de dissipation d'une enveloppe nue.</p>	Guide de choix : § 18.2. Tableau : § 18.5.7. Abaques : § 18.5.1.
<p>PROPRIÉTÉS DU REVÊTEMENT DE L'ENVELOPPE</p>	<p>Propriétés chimiques du revêtement des enveloppes en acier. Propriétés chimiques des enveloppes en matières plastiques. Propriétés mécaniques des enveloppes acier et plastique. Propriétés électriques des enveloppes acier et plastique. Propriétés physiques des enveloppes acier et plastique. Résistance au feu des enveloppes acier et plastique.</p>	§ 18.4.1. § 18.4.2. § 18.4.3. § 18.4.3. § 18.4.3. § 18.4.3.
<p>INDICE DE PROTECTION</p>	<p>Degré de protection de l'enveloppe suivant l'IP minimum exigé par la norme.</p>	CHAPITRE 5 Guide de choix : § 18.2.
<p>CHOIX DE LA CLIMATISATION</p>	<p>Détermination de la surface extérieure de l'enveloppe. Coefficient de rayonnement thermique en <math>W/m^2/^\circ C</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Résistances chauffantes → <math>r_a \leq 10^\circ C</math>.</li> <li>- Échangeur air-air → <math>r_a \leq 55^\circ C</math>.</li> <li>- Groupe de refroidissement → <math>r_a \leq 55^\circ C</math>.</li> <li>- Ventilation → <math>r_a \leq 50^\circ C</math>.</li> </ul>	§ 18.2. § 18.5.6. Abaques : § 18.5.2. Abaques : § 18.5.3. Abaques : § 18.5.4. Abaques : § 18.5.5. Calculs : § 18.5.6.
<p>CHOIX DU COFFRET, DE L'ARMOIRE OU DU PUPITRE ET DE LA CLIMATISATION</p>		§ 18.2. - § 18.5.

## 18.2. GUIDE DE CHOIX D'UNE ENVELOPPE DE PROTECTION

APTITUDES →  DIMENSIONS DES ENVELOPPES Hauteur x Largeur x Profondeur (mm) ↓	FONCTION					MATÉRIAU		DEGRÉ DE PROTECTION						
	Coffret	Pupitre	Armoire	Cellule	Coffret modulaire	Acier	Polyester (1) Dimensions légèrement différentes des dimensions en acier	IP 43 IK 10	IP 54	IP 54 IK 08	IP 54 IK 10	IP 55 IK 10	IP 65 IK 10	IP 66 IK 10
300 x 200 x 150	•				•	•	• (1)			•		•	•	•
300 x 300 x 150	•				•	•						•	•	•
400 x 300 x 200	•					•	• (1)		•	•		•	•	•
400 x 400 x 200	•					•						•	•	•
400 x 600 x 200	•					•						•	•	•
500 x 300 x 200	•				•	•						•	•	•
500 x 400 x 200	•					•	• (1)		•	•		•	•	•
500 x 500 x 300	•					•	•					•	•	•
600 x 400 x 200	•					•	• (1)		•	•		•	•	•
600 x 600 x 200	•					•						•	•	•
600 x 600 x 300	•					•						•	•	•
600 x 600 x 400	•					•						•	•	•
800 x 600 x 300	•					•	• (1)	•		•		•	•	•
800 x 600 x 400	•					•						•	•	•
800 x 800 x 300	•					•		•				•	•	•
942 x 800 x 490		•				•						•	•	•
942 x 1 200 x 490		•				•						•	•	•
1 000 x 600 x 400	•					•						•	•	•
1 000 x 800 x 300	•					•	• (1)		•	•		•	•	•
1 000 x 800 x 400	•					•						•	•	•
1 000 x 1 000 x 300	•					•	•					•	•	•
1 200 x 800 x 400	•					•						•	•	•
1 200 x 1 000 x 300	•					•	•					•	•	•
1 200 x 1 200 x 400	•					•						•	•	•
1 280 x 800 x 990		•				•						•	•	•
1 280 x 1 000 x 990		•				•						•	•	•
1 280 x 1 200 x 990		•				•						•	•	•
1 800 x 600 x 400			•	•		•					•	•	•	•
1 800 x 600 x 600			•	•		•					•	•	•	•
1 800 x 600 x 800			•	•		•					•	•	•	•
1 800 x 800 x 400			•	•		•					•	•	•	•
1 800 x 800 x 800			•	•		•					•	•	•	•
1 800 x 1 200 x 400			•	•		•					•	•	•	•
1 800 x 1 200 x 600			•	•		•					•	•	•	•
2 000 x 600 x 400			•	•		•					•	•	•	•
2 000 x 800 x 400			•	•		•					•	•	•	•
2 000 x 800 x 600			•	•		•					•	•	•	•
2 000 x 800 x 800			•	•		•					•	•	•	•
2 000 x 1 000 x 400			•	•		•					•	•	•	•
2 000 x 1 000 x 600			•	•		•					•	•	•	•
2 000 x 1 200 x 400			•	•		•					•	•	•	•
2 000 x 1 200 x 600			•	•		•					•	•	•	•
2 200 x 600 x 600			•	•		•					•	•	•	•
2 200 x 600 x 800			•	•		•					•	•	•	•
2 200 x 800 x 600			•	•		•					•	•	•	•
2 200 x 800 x 800			•	•		•					•	•	•	•
2 200 x 1 200 x 600			•	•		•					•	•	•	•

Note : ce tableau n'est pas exhaustif.



MONTAGE SUR CHASSIS "DIN"			MONTAGE SUR PLATINES PERFORÉES			MONTAGE SUR CHASSIS PLEINS			MONTAGES SUR CHASSIS MODULAIRES		Surface extérieure S de l'enveloppe (m <sup>2</sup> )	Surface corrigée S <sub>c</sub> (m <sup>2</sup> )
H <sub>u</sub> mini (mm)	H <sub>u</sub> maxi (mm)	Surface utile S <sub>u</sub> (dm <sup>2</sup> )	H <sub>u</sub> mini (mm)	H <sub>u</sub> maxi (mm)	Surface utile S <sub>u</sub> (dm <sup>2</sup> )	H <sub>u</sub> mini (mm)	H <sub>u</sub> maxi (mm)	Surface utile S <sub>u</sub> (dm <sup>2</sup> )	Pas du module (mm)	Nombre de rangées x nombre de modules (maximum)		
115	115	3,05	127	127	3,6	128	144	3,75	-	-	0,30	0,11
115	115	5,15	127	127	6,6	128	144	6,25	-	-	0,36	0,15
57	135	7,60	72	144	6,6	87	159	8,75	18	3 x 12	0,52	0,21
57	135	10,70	72	144	9,2	87	159	12,25	-	-	0,64	0,26
57	135	16,9	72	144	14,6	87	159	19,25	-	-	0,9	0,38
57	135	10,05	72	144	9,9	87	159	11,25	-	-	0,62	0,45
57	135	14,15	72	144	13,9	87	159	15,75	-	-	0,76	0,31
57	235	18,25	72	244	18,0	87	259	20,25	-	-	1,10	0,45
57	135	17,60	72	144	18,6	87	159	19,25	18	3 x 17	0,90	0,36
57	135	27,80	72	144	29,3	87	159	30,25	-	-	1,20	0,48
57	235	27,80	72	244	29,4	87	259	30,25	-	-	1,50	0,60
57	335	27,80	72	344	29,4	87	359	30,25	-	-	1,70	0,68
57	235	38,7	72	244	36,7	87	259	41,25	18	2 x 28	1,80	0,72
57	335	38,7	72	344	36,7	87	359	41,25	18	4 x 28	2,10	0,86
57	235	52,9	72	244	50,2	87	259	56,25	-	-	2,24	0,90
-	-	55,1	-	-	-	-	-	55,1	-	-	3,22	1,34
-	-	85,8	-	-	-	-	-	85,8	-	-	4,40	1,74
57	335	49,6	72	344	51,4	87	359	52,25	18	5 x 28	2,48	1,00
57	235	67,8	72	244	70,3	87	259	71,25	18	5 x 36	2,70	1,15
57	335	67,8	72	344	70,3	87	359	71,25	-	-	3,10	1,30
57	235	86	72	244	89,3	87	259	90,25	-	-	3,20	1,35
57	335	82,7	72	344	80,3	87	359	86,25	18	6 x 36	3,55	1,45
57	235	104,9	72	244	102,0	87	259	109,25	-	-	3,75	1,50
57	335	121	72	344	117,5	87	359	132,25	18	12 x 28	4,80	1,95
-	-	80	-	-	-	-	-	80	-	-	6,20	2,50
-	-	102,3	-	-	-	-	-	102,3	-	-	7,00	2,80
-	-	124,6	-	-	-	-	-	124,6	-	-	8,00	3,20
-	295	90,7	-	395	84,8	-	295	84,4	18	9 x 22	4,10	1,60
-	495	90,7	-	495	84,8	-	495	84,4	18	9 x 22	5,10	2,00
-	695	90,7	-	695	84,8	-	695	84,4	18	9 x 22	6,00	2,40
-	295	121,2	-	295	116	-	295	117	18	9 x 22	5,00	1,90
-	295	182,2	-	295	169,6	-	295	182,2	18	18 x 22	6,75	2,60
-	495	182,2	-	495	169,6	-	495	182,2	18	18 x 22	7,95	3,10
-	295	102,6	-	295	95,5	-	295	94,8	18	12 x 22	4,50	1,80
-	295	137,1	-	295	130,5	-	295	131,4	18	12 x 22	5,45	2,10
-	495	137,1	-	495	130,5	-	495	134,4	18	12 x 22	6,60	2,60
-	695	137,1	-	695	130,5	-	695	131,4	18	12 x 22	7,70	3,00
-	295	171,6	-	295	165,6	-	295	168	-	-	6,40	2,50
-	495	171,6	-	495	165,6	-	495	168	-	-	7,60	3,00
-	295	206,1	-	295	190,9	-	295	204,6	18	24 x 22	7,40	2,90
-	495	206,1	-	495	190,9	-	495	204,6	18	24 x 22	8,70	3,40
-	495	114,5	-	495	106	-	495	105,2	-	-	6,00	2,40
-	695	114,5	-	695	106	-	695	105,2	-	-	7,20	2,80
-	495	153	-	495	145	-	495	145,8	-	-	7,20	2,90
-	695	153	-	695	145	-	695	145,8	-	-	8,30	3,30
-	495	230	-	495	212,1	-	495	227	-	-	9,40	3,70
-	695	230	-	695	212,1	-	695	227	-	-	10,70	4,20

# 18.3. SURFACES D'ENCOMBREMENT $S_e$ ET HAUTEUR D'ENCOMBREMENT $H_e$ (D'après SCHNEIDER ELECTRIC)

MATÉRIELS	CARACTÉRISTIQUES	MODULES	MATÉRIELS	CARACTÉRISTIQUES	$S_e/H_e$ (dm <sup>2</sup> )/(mm)	
<b>Appareillage modulaire</b>	Contacteur 16 A (2 p) – 20 A (2 p) <sup>(2)</sup>	1 M <sup>(1)</sup>	<b>Sectionneur porte-fusible</b>	Calibre 25 A (3 p)	0,43/115	
	Contacteur 20 A (3/4 p) – 40 A (2 p)	2 M		Calibre 25 A (4 p)	0,60/115	
	Contacteur 40 A (3/4 p) – 63 A (2/4 p)	3 M		Calibre 50 A (3 p)	0,84/ 85	
	Relais pour circuit pilote EDF 5 A	1 M		Calibre 50 A (4 p)	1,09/ 85	
	Relais pour circuit pilote EDF 16/20 A	2,5 M		Calibre 80 A (4 p)	3,19/160	
	Programmeur électronique 1 ou 2 voies	3 M		Calibre 125 A (4 p)	3,89/160	
	Programmeur thermostatique	3 M		Calibre 200 A (4 p)	9,76/210	
	Interrupteur crépusculaire	2 M		<b>Contacteur (3)</b>	Mini-contacteur 6/9 A non-inverseur (3 p)	0,26/ 85
	Temporisateur électronique	1 M			Mini-contacteur 6/9 A inverseur (3 p)	0,54/ 85
	Délesteur électronique 1 à 3 voies	3 M			Contacteur 9/12/18 A inverseur (3/4 p)	0,34/125
	Interrupteur 32 A (2 p)	1 M	Contacteur 9/12/18 A inverseur (3/4 p)		0,78/125	
	Interrupteur 32 A (3 p/4 p)	2 M	Contacteur 25/32 A non-inverseur (3/4 p)		0,47/145	
	Interrupteur 63/100 A	1 M/p	Contacteur 25/32 A inverseur (3/4 p)		1,07/145	
	Prise de courant 2 + PE	2,5 M	Contacteur 40/50/65/80/95 A non-inverseur (3 p)		1,07/195	
	Porte-fusible 20 A/32 A	1 M/p	Contacteur 40/50/65/80/95 A non-inverseur (4 p)		1,22/195	
	Porte-fusible 50 A	1,5 M/p	Contacteur 40/50/65/80/95 A inverseur (3 p)		2,10/195	
	Porte-fusible 125 A	2 M/p	Bloc additif		0,09/ 80	
	Relais statique 10/16 A (2 p)	4,5 M	Contacteur 115 A non-inverseur (3 p)	2,65/205		
	Contacteur disjoncteur 10/25 A (2 p)	3 M	Contacteur 115 A inverseur (3 p)	5,59/205		
	Contacteur disjoncteur 10/25 A (4 p)	5 M	Contacteur 150 A non-inverseur (3 p)	2,78/205		
			Contacteur 150 A inverseur (3 p)	5,87/205		
			Contacteur 185 A non-inverseur (3 p)	2,94/215		
<b>Disjoncteur moteur (3)</b>	Calibre 0,1/25 A (3 p) Calibre 0,1/25 A (3 p + additif limiteur) Calibre 1/80 A (3 p)	0,52/ 90 0,94/ 90 1,54/120	<b>Relais de protection</b>	Relais thermique $I_t \leq 25$ A (3 p)	0,36/100	
<b>Sectionneur disjoncteur (3)</b>	Calibre 25 A (3 p)	0,70/ 90		Relais thermique $23 \leq I_t \leq 36$ A (3 p)	0,50/105	
	Calibre 80 A (3 p)	1,32/110		Relais thermique $17 \leq I_t \leq 93$ A (3 p)	0,75/125	
	Contact additif (1 p)	0,08/ 40		Relais thermique $75 \leq I_t \leq 125$ A (3 p)	1,24/130	
Départ moteur 25 A (+ contacteur + RT)	1,35/130	Relais thermique $125 \leq I_t \leq 315$ A (3 p)		2,02/185		
<b>Contacteur disjoncteur (3)</b>	Calibre 32 A non-inverseur	1,20/160	Relais magnétique $I_m \leq 100$ A (1 p)	0,70/155		
	Calibre 40 A non-inverseur	1,55/160	Relais magnétique $80 \leq I_m \leq 250$ A (1 p)	0,94/155		
	Calibre 63 A non-inverseur	2,19/200	Relais magnétique et relais de démarrage $125 \leq I_m \leq 500$ A (1 p)	1,03/155		
	Contact additif	0,22/110	<b>Discontacteurs</b>	Calibre 6/9 A (3 p)	0,41/ 85	
Calibre 32 A inverseur	2,41/160	Calibre 9/12/18/25/32 A (3 p)		0,56/145		
Calibre 63 A inverseur	5,00/200	Calibre 25/32 A (3 p)		0,79/195		
			Calibre 40/50/65/80/95 A (3 p)	1,52/195		

(1) : 1 M = 1 Module de 17,5 mm (montage en châssis modulaire). (2) : p = nombre de pôles. (3) : y compris périmètre de sécurité.

## 18.4. PROPRIÉTÉS DES ENVELOPPES

	durée des essais (en mois)		2	4	6	8	10	12
	acide	concentration 20 %						
<b>18.4.1. PROPRIÉTÉS CHIMIQUES DES REVÊTEMENTS POLYESTER DES ENVELOPPES ACIER</b>	acide	acétique						
		sulfurique						
		nitrique						
		phosphorique						
		chlorhydrique						
		lactique						
	base	soude	10 %					
		ammoniaque	10 %					
	eau	eau distillée						
		eau de mer						
		eau de ville						
		eau de javel diluée						
	solvant	essence						
		alcools supérieurs						
		aliphatiques						
aromatiques								
cétones-esters								
tri-perchloréthylène								
film intact :			film attaqué :					
à l'ambiante pour protection phosphatée revêtue d'un film de 150 à 200 µm.								

**18.4.2  
PROPRIÉTÉS  
CHIMIQUES  
DES  
ENVELOPPES  
EN MATIÈRES  
PLASTIQUES**

AGENTS CHIMIQUES	polycarbonate concentration (1) maxi %	polyester concentration (2) maxi %	PVC concentration (3) maxi %
acétone, cétone et dérivés	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
acide chlorhydrique	10 **	30 **	30 **
acide citrique	10 **	100 **	S **
acide lactique	10 **	100 **	90 **
acide nitrique	10 **	20 *	50 **
acide phosphorique	100 **	100 **	S **
acide sulfurique	50 **	70 **	96 **
alcools (sauf alcool benzylique, allylique et furfurylique)	96 **	50 **	96 **
aniline pure	<input type="checkbox"/>	*	100 <input type="checkbox"/>
base minérale	*	100 **	10 **
benzène	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	100 <input type="checkbox"/>
brome liquide	<input type="checkbox"/>		100 <input type="checkbox"/>
chlore liquide	<input type="checkbox"/>	S **	100 <input type="checkbox"/>
eau de mer	100 **	100 **	100 **
essence	100 **	100 **	100 *
éther	100 *	100 *	100 <input type="checkbox"/>
hexane	**	<input type="checkbox"/>	*
huile et graisses	100 **	100 **	100 **
hydrocarbure aromatique	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
mazout	100 *	100 **	100 **
naphtaline		100 **	100 *
nitrobenzène	<input type="checkbox"/>		100 <input type="checkbox"/>
phénol	<input type="checkbox"/>	20 *	S *
sels minéraux	**	**	**
teinture d'iode	*		<input type="checkbox"/>
toluène	<input type="checkbox"/>	**	100 <input type="checkbox"/>
trichloréthylène	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	100 <input type="checkbox"/>
urée	S **		S **

\*\* résistant       ne résiste pas  
\* résistance limitée      S : saturation

(1) Portes transparentes  
(2) Coffrets  
(3) Boîtes et coffrets plastique PVC (Boîtiers SAREL).

**18.4.3  
PROPRIÉTÉS  
MÉCANIQUES,  
ÉLECTRIQUES ET  
RÉSISTANCE  
AU FEU DES  
ENVELOPPES**

CARACTÉRISTIQUES	UNITÉS	POLYCARBONATE	POLYESTER	PVC	ACIER
<b>• Propriétés mécaniques :</b>					
- Adhérence (quadrillage et scotch)	-	-	-	-	Classe 0
- Résistance au choc	kJ/m <sup>2</sup>	O.B	60	25	> 1 kg/50 cm
- Résistance à la rupture en traction	MPa	> 65	85	45	-
- Allongement à la rupture en traction	%	> 110	-	120 à 150	-
- Module d'élasticité en traction	MPa	2 300	13 000	2 200	-
- Résistance au choc avec entaille	kJ/m <sup>2</sup>	25	50	20	-
<b>• Propriétés électriques :</b>					
- Résistance au courant de cheminement	-	250-230	> 600	> 600	-
- Résistance superficielle	Ω	> 10 <sup>15</sup>	≥ 10 <sup>12</sup>	> 10 <sup>13</sup>	-
- Rigidité diélectrique	kV/mm	> 30	18-20	30	-
- Résistance spécifique de passage	Ω. cm	> 10 <sup>16</sup>	≥ 10 <sup>12</sup>	≥ 10 <sup>15</sup>	-
<b>• Propriétés physiques :</b>					
- Température de ramollissement (Vicat B)	°C	145-150	-	79-80	-
- Résistance à la température	°C	- 50 +125	- 50 +150	- 20 +65	-
- Absorption d'eau	%	0,15	0,2	< 0,1	-
- Masse spécifique	kg/dm <sup>3</sup>	1,21	1,85	1,4	7,8
- Rétention de la brillance	-	-	-	-	bonne
- Résistance à la corrosion (brouillard salin)	h	-	-	-	200 à 1 500
<b>• Résistance au feu :</b>					
- Indice d'oxygène	%	26	24,4	45-50	-
- Tenue au fil incandescent 2 min.	°C	750	960	960	-
- Tenue au fil incandescent 3 min.	°C	850	960	960	-
- Tenue à l'essai à la bille	°C	140	600	73	-
- Classe au feu	-	-	-	-	classe M1
<b>• Vieillesse accéléré :</b>					
- À 60 °C après 100 à 250 h	-	-	-	-	50 % brillance
- Variation de la teinte après 100 à 150 h	ΔE	-	-	-	2 à 4 NBS

# 18.5. CHOIX DE LA CLIMATISATION POUR LES ENVELOPPES

## 18.5.1. CLIMATISATION NATURELLE (D'après LEGRAND)

- Les abaques ci-contre indiquent la puissance dissipable par une enveloppe nue.
- Les surfaces corrigées  $S_c$  sont données § 18.2.
- Applicables lorsque la température ambiante  $t_a$  est basse ou lorsque la puissance à dissiper est faible.

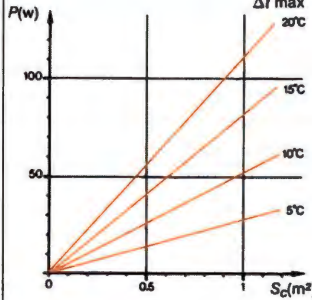


Fig. 1 - Jusu'à  $S_c = 1 \text{ m}^2$

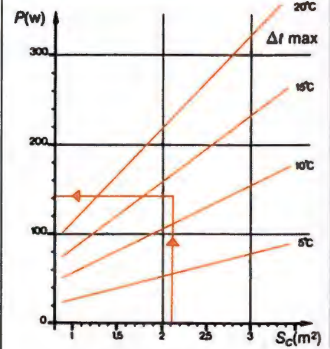


Fig. 2 -  $S_c$  au-delà de  $1 \text{ m}^2$

- **Exemple :** - Armoire  $1800 \times 800 \times 400$   $\Delta t = 15 \text{ }^\circ\text{C}$
- Le tableau § 18.2. donne  $S_c = 1,9 \text{ m}^2$
- La puissance à dissiper donnée Fig. 2 ne devra pas dépasser 120 W.

## 18.5.2. RÉSISTANCE CHAUFFANTE (D'après SAREL)

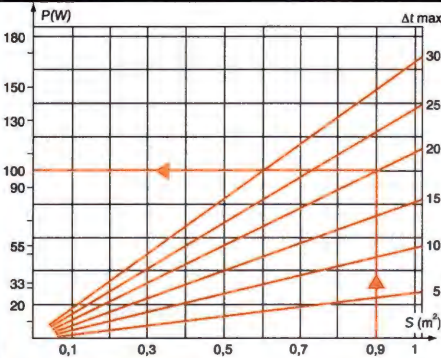


Fig. 3 - Surfaces extérieures  $S \leq 1 \text{ m}^2$  (Acier).

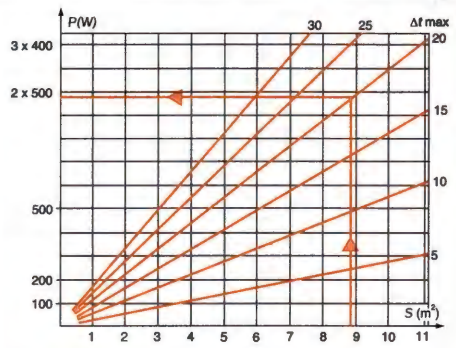
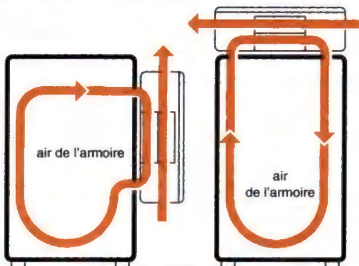


Fig. 4 - Surfaces extérieures  $S$  jusqu'à  $11 \text{ m}^2$  (Acier).

- Les abaques ci-dessus permettent la détermination des résistances ( $t_a$  basses).
- Pour les coffrets en polyester, multiplier  $P$  par 0,82.
- **Exemples :** Coffret acier  $600 \times 400 \times 200$   $\Delta t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$
- Le tableau § 18.2. donne  $\rightarrow S = 0,9 \text{ m}^2$ .
- La Fig. 3 indique une résistance de 100 W.
- Armoire acier  $2000 \times 1200 \times 600$   $\Delta t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$
- Le tableau § 18.2. donne  $\rightarrow S = 8,7 \text{ m}^2$
- La Fig. 4 indique 2 résistances de 500 W.

## 18.5.3. ÉCHANGEUR THERMIQUE AIR/AIR (D'après SAREL)

- Schéma de circulation de l'air



- Les abaques ci-contre sont donnés pour un échangeur air/air de  $80 \text{ }^\circ\text{C/W}$ .
- Applicable principalement pour le refroidissement des armoires en acier jusqu'à une température ambiante  $t_a$  de  $55 \text{ }^\circ\text{C}$
- **Exemple :**
- Pupitre en acier  $942 \times 1200 \times 490$  ;  $\Delta t = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ .
- Le tableau § 18.2. donne  $S = 4,4 \text{ m}^2$ .
- La Fig. 5 indique une puissance de 1560 W pour l'échangeur.

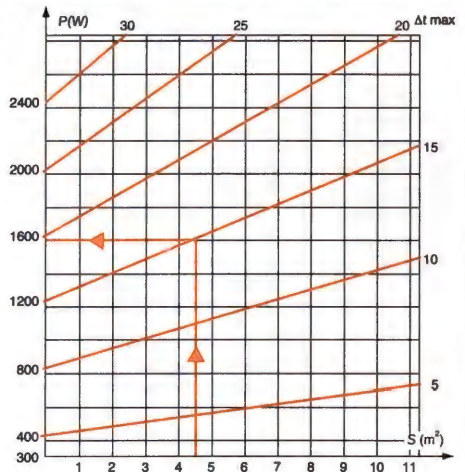


Fig. 5 - Échangeur air/air pour surfaces extérieures  $S$  jusqu'à  $11 \text{ m}^2$  (Acier).

**18.5.4. GROUPE DE REFOUDDISEMENT (D'après SAREL)**

- Les abaqués ci-dessous permettent la détermination de la puissance frigorifique du groupe de refroidissement suivant la température ambiante  $t_a$  et la température de l'armoire.
- La puissance de refroidissement du groupe à installer est égale à la somme de la puissance absorbée par le groupe et de la puissance dissipée par l'équipement.
- La température ambiante maximale d'utilisation est de 55 °C.
- **Exemple :**
- Température ambiante  $t_a = 42$  °C.
- Température de l'armoire  $t' = 35$  °C.
- Puissance dissipée par l'équipement = 800 W.
- L'abaque Fig. 6 indique un groupe de refroidissement de 1 500 W.

**Schéma de circulation de l'air SAREL**

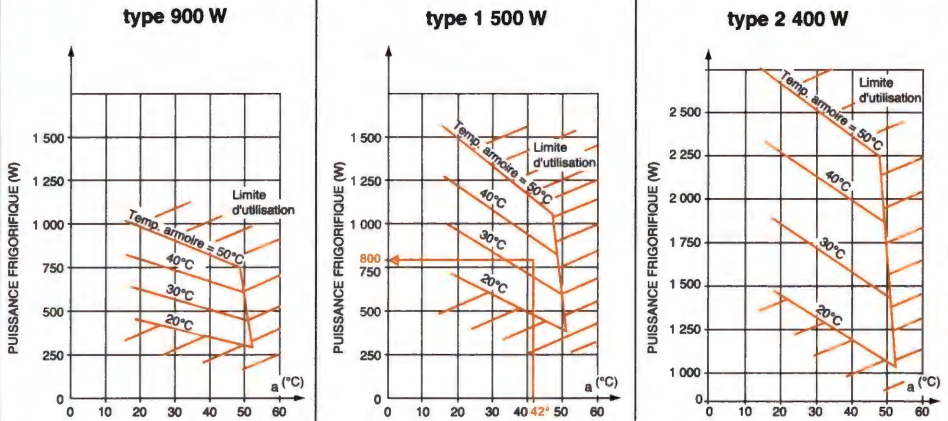
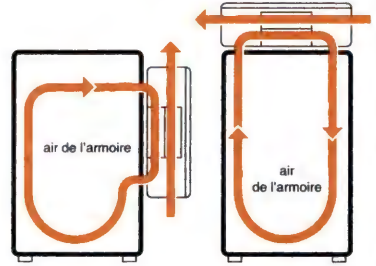


Fig. 6 - Groupes de refroidissement avec surveillance électronique de la température.

**Schéma de circulation de l'air**

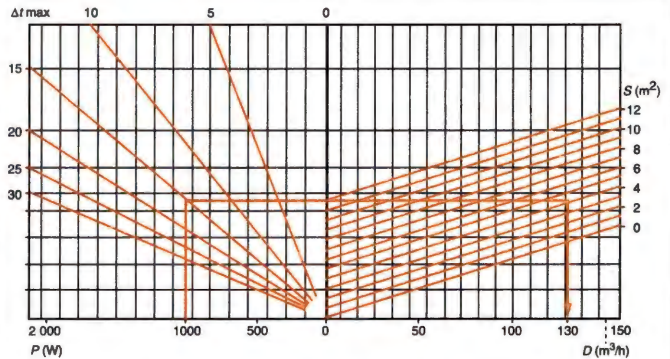
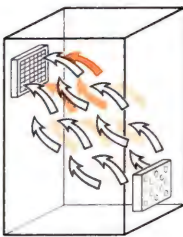


Fig. 7 - Abaqués de détermination des ventilateurs pour enveloppes en acier.

**18.5.4. SYSTÈME DE VENTILATION (D'après SAREL)**

- Les abaqués ci-dessous donnent le débit  $D$  en  $m^3/h$  du ventilateur.
- Le température ambiante maximale d'utilisation ne doit pas dépasser 50 °C.

Ventilateur avec filtre standard pour ambiance normale	32	38	56	59	63	67	115	131	147	490	510	$m^3/h$
Ventilateur avec filtre fin supplémentaire pour ambiance sévère	38	40	47	51	64	71	78	238	258	266	275	$m^3/h$

- **Exemple :**
- Armoire en acier 2 000 x 600 x 400  $\Delta t = 15$  °C - Puissance à dissiper = 1 kW
- Le tableau § 18.2. donne  $S = 4,5 m^2$
- L'abaque Fig. 7 indique 135  $m^3/h$  imposant un ventilateur de 147  $m^3/h$  pour une ambiance normale (prévoir 10 % de réserve pour le choix du ventilateur).

<b>18.5.6. DÉTERMINATION DES PARAMÈTRES PAR LE CALCUL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mode de calcul pour le choix d'une résistance</li> </ul>	$P = K \cdot S \cdot \Delta t$	<p><math>P</math> : puissance calorifique de la résistance (W).  <math>S</math> : surface extérieure de l'armoire (m<sup>2</sup>), § 18.2.  <math>\Delta t</math> : t° intérieure – t° ambiante extérieure (°C).  <math>K</math> : coefficient de rayonnement thermique.  5,5 W/m<sup>2</sup>/°C pour la tôle peinte.  4,5 W/m<sup>2</sup>/°C pour le polyester.</p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mode de calcul pour le choix d'un échangeur air/air</li> </ul>	$P = \Delta t (q + K \cdot S)$	<p><math>P</math> : puissance de déperdition de l'ensemble (W)  <math>S</math> : surface extérieure de l'armoire (m<sup>2</sup>), § 18.2.  <math>\Delta t</math> : écart de température entre l'intérieur et l'extérieur de l'armoire (°C).  <math>q</math> : puissance spécifique de l'échangeur (W/°C).  <math>K</math> : 5,5 W/m<sup>2</sup>/°C pour la tôle peinte.  4,5 W/m<sup>2</sup>/°C pour le polyester.</p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mode de calcul pour le choix d'un ventilateur</li> </ul>	$D = 3,1 \left( \frac{P}{\Delta t} - K \cdot S \right)$	<p><math>D</math> : débit d'air du ventilateur seul (m<sup>3</sup>/h).  <math>P</math> : puissance à dissiper dans l'enveloppe (W).  <math>\Delta t</math> : écart de température entre l'intérieur et l'extérieur de l'armoire (°C).  <math>S</math> : surface extérieure de l'armoire (m<sup>2</sup>), § 18.2.  <math>K</math> : 5,5 W/m<sup>2</sup>/°C pour la tôle peinte.  4,5 W/m<sup>2</sup>/°C pour le polyester.</p>

<b>18.5.7 DISSIPATION DES COMPOSANTS ÉLECTRIQUES</b>	COMPOSANTS	Contacteur modulaire	Disjoncteur moteur	Sectionneur disjoncteur	Contacteur disjoncteur ≤ 10 A	Contacteur disjoncteur ≤ 32 A	Contacteur disjoncteur ≤ 63 A
	DISSIPATION (W) MAXIMALE	2	3	4	2/pôle	6/pôle	10/pôle
	COMPOSANTS	Fusible ≤ 10 A gG/aM	Fusible ≤ 40 A gG/aM	Fusible ≤ 100 A gG/aM	Fusible ≤ 250 A gG/aM	Transformateur TMO ≤ 160 VA	Transformateur TMO ≤ 1 kVA
	DISSIPATION (W) MAXIMALE	2,5/0,6	5/2	9/7	23/15	16	40
	COMPOSANTS	Transformateur TMO ≤ 3,15 kVA	Contacteur ≤ 25 A	Contacteur ≤ 95 A	Contacteur ≤ 115 A	Contacteur ≤ 185 A	Relais de protection
DISSIPATION (W) MAXIMALE	65	3/pôle	12/pôle	18/pôle	26/pôle	< 10	

## 18.6. EXEMPLE

### • Cahier des charges

- Alimentation d'un moteur 75 kW 3 × 400 V 500 Hz 1 500 min<sup>-1</sup> (I<sub>n</sub> = 125 A au stator et 90 A au rotor)
- Démarreur rotorique 4 temps (résistances extérieures au coffret) avec inversion du sens de rotation.
- Local : chaudronnerie avec risque d'acide sulfurique concentré à 15 % maximum. Δt = 10 °C
- Transformateur de commande 230/48 V 1,6 kVA (type TMO).

### • Solution

- Encombrements et dissipation.

MATÉRIELS	SURFACE S <sub>o</sub> (dm <sup>2</sup> ) (§ 18.3.)	HAUTEUR H <sub>o</sub> (mm) (§ 18.3.)	DISSIPATION (W) (§ 18.5.7.)
1 sectionneur – 3 x aM. 160 A (4p)	9,76	210	45
1 contacteur inverseur : 150 A (3 p)	5,87	205	150
1 relais thermique : 125 A (3 p)	2,02	185	10
2 relais magnétiques : 500 A (2 p)	2,06	155	20
3 contacteurs rotor : 95 A (3 p)	3,66	195	108
1 relais de démarrage (1 p)	1,03	155	10
3 contacteurs auxiliaires : 9 A (4 p)	1,02	125	27
1 transformateur TMO : 1,6 kVA (§ 17.9)	3,67	164	85
<b>TOTAL</b>	≈ 30 dm <sup>2</sup>	<b>MINI : 210 mm</b>	≈ 450 W

- Surface utile S<sub>u</sub> (Équipement platine perforée).

S<sub>o</sub> < 34,5 dm<sup>2</sup> → Le § 18.1, donne K<sub>f</sub> = 2 → S<sub>u</sub> = 30 x 2 = 60 dm<sup>2</sup> avec H<sub>u</sub> = 310 mm.

Le tableau (§ 18.2.) donne un coffret (tôle peinte) de 1 000 x 800 x 400 résistant à l'acide sulfurique (§ 18.4.1.).

- Choix de l'IP → chaudronnerie IP 30, IK 10 (chapitre 5) → le coffret IP 55 IK 10 convient.

- Choix de la ventilation (la climatisation naturelle n'est pas suffisante, voir Fig. 2).

Le tableau (§ 18.2.) donne S = 3,1 m<sup>2</sup> P à dissiper = 450 W Δt = 10 °C.

L'abaque Fig. 7 donne D = 75 m<sup>3</sup>/h → Ventilateur 115 m<sup>3</sup>/h pour une ambiance normale.

# 19. LES RÉSEAUX DE TERRAIN. VOIX – DONNÉES – IMAGES (VDI)

(D'après SCHNEIDER-ELECTRIC)

## 19.1. COMMUNICATION ET PROTOCOLE

### 19.1.1. ÉVOLUTION DE LA COMMUNICATION

La frontière entre automatisme et informatique s'estompe grâce à l'adoption progressive de standards communs. La communication entre ces deux mondes converge par l'utilisation de protocoles mondiaux *Ethernet* et *TCP/IP* et par la prise en compte de dispositifs normés tels que le modèle *OSI* (Open System Interconnection). Ces nouvelles technologies associées à *Extranet*, *Intranet* et *Internet* autorisent un accès à toutes les données informatiques et numériques (y compris celles de l'automatisme) en temps réel, en tout lieu, à toute personne autorisée. Le concept « *Transparent Factory* » s'appuie sur ces Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication (*NTIC*).

### 19.1.2. LES NOUVELLES TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION ET DE LA COMMUNICATION (NTIC)

Les Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication ont fait évoluer les langages de programmation et les mécanismes d'échanges de données en informatique. Les *NTIC* permettent :

- de repenser l'approche dans la conception des architectures d'automatismes.
- d'augmenter les capacités et les performances des réseaux de communication par le développement de nouveaux modèles de communication,
- de développer des services associés aux métiers des différents acteurs du procédé.

Les *NTIC* ont tendance à fusionner certains niveaux de communication car il n'est plus nécessaire de décrire ceux-ci par une approche quantitative mais par une approche fonctionnelle.

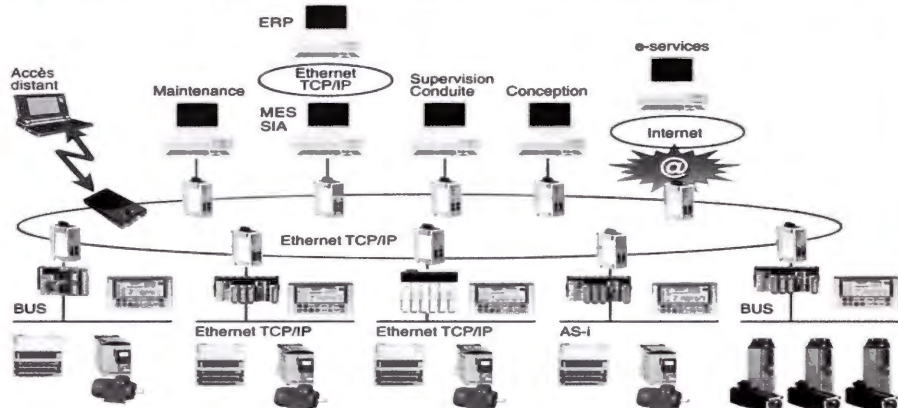


Fig. 1 - L'impact des Nouvelles Technologies de l'information et de la Communication.

### 19.1.3. LE RÔLE DE L'INFORMATIQUE DANS LES AUTOMATISMES

L'augmentation de la productivité (fiabilité, pérennité) des usines de fabrication a suscité le besoin d'assurer une bonne communication entre automatisme et informatique. La quasi-totalité des réseaux d'automatismes sont dits propriétaires et répondent essentiellement à la mise en conformité d'une approche produit et non pas la problématique utilisateur.

**Segmentation de l'automatisme en niveaux :**

- **niveau 0** : capteurs et actionneurs (niveau machine)
- **niveau 1** : automatisme (niveau cellule),
- **niveau 2** : supervision (niveau atelier),
- **niveau 3** : informatique (niveau entreprise et usine),
- **niveau 4** : informatique (niveau mondial).

À chaque niveau, correspond un bus ou un réseau :

- les « **sensor bus** », bus capteurs et actionneurs unitaires simples,
- les « **device bus** », bus et réseaux pour la périphérie d'automatisme ; variateurs, robots, axes...
- les « **field bus** », réseaux de communication entre unités de traitement ; automates programmables, supervision, commandes numériques
- les **réseaux locaux industriels**, pour l'établissement de la communication entre l'automatisme et le monde informatique.

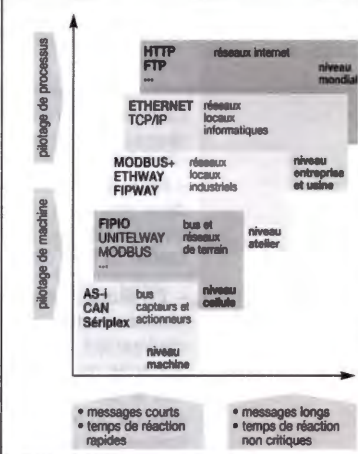


Fig. 2 – À chaque niveau correspond un bus ou un réseau.

## 19.2. LES RÉSEAUX INFORMATIQUES

### 19.2.1. LE MODÈLE OSI (OPEN SYSTEM INTERCONNECTION)

Les couches Transport, Session et Présentation peuvent être vides. C'est ce qu'on nomme un profil simplifié largement utilisé dans les réseaux industriels.

L'ensemble des sept couches Fig. 3 est divisible en deux familles distinctes :

- la première, constituée des couches 1 à 4, offre les services de communication (transfert de données).
- la seconde, constituée des couches 5 à 7, offre les services d'application (utilisation des données).

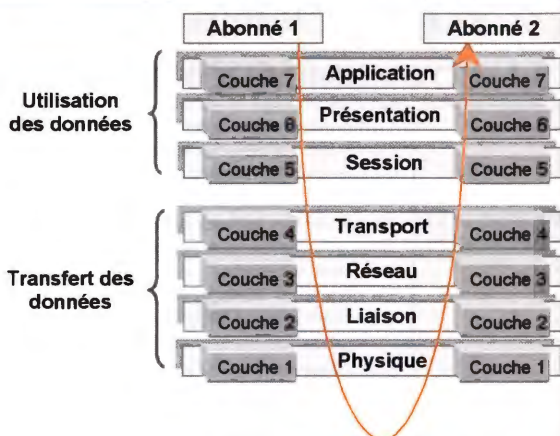


Fig. 3 Structure du modèle OSI

### 19.2.2. L'ENCAPSULATION

C'est un mécanisme de transmission de données. Lorsqu'une application envoie des données vers le réseau, chaque couche traversée exécute un processus d'encapsulation de l'unité de données fournie par la couche supérieure en ajoutant un en-tête, voire une remorque qui lui est propre.

Réciproquement à la réception, chaque couche exécute une désencapsulation pour ne restituer en final que les données utilisateurs à l'application.

La Fig. 4 matérialise le processus d'encapsulation.

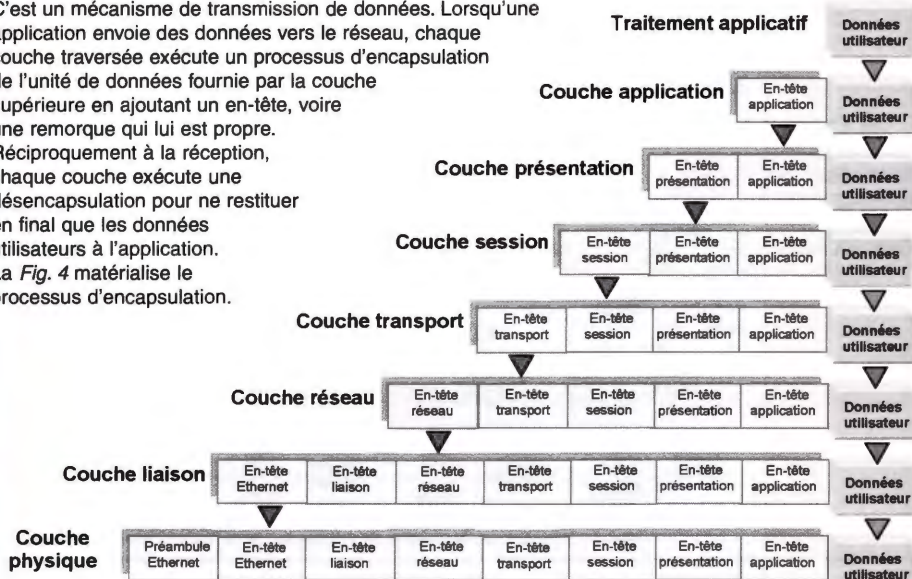


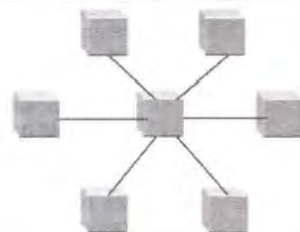
Fig. 4 – Mécanisme d'encapsulation

### 19.2.3. TOPOLOGIE DES RÉSEAUX

La topologie d'un réseau est caractérisée par le type de câblage du réseau : c'est la partie physique du réseau. Différentes topologies :

– **Point à point** : c'est la forme la plus élémentaire qui implique deux machines. En général, cela concerne une liaison série dont les vitesses de transmission sont vite limitées par la distance. La fibre optique peut compenser cette faiblesse.

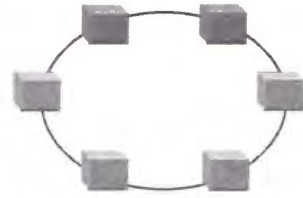
– **En étoile** : cette topologie correspond au câblage soit d'un autocommutateur privé (PABX) soit d'un HUB (équipement statique qui simule un réseau local auquel sont raccordés des abonnés par dérivations, certains HUB peuvent être raccordés à un réseau principal). Le nœud central n'est pas un abonné du réseau mais une unité de distribution dont le fonctionnement est indispensable à la communication (exemple de PC familiaux reliés à un serveur internet ou à un réseau local de stations connectées à un serveur).



– **Bus** : c'est la topologie la plus connue et la plus commune aux **LAN (Local Access Network)**. Chaque nœud est raccordé au bus par l'intermédiaire de modules de dérivation actifs ou passifs suivant le protocole du réseau.



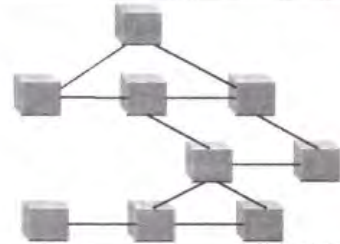
– **En anneau** : chaque nœud est relié à ses voisins pour former une boucle fermée et a un rôle actif dans la propagation des échanges. Cette structure est bien adaptée aux **LAN**, en particulier si la disponibilité est recherchée. Une rupture de lien entre deux nœuds peut être gérée pour garantir la communication. Chaque nœud a la possibilité de générer le signal et la structure se prête facilement à l'utilisation de la fibre optique.



– **En arbre** : chaque nœud peut être un abonné ou un **HUB**. C'est une variante de la topologie en étoile avec les mêmes faiblesses. Cette structure revient en force avec les techniques du type **Ethernet** en fibre optique 10 base F et **Ethernet** commuté du type 100 base VG (le réseau est découpé en tronçons reliés par des ponts qui filtrent des trames en fonction du destinataire diminuant ainsi les collisions ; l'extrême est d'associer la fonction pont filtrant à chaque coupleur d'abonné, pour éliminer les collisions).



– **En maille** : C'est la forme classique d'organisation **WAN (World Access Network)**. Les équipements sont reliés entre eux pour former une toile (Web) d'araignée (comme Internet). Chaque nœud a un rôle de rouleur. Pour atteindre un nœud, les chemins sont multiples et choisis en fonction de critères comme la disponibilité d'un nœud ou d'un **WAN**, la qualité de transmission ou la charge ponctuelle sur un tronçon **WAN** donné.



**19.2.4.  
DIFFÉRENTS  
TYPES  
D'INTER-  
CONNEXION  
DES RESEAUX**

– **Gateway** : c'est une unité fonctionnelle qui permet l'interconnexion de deux réseaux d'architectures différentes.

– **Routeur** : il crée une segmentation logique des réseaux. Il assure le passage de l'information entre deux sous réseaux logiques distincts en choisissant le meilleur chemin. C'est la couche réseau qui assure ce routage. Il n'est pas transparent, il faut donc l'adresser pour le traverser.

– **Switch** : il transmet les données reçues sur un port et seulement vers le port sur lequel la station destinataire est connectée. Il assure la prolongation du support au-delà des limites et distances standards (segment) en réalisant une remise en forme des signaux. Il supprime les collisions et les paquets non valides et réduit la charge moyenne sur le réseau entier  
Synonyme : **Bridge**.

– **HUB** : les données reçues sur un port sont envoyées à tous les autres ports. Le **HUB** ne possède pas de mémoire interne et diffuse les collisions ; plus il y a d'équipements, plus il y a de collisions et plus la charge du réseau devient importante. Pour de longues distances, il est souhaitable d'utiliser des switches.  
Synonyme : **répéteur**.

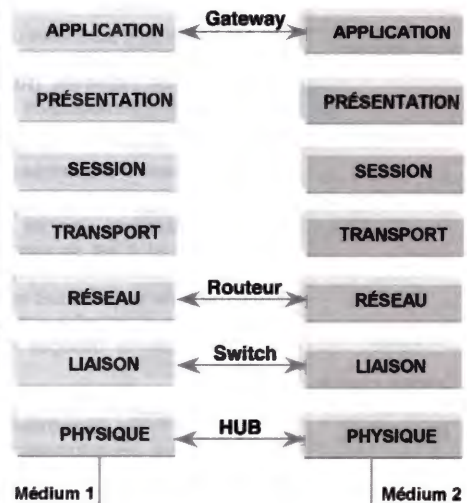


Fig. 5 – Différents types d'interconnexion

## 19.3. LES ARCHITECTURES D'AUTOMATISMES

Les automatismes, s'appuyant sur des automates programmables industriels (API), traitent essentiellement des fonctions séquentielles.

**En simplifiant, les API :**

- gèrent des demandes d'exécution d'états de l'automatisme (image des entrées),
- élaborent des demandes d'exécution d'actions (positionnement des sorties).

Les **API** sont amenés à gérer de nombreuses fonctions complémentaires comme des fonctions métier, des fonctions de diagnostic, etc.

Ces automatismes centralisés amènent de nombreuses contraintes :

- aucune autonomie des différents sous-ensembles,
- mise en service et maintenance lourdes et difficiles à effectuer du fait de la quantité d'entrées et de sorties (**E/S**),
- arrêt de l'ensemble des fonctions gérées par l'**API** en cas de défaut système ou d'arrêt pour la maintenance de l'outil de production.

### 19.3.1. LES AUTOMATISMES CENTRALISÉS

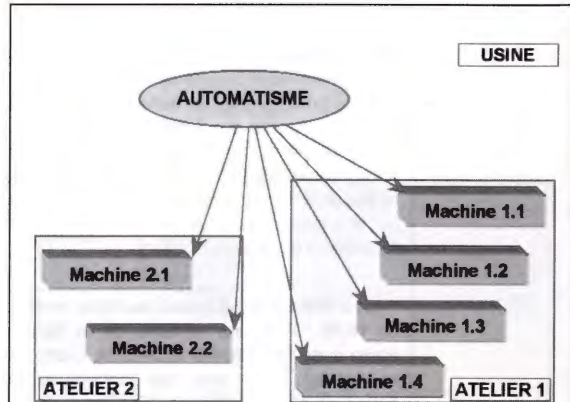


Fig. 6 - Les automatismes centralisés

Les contraintes imposées par les systèmes centralisés ont conduit les utilisateurs à s'orienter vers une segmentation de l'architecture.

L'automatisme a été découpé en entités fonctionnelles. Le nombre d'entrées et de sorties (**E/S**) par entité est réduit et présente l'avantage de faciliter la mise en service et la maintenance.

Cette segmentation génère un besoin de communication entre ces différentes entités fonctionnelles.

Les constructeurs d'automates programmables industriels (**API**) ont créé des réseaux locaux industriels (**RLI**) pour permettre cette communication

### 19.3.2 LES AUTOMATISMES DÉCENTRALISÉS

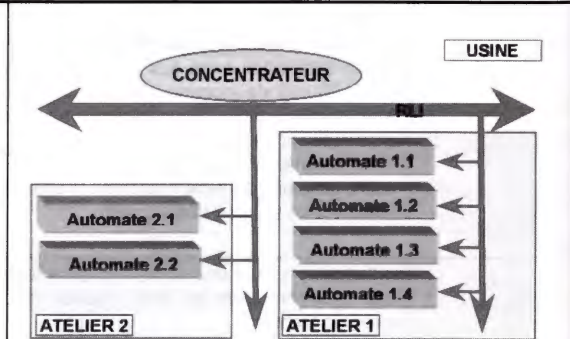


Fig. 7 - Les automatismes décentralisés

La décentralisation des entrées et des sorties et de la périphérie des automatismes permet de faire baisser les coûts de câblage et prend en compte la topologie des automatismes.

Les sites industriels sont de plus en plus étendus et il est souvent nécessaire de gérer un nombre important de points d'entrées et de sorties en tenant compte des fonctions telles que la variation de vitesse, le dialogue homme-machine, etc.

Les bus de terrain permettent de gérer les entrées et les sorties décentralisées ainsi que la périphérie des automatismes.

Les réseaux ou bus de terrain contribuent à réaliser des gains de câblage importants, mais ils permettent surtout de rendre accessibles des services sur tout le site (diagnostic, programmation, suivi de process, etc.).

### 19.3.3. LA DÉCENTRALISATION DES ENTRÉES ET DES SORTIES

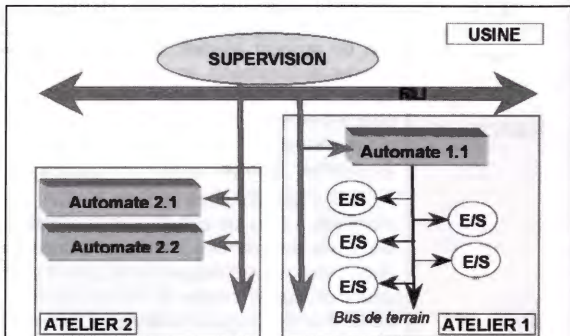


Fig. 8 - La décentralisation des E/S et de la périphérie des automatismes

# 19.4. LES BUS ET LES RÉSEAUX DE TERRAIN EN AUTOMATISME INDUSTRIEL

(D'après SCHNEIDER ELECTRIC)

Les Fig. 9 ci-contre décrit l'architecture complète des réseaux et des bus de terrains en automatisme industriel.

La Fig. 10 ci-dessous montre la décentralisation des entrées et des sorties par le bus AS-I et celle des automates programmables industriels (API) par les bus Fipio et Fipway.

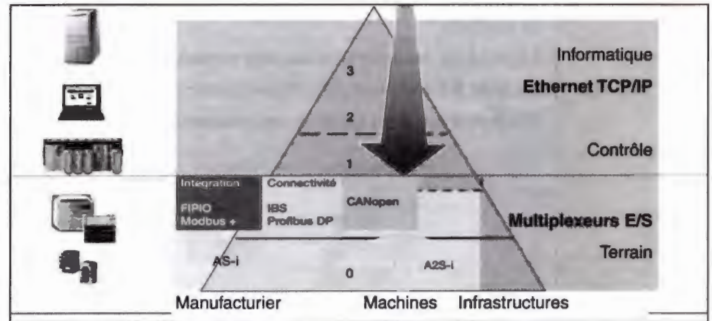


Fig. 9 - Le choix du constructeur en matière de réseaux

## 19.4.1 PANORAMA DES RÉSEAUX EN AUTOMATISME INDUSTRIEL

Communications entre les équipements d'automatisme et l'informatique : échange de fichiers (kocnets) : **Ethernet**

Communication entre îlots d'automatisme :  
 - échange de petits fichiers de données,  
 - échange de nombreux messages de taille importante :  
**Ethernet TCP/IP** : pour la communication ouverte "Transparent Factory".

Communication entre un API et sa périphérie : E/S, TOR, analogiques, TBX, variateurs, Magelis, produits partenaires  
**Fipconnect** :  
 - échange d'octets temps critique  
 - échange de messages pour les fonctions de **diagnostic** :  
**FIPIO** (1 000 E/S en 15 ms, 20 messages de 128 octets/s) (1)

Lien entre un automate programmable et sa périphérie :  
 capteur/ actionneur de type TOR :  
 - échange de bits :  
 -<AS-I (248 E/S en 5 ms)  
**Offre de connectivité** :  
 - Interbus  
 - Profibus  
 - CANopen  
 - Device Net  
 - Control Net

(1) Charge maximale du réseau.

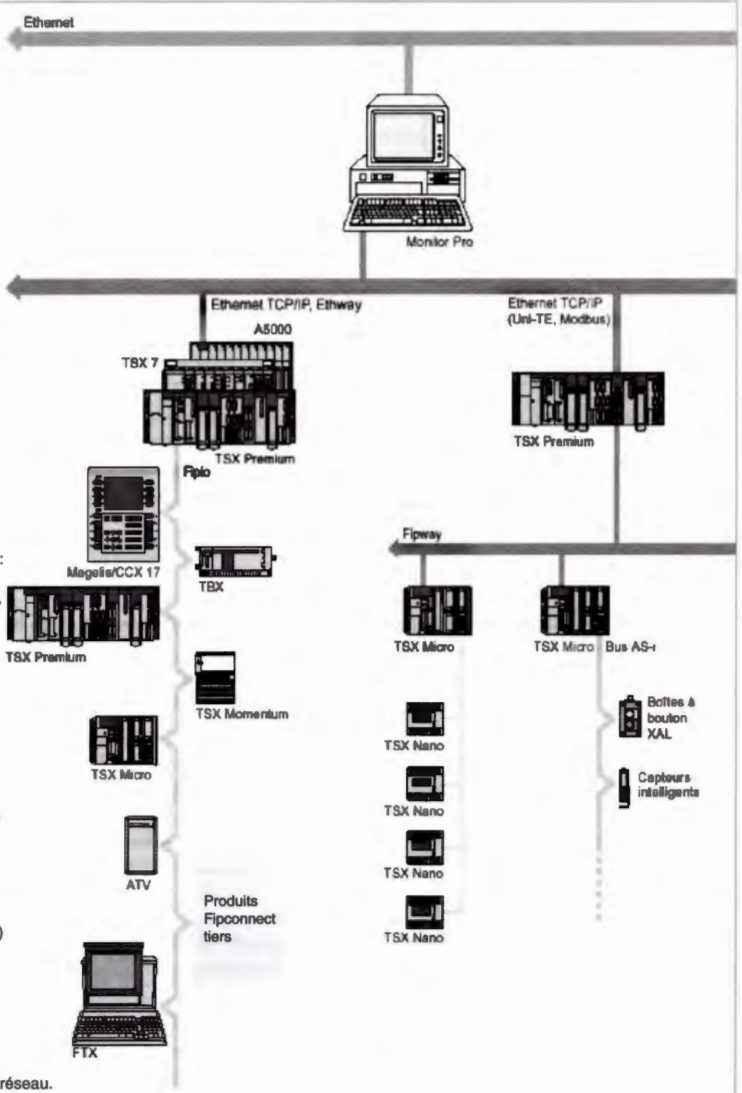


Fig. 10 - Panorama des réseaux

**19.4.2.  
BUS  
CAPTEURS ET  
ACTIONNEURS**

**BUS AS-i :**

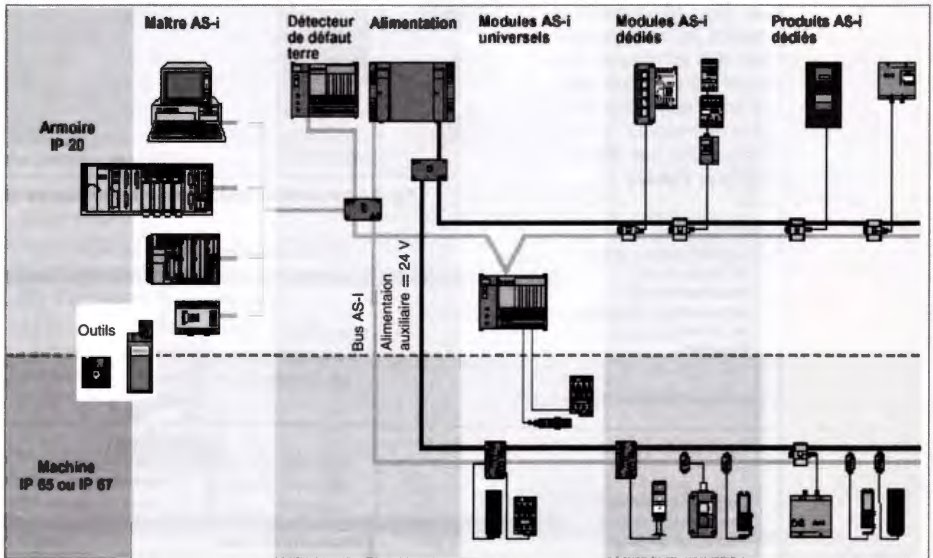
**AS-i** (Actuator Sensor interface) est un standard industriel, la transmission des informations se fait par un câble standard constitué d'une paire non torsadée, non blindée, de section 1,5 à 2,5 mm<sup>2</sup>

L'alimentation des capteurs et des actionneurs se réalise sur le même câble et s'installe directement sur la machine.

La mise en œuvre matérielle des outils logiciels permet d'effectuer le choix des constituants du Bus.

Le **Bus AS-i** est composé d'une station maître et de stations esclaves.

L'alimentation **AS-i** se situe, de préférence à proximité des stations consommant beaucoup d'énergie.



*Fig. 11 – Structure d'un bus de capteurs et actionneurs (AS-i)*

**As-i** n'est pas un réseau propriétaire et son raccordement vers le niveau supérieur peut être réalisé au travers de passerelles **Fipio/As-i** ou en utilisant les capacités de communication d'un coupleur de bus monté dans un **API**.

La topologie d'**AS-i** est libre en point à point en ligne, en arbre ou en anneau.

**BUS CANopen :**

**CANopen** s'appuie sur la technologie **CAN (Controller Area Network)** utilisée dans les systèmes embarqués.

Il est utilisé dans de nombreux domaines tels que le transport, les équipements mobiles, les équipements médicaux mais également dans les automatismes industriels et en particulier sur les machines.

Il utilise une double paire torsadée blindée sur laquelle 127 équipements peuvent être raccordés par simple dérivation.

Le débit binaire varie entre 10 kbits/s et 1 Mbits/s suivant la longueur du bus.

**19.4.3.  
BUS DE  
TERRAIN**

**BUS FIP :**

**Deux standards sont utilisés :**

– le **bus de terrain Fipio** est un standard de communication entre les différents constituants d'automatisme de niveau 1. Il permet la connexion de 127 équipements à partir du point de connexion intégré au processeur.

Il peut piloter des entrées et des sorties (**ES**) jusqu'à 15 km.

– le **bus de terrain Fipway** est un standard de synchronisation entre les différents constituants d'automatisme de niveau 2. Il est également utilisé en réseau local industriel (**RLI**). Voir § 19.4.4.

Il possède les mêmes caractéristiques que **Fipio**.

### RÉSEAU FIPWAY :

Le réseau *Fipway* est un réseau local industriel assurant la communication entre les différents automates programmables. Il sert de bus de synchronisation entre automates.

Il est dérivé de la norme *FIP*.

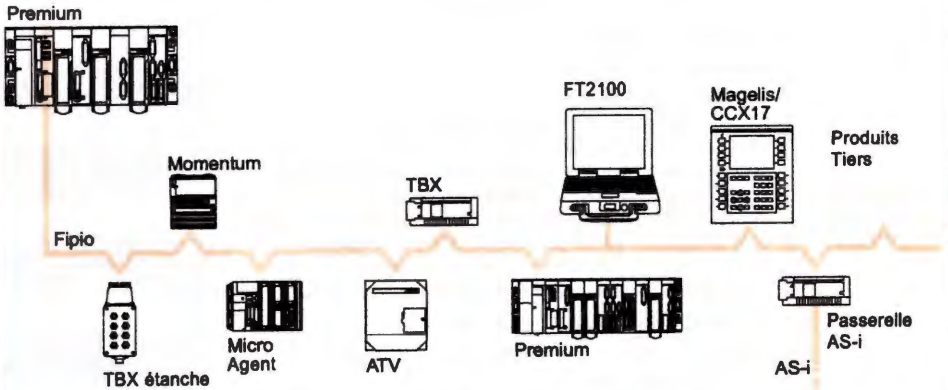


Fig. 12 – Structure d'un réseau local industriel (Fipway)

### RÉSEAU MODBUS ET JBUS :

Le réseau *Modbus* (le bus *Jbus* est une variante de *Modbus*) est un réseau local industriel qui répond aux architectures Maître/Esclave. Le bus est composé d'une station Maître et de stations Esclaves. Seule la station Maître peut être à l'initiative de l'échange (la communication directe entre stations Esclaves n'est pas possible)

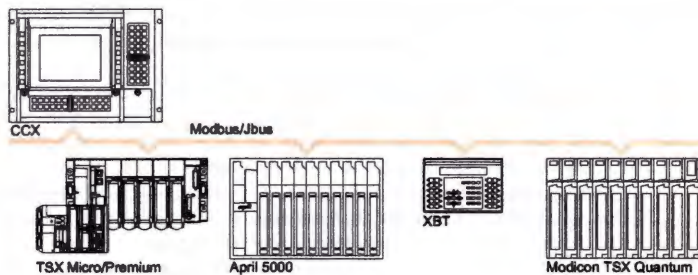


Fig. 13 – Structure d'un réseau local industriel (Modbus)

### RÉSEAU MODBUS PLUS :

Le réseau *Modbus plus* est un réseau local industriel performant répondant à des architectures étendues du type Clients/Serveur, combinant un débit de 1 Mbits/s.

On peut connecter 64 nœuds sur 1 800 m sur paire torsadée (32 nœuds sur 400 m sans répéteur).

Ethernet sans protocole de communication n'est pas un réseau mais un médium normé (voir § 19.2.4). Il concerne les couches Liaison et Physique du modèle *OSI* développé § 19.2.1.

Ethernet est assimilé à la norme **IEEE 802.3**

Les principales caractéristiques de configuration d'Ethernet sont les suivantes :

- un tronçon (ou segment) principal ne peut pas excéder 500 m.
- un tronçon ne peut pas accepter plus de 100 nœuds (par nœud, on entend toute entité unique adressable sur **Ethernet**), la distance minimale entre deux nœuds devant être supérieure à 2,5 m.
- le câble est généralement marqué tous les 2,5 m,
- le chemin entre deux nœuds distants ne doit pas :
  - traverser plus de 2 répéteurs (ou 4 demi-répéteurs ou 1 répéteur et 2 demi-répéteurs),
  - présenter plus de 1 500 m de câble coaxial,
  - présenter plus de 1 000 m de liaisons point à point (entre demi-répéteurs présents).

## 19.4.4. RÉSEaux LOCAUX INDUSTRIELS (RLI)

## 19.4.5. RÉSEaux ETHERNET (TCP/IP)

**RÉSEAUX  
ETHERNET  
(TCP/IP)**

- le câble de trancheiver (ou dérivation) ne peut pas excéder 50 m (liaison trancheiver vers coupleur station, vers répéteur, vers demi-répéteur,
  - la distance théorique maximale entre 2 stations ne doit pas excéder 2,8 km.
- Toutes ces limitations sont liées à la technique **CSMA/CD** (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) et à la vitesse de propagation des signaux électriques sur les médias ou dans les constituants, ainsi qu'aux phénomènes de réflexion.

**LES PROTOCOLES :**

**Les deux standards sont TCP et IP.**

**- IP (Internet Protocol) :**

IP est le protocole principal de la couche réseau. Chaque bloc de données qui circule sur Internet traverse la couche IP de tous les hôtes en extrémités du réseau ou des routeurs. Il assure le routage des messages qui est direct si le destinataire est sur le même réseau ou indirect si le destinataire passe par l'intermédiaire d'un routeur. Le service n'est pas fiable : en cas de saturation ce sont les couches supérieures qui assureront cette fiabilité.

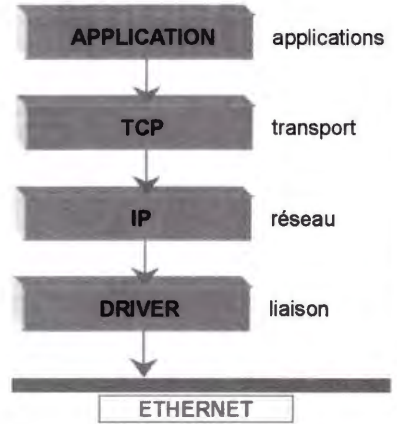
**- TCP (Transmission Control Protocol) :**

**TCP** est un protocole de transport fiable, il se charge de traiter la non fiabilité d'**IP**.

Les protocoles applicatifs que sont **UNI-TE** et Modbus sont implantés sur la couche application afin de satisfaire aux besoins de dialogue d'application à application et permettre aux différentes plates-formes d'automates de communiquer.

Les automates peuvent recevoir des coupleurs Ethernet assurant de nombreux services :

- **applet** (petit programme téléchargé qui s'exécute sur l'équipement client qui en fait la demande) de diagnostic embarqué,
- **applet** d'éditeur de données,
- **applet** d'éditeur graphique,
- **applet** « diag viewer » autorisant le report d'alarmes et leur gestion.

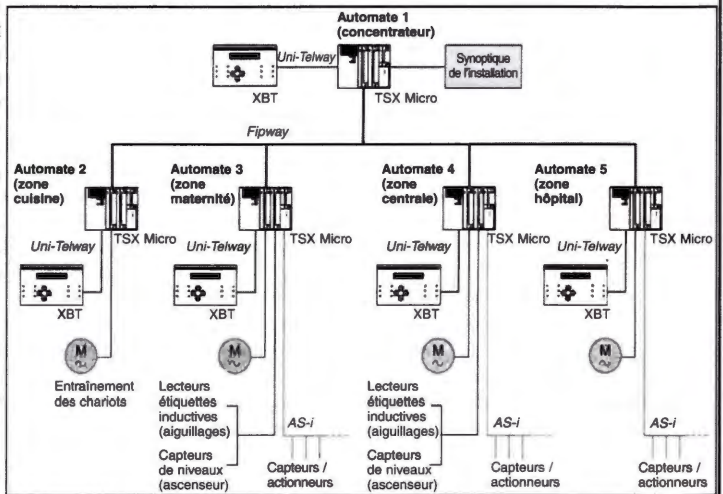


**300 chariots chargés de l'approvisionnement à l'hôpital de Dreux**

- Les chariots, au nombre de 300, sont chargés dans les sous-sols de l'hôpital et rejoignent leur point de destination en se déplaçant à la vitesse de 5 km/h sur une voie. Celle-ci est constituée d'une part de deux rainures parallèles creusées dans le sol accueillant et guidant les quatre roues des chariots, et d'autre part d'un caniveau, situé entre les deux rainures précédentes, dans lequel tourne une barre cylindrique entraînée par plusieurs moteurs asynchrones.
- Chaque chariot est équipé d'un galet qui, frottant sur la barre, transmet le mouvement de déplacement. Des aiguillages assurent les changements de direction et deux ascenseurs permettent l'acheminement des chariots dans les services répartis sur dix étages.
- À leur sortie de l'ascenseur, les chariots quittent la voie et sont poussés manuellement jusqu'à leur destination finale. L'installation est divisée en 4 zones (cuisine, maternité, centrale et hôpital). Chaque zone est découpée en tronçons élémentaires effectuant chacun une opération simple de transfert de chariot. 300 capteurs de position inductifs assurent la détection de présence et le suivi des chariots.

**19.4.6.  
EXEMPLE  
D'APPLICATION**

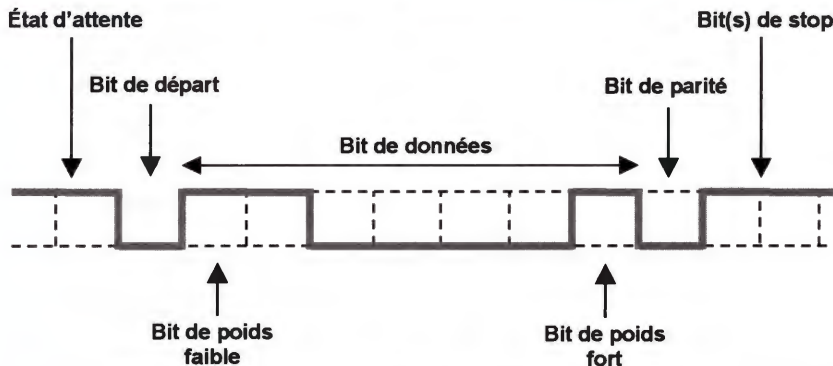
- Chaque chariot embarque une étiquette d'identification inductive contenant l'information de destination.
- Des lecteurs, placés au niveau des aiguillages, réalisent le décodage de l'étiquette et orientent le chariot.
- C'est une longueur de 400 m couverte par 3 bus **AS-i** le tout géré par 4 automates.



**Fig. 14 – Bus de terrain AS-i et réseau inter-automates Fipway à l'hôpital de DREUX**

## 19.5. LES LIAISONS ASYNCHRONES

Les liaisons séries asynchrones sont couramment employées pour transporter les informations. Les plus utilisées sont les liaisons tension type **RS 232 D**, **RS 422** et **RS 485**. Les bits d'information (1 ou 0) arrivent à des intervalles aléatoires, en groupe (transmission asynchrone). Les signaux d'une liaison série asynchrone ont le format *Fig. 15*.



*Fig. 15 – Exemple de transmission de la lettre C (code ASCII : H 43)*

La transmission s'effectue dans l'ordre suivant :

- état d'attente (niveau logique 1),
- envoi d'un bit de départ (niveau logique 0),
- envoi des bits de données : on commence par le bit de poids faible, on termine par le bit de poids fort,
- éventuellement envoi d'un bit de parité paire ou impaire,
- envoi d'un ou deux bits de stop (niveau logique 1) indiquant la fin d'émission du caractère,
- la ligne se retrouve alors en état d'attente (niveau logique 1), le cycle peut recommencer avec l'envoi d'un nouveau caractère.

La liaison **RS 232 D (ou V24)** est une liaison tension asymétrique travaillant en logique négative. Le niveau logique 1 est défini par une tension comprise entre  $-3\text{ V}$  et  $-25\text{ V}$ , le niveau 0 par une tension comprise entre  $+3\text{ V}$  et  $+25\text{ V}$ .

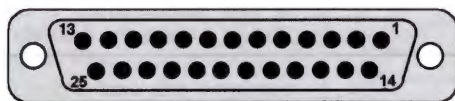
La **RS 232 D** est une liaison unipoint unilatérale (simplex) ou bilatérale (full duplex) si la ligne est doublée entre les deux équipements.

Une liaison **RS 232 D** permet de véhiculer des données sur une longueur de 15 mètres maximum.

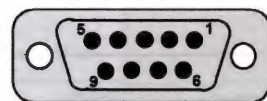
### 19.5.1. LES LIAISONS SÉRIE ASYNCHRONES

### 19.5.2 DIFFÉRENTS TYPES DE CONNECTEURS

Les connecteurs normalisés qui servent aux liaisons séries asynchrones sont du type **DB25** ou **DB9**.



Connecteur DB25



Connecteur DB 9

*Fig. 16 - Connecteurs du type DB*

### 19.5.3 DIFFÉRENTS TYPES DE LIAISONS SÉRIE

PARAMÈTRES	RS 232 D	RS 422 A	RS 485
Mode fonctionnement	Asymétrique	Symétrique différentiel	Symétrique différentiel
Nombre d'émetteurs	1	1	32
Nombre de récepteurs	1	10	32
Longueur maximum (m)	15	1 200	1 200
Débit maximum (bauds)	20 kb	10 Mb	10 Mb

	Connecteur 9 broches	Connecteur 25 broches	Désignation	Repère
<b>19.5.4. LIAISON SÉRIE ASYNCHRONE RS 232 D</b>		1	Terre	
	3	2	Émission de données	TD
	2	3	Réception de données	RD
	7	4	Demande d'émission	RTS
	8	5	Préparation d'émission	CTS
	6	6	Données prêtes	DSR
	5	7	Masse	
	1	8	Détection porteuse	DCD
		9	Réserve	
		10	Réserve	
		11	Réserve	
		12	Seconde détection porteuse	SDCD
		13	Seconde détection d'émission	SCTS
		14	Seconde émission de données	STD
		15	Émission d'horloge	
		16	Seconde réception de données	SRD
		17	Réception d'horloge	
		18	Réserve	
		19	Seconde demande d'émission	RTS
	4	20	Terminal prêt	DTR
		21	Détection qualité signal	
	9	22	Détection sonnerie	RI
		23	Sélection vitesse transmission	
		24	Émission à horloge	
		25	Réserve	
<p>Une liaison série <b>RS 232 D</b> s'effectue à l'aide de 25 fils maximum, en réalité beaucoup de connexions ne sont pas ou rarement utilisées.</p>				
<b>19.5.5. LIAISON SÉRIE ASYNCHRONE RS 422 A</b>	<p>La liaison <b>RS 422 A</b> définit une interface de transmission unilatérale (simplex) multipoint. Les caractéristiques de cette liaison sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- vitesse de transmission jusqu'à 10 Mbauds,</li> <li>- distance de transmission jusqu'à 1 200 mètres,</li> <li>- bonne immunité aux parasites à cause de son mode de transmission différentiel.</li> </ul> <p>Le domaine d'application type est la transmission de données entre un ordinateur central et de multiples périphériques passifs (imprimantes, écrans, afficheurs...)</p>			
<b>19.5.6. LIAISON SÉRIE ASYNCHRONE RS 485</b>	<p>La liaison <b>RS 485</b> est une version plus évoluée de la <b>RS 422</b>.</p> <p>Le nombre de périphériques avec lesquels une unité centrale peut dialoguer est plus important. De plus la liaison multipoint est bidirectionnelle.</p>			

### ATTÉNUATION (AFFAIBLISSEMENT) :

C'est la perte de signal liée à la caractéristique du câble et proportionnelle à sa longueur.

Plus le câble est long, plus l'affaiblissement, mesuré en dB, est important.

L'atténuation doit être minimisée et la norme impose pour la **classe D** un affaiblissement  $\leq 20,4$  dB à 100 MHz pour une liaison de 90 m.

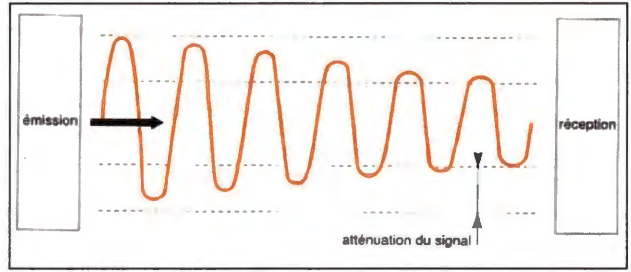


Fig. 17 – Affaiblissement minimisé

### PARADIAPHONIE :

La paradiaphonie (**NEXT**) est la mesure de la perturbation d'une paire sur une autre (câble, connecteur RJ 45, cordon, etc.).

Plus la paradiaphonie est élevée (en valeur absolue), moins il y aura de perturbation d'une paire sur une autre.

La paradiaphonie doit être élevée et la norme impose pour la **classe D** une valeur de l'écart paradiaphonique  $\geq 32,3$  dB à 100 MHz.

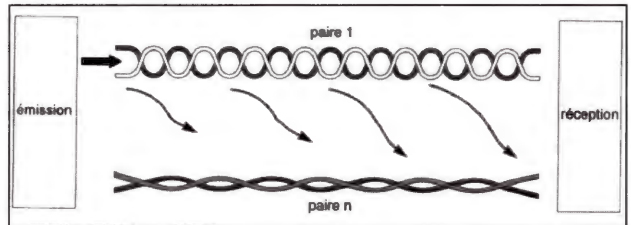


Fig. 18 – Paradiaphonie élevée (en valeur absolue)

### RAPPORT SIGNAL/BRUIT :

Le rapport signal/bruit (ou **ACR**) est la différence mesurée entre la paradiaphonie et l'atténuation (**ACR = Next – atténuation**).

Plus l'ACR est important, meilleure est la qualité de transmission.

Ce paramètre concerne la liaison complète après installation et la norme impose pour la **classe D** une valeur  $\geq 11,9$  dB à 100 MHz.

Compte tenu des exigences des réseaux hauts débits connus à ce jour, un rapport signal/bruit de 15 dB minimum est recommandé.

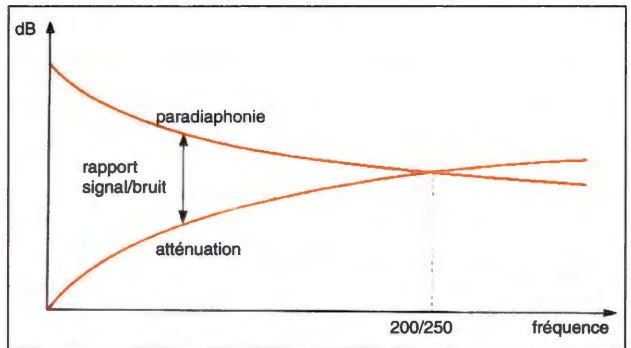


Fig. 19 – Rapport signal/bruit élevé

Les catégories correspondent aux bandes passantes suivantes :

- **Catégorie 5E**: classe D de 1 à 100 MHz
- **Catégorie 6** : classe E de 1 à 250 MHz

Les catégories 5E et 6 ont rendu plus sévères les valeurs imposées par les différentes normes existantes.

De nouveaux paramètres ont été pris en compte parmi lesquels :

- **ELFEXT** : paradiaphonie distante.
- **PSNEXT (Power Sum NEXT)** : paradiaphonie de 3 paires sur 1 à distance.
- **RETURN LOSS** : affaiblissement de retour dû aux réflexions.

**SKREW** : différence de temps de propagation entre deux paires exprimée en nanosecondes (torsades différentes donc longueurs différentes).

**19.6.3.  
RÈGLES DE  
CÂBLAGE**

**NORMES ET CONVENTIONS (EN 50173) :**

– **Longueurs des câbles VDI : (Fig. 20)**

A : longueur des cordons de brassages  $\leq 10$  m,  
 B : longueur du câblage horizontal 4 paires  $\leq 90$  m,  
 C : longueur des cordons de raccordement  $\leq 10$  m,  
 Distribution verticale entre tableaux de brassage 32 ou 64 paires  $\leq 100$  m,  
 liaisons inter-bâtiments par fibre optique  $\leq 1\ 500$  m.

– **Détorsadage des câbles :**

La norme impose un détorsadage des paires  $\leq 13$  mm, au-delà, il est difficile de ne pas dégrader les performances. La conception des éléments de connexion **RJ 45** garantit le respect de cette longueur.

– **Choix du câble :**

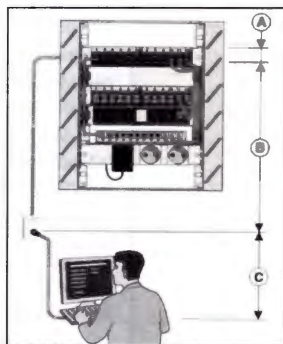
La catégorie 5E définie § 19.6.2. est le minimum requis pour un câble **LAN (Local Area Network)**. Il est recommandé de choisir la valeur d'ACR la plus élevée possible (Les câbles du marché actuel affichent un ACR à 100 MHz de 18 à 21 db).

– **Différents types de câbles :**

**UTP (Unshielded Twisted Pairs)** : câbles à paires torsadées non blindées et non écrantées. Utilisés pour la téléphonie ils ne sont pas recommandés pour l'informatique en Europe.

**FTP (Foiled Twisted Pairs)** : paires torsadées entourées d'un écran en feuille d'aluminium, c'est le **standard européen**.

**SFTP (Shielded Foiled Twisted Pairs)** : câbles blindés, dans leur ensemble ou paire par paire. Ces câbles sont à utiliser dans les locaux avec fortes perturbations électromagnétiques.



**Fig. 20** Longueur des câbles

**19.6.4.  
RÈGLES DE  
POSE**

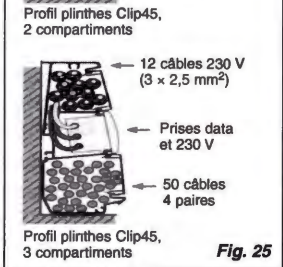
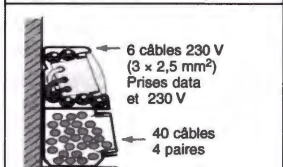
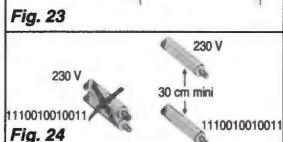
La fréquence très élevée circulant dans les câbles en cuivre du réseau informatique oblige à prendre des précautions lors du maniement et de la **pose des câbles** :

- les câbles sensibles à l'humidité doivent être stockés sur **des tourets protégés**,
- utiliser un **touret dévideur de câble** afin d'éviter les torsions excessives car elles génèrent des irrégularités d'impédance perturbatrices lors des transmissions à haut débit (Fig. 21),
- utiliser un **rayon de courbure de pose** le plus grand possible et dans tous les cas, un rayon de courbure supérieur à **8 fois le diamètre extérieur** du câble ou **12 fois le diamètre extérieur** du câble unitaire lorsqu'ils sont posés en faisceau (Fig. 22),
- éviter le **blocage du câble** et ne pas tenter de le dégager en exerçant une tension ou un effet « coup de fouet ». Lors des passages difficiles, il faut prévoir une personne chargée d'accompagner le câble à la main,
- éviter **d'endommager la gaine des câbles sur des arêtes vives** afin de les protéger contre toute pénétration d'humidité qui détériorerait la qualité de la transmission,
- éviter tout risque **d'écrasement**, la pause de collier de fixation doit se faire à la main et un léger coulisement des câbles doit être possible après fixation (Fig. 23),
- ne **pas marcher** sur les câbles, ni poser dessus des objets lourds,
- couper les surlongueurs de câbles plutôt que de les « lover ». En cas de nécessité lover le câble avec un diamètre minimum d'un mètre.

Pour éviter les **perturbations électromagnétiques du réseau VDI liées à la proximité du cheminement de courants forts**, certaines règles sont à respecter :

- il faut respecter, au minimum la **norme NF C 15-100** qui préconise la séparation physique des câbles courants forts et des câbles courants faibles,
- pour éviter des effets de couplage ou de surface de boucle, il faut respecter la même distance entre les câbles courants forts et les câbles courants faibles tout au long du cheminement. Les distances à respecter sur un chemin de câbles sont au minimum de **5 cm** dans le cas d'une circulation horizontale et de **30 cm** (Fig. 24) dans le cas d'une circulation verticale,
- prévoir une **terre unique** pour les courants forts et les courants faibles,
- une séparation de **30 cm** est préconisée par rapport aux appareillages rayonnants (ballasts fluorescents, moteurs, etc.),
- respecter un angle de **90°** lors d'un **croisement** de câbles de courants différents,
- utiliser une **goulotte à 2 ou 3 compartiments** (Fig. 25) pour les descentes verticales et les distributions horizontales.

Utiliser systématiquement le **compartiment bas** pour la **VDI**.



**Fig. 25**

**19.6.5.  
CONSEILS  
D'INSTALLATION**

– Respecter les distances entre les câbles à courants forts et les câbles à courants faibles (Fig. 26).

– Respecter la même convention pour chacune des prises des bâtiments. Le raccordement des prises réseau RJ 45 doit suivre les deux conventions EIA/TIA 568 A et EIA/TIA 568 B (Fig. 27).

– Chaque surface de bureaux de 1 000 m<sup>2</sup> nécessite un sous répartiteur (Fig. 28).

– Par poste de travail, il faut prévoir 2 prises RJ 45 pour 10 m<sup>2</sup> et pour les courants forts, 2 prises de courant détrompées et 4 prises de courant.

– Pour les locaux spécifiques tels que les salles de réunion ou autres, il faut prévoir davantage de prises RJ 45 et de prises de courant.

Exemple d'installation d'un VDI dans un supermarché 48 prises informatiques et 48 prises téléphoniques (Fig. 28).

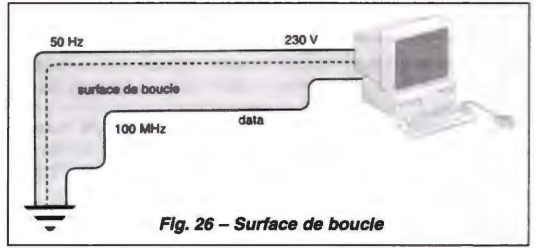


Fig. 26 – Surface de boucle

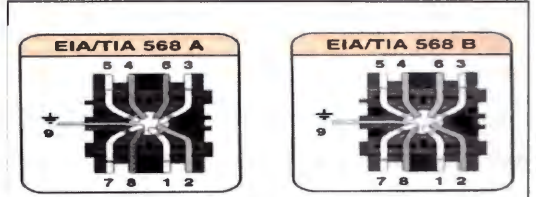


Fig. 27 – Raccordement RJ 45

**Correspondance entre les broches des deux prises :**

568 A	568 B	568 A	568 B
5	5	7	7
4	4	6	2
8	8	2	6
1	3	3	1

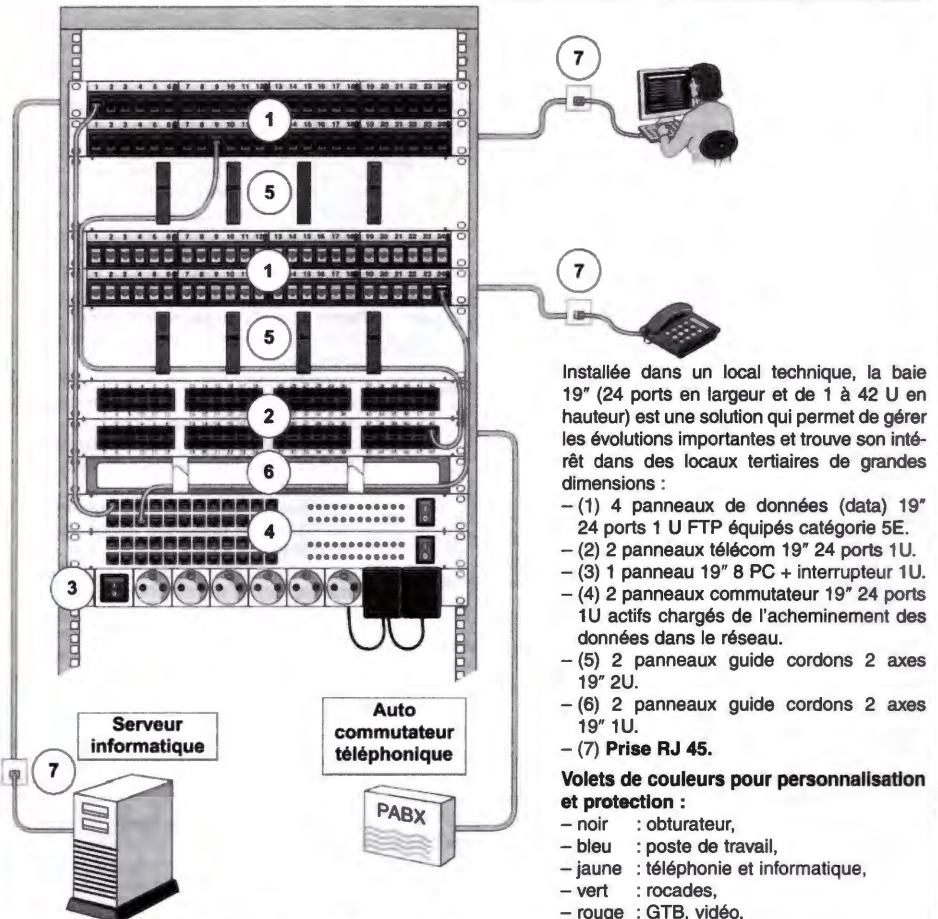


Fig. 28 – Exemple d'application VDI dans un supermarché

Installée dans un local technique, la baie 19" (24 ports en largeur et de 1 à 42 U en hauteur) est une solution qui permet de gérer les évolutions importantes et trouve son intérêt dans des locaux tertiaires de grandes dimensions :

- (1) 4 panneaux de données (data) 19" 24 ports 1 U FTP équipés catégorie 5E.
- (2) 2 panneaux télécom 19" 24 ports 1U.
- (3) 1 panneau 19" 8 PC + interrupteur 1U.
- (4) 2 panneaux commutateur 19" 24 ports 1U actifs chargés de l'acheminement des données dans le réseau.
- (5) 2 panneaux guide cordons 2 axes 19" 2U.
- (6) 2 panneaux guide cordons 2 axes 19" 1U.
- (7) Prise RJ 45.

**Volets de couleurs pour personnalisation et protection :**

- noir : obturateur,
- bleu : poste de travail,
- jaune : téléphonie et informatique,
- vert : rocades,
- rouge : GTB, vidéo,
- blanc : indéfini.

## 19.7. LEXIQUE DE LA VDI

**ACR** : communément appelé rapport signal/bruit. C'est l'écart diaphonique (paradiaphonie – atténuation) mesuré au point d'origine et exprimé en dB.

**ATM (Asynchronous Transfer Mode. Mode de transfert asynchrone)** : c'est un protocole de transmission de données.

**Atténuation ou affaiblissement** : réduction de l'intensité d'un signal exprimée en dB.

**Autocom (Autocommutateur ou Central téléphonique automatique)** : système privé ou public, reliant automatiquement deux points d'un réseau téléphonique de façon temporaire.

**Bande passante** : différence entre la fréquence la plus élevée et la plus basse de l'ensemble des fréquences passant dans un canal de transmission sans altération, exprimée en Hz.

**Brassage** : action de raccorder un connecteur à un autre dans une armoire VDI à l'aide d'un cordon spécialisé.

**Bruit (parasite)** : le « bruit » électrique désigne une quantité de signaux électriques parasites polluant le signal utile.

**BNC (Bayonet Neill Corcelman)** : connecteur à baïonnette pour câble coaxial.

**BUS** : principe de transmission de données en série permettant de connecter plusieurs matériels.

**Câble coaxial** : câble à structure concentrique comprenant un conducteur central monobrin entouré d'un diélectrique, d'une tresse assurant le blindage et d'une gaine extérieure isolante.

**Câble fibre optique** : câble composé d'une ou plusieurs fibres optiques assurant la transmission des signaux d'ondes lumineuses.

**Câbles multipaires** : câble composé de plusieurs paires torsadées.

**C.A.D.** : Connexion Auto Dénudante permettant de connecter un fil à un contact sans avoir à le dénuder et/ou à le visser.

**Catégories** : classification qui se rapporte à la performance des composants du précâblage (câbles, connecteurs, etc.) à partir de ses caractéristiques d'atténuation, de paradiaphonie qui permettent un fonctionnement correct, selon la norme internationale ISO 11-801.

– **Catégorie 1** : aucun critère de performance

– **Catégorie 2** : certifié jusqu'à 1 MHz

– **Catégorie 3** : certifié jusqu'à 16 MHz

– **Catégorie 4** : certifié jusqu'à 20 MHz

– **Catégorie 5** : certifié jusqu'à 100 MHz

– **Catégorie 6** : certifié jusqu'à 200 MHz

**CEM** : Comptabilité ElectroMagnétique définie par les normes EN 55-022 pour l'émission et EN 50-082-1 pour l'immunité.

**Classe** : définition des performances d'une chaîne de liaison associant plusieurs composants.

– **Classe A** : fréquence de 0 jusqu'à 0,1 MHz (soit 100 kHz)

– **Classe B** : fréquence de 0,1 à 1 MHz

– **Classe C** : fréquence jusqu'à 16 MHz

– **Classe D** : fréquence jusqu'à 100 MHz

– **Classe E** : fréquence jusqu'à 250 MHz

– **Classe F** : fréquence jusqu'à 600 MHz

**Commutateur (Switch)** : équipement actif chargé de l'acheminement des données dans le réseau, connectant deux ports de communication à la demande et temporairement

**Concentrateur (HUB)** : équipement actif permettant de raccorder plusieurs matériels de communication sur un même support de transmission

**Connecteur** : interface physique comprenant une partie mâle et une partie femelle.

**Débit** : quantité d'informations transmise par unité de temps, exprimée en bits/seconde.

**Décibel (dB)** : unité de quantification d'un gain ou d'une perte, exemple d'un rapport entre deux puissances (échelle logarithmique décimale).

**Délai de propagation** : temps que met un signal pour traverser un système.

**Dépilage** : erreur de câblage faite entre 2 fils issus de paires différentes.

**Diaphonie locale (NEXT)** : mesure l'influence de la perturbation d'une paire sur une autre en extrémité d'un câble au point d'origine.

**Écran** : feuillard métallique enroulé autour d'un câble assurant une protection contre les perturbations électromagnétiques de hautes fréquences.

**Ethernet** : protocole de transmission de données défini par l'IEEE 802.3.

**Étoile** : principe de raccordement où le point central « HUB » est raccordé à chaque station par un câble individuel.

**FDDI (Fiber Distributed Data Interfaced)** : réseau de communication en anneau sur fibre optique à 100 Mbits (Standard ISO).

**FEXT ou Télédiaphonie** : mesure l'influence (niveau de perturbation) entre 2 paires d'un même câble, d'une paire par rapport à l'autre, faite à une extrémité opposée (l'émetteur à une extrémité et le récepteur à l'autre). Elle est particulièrement critique pour le Gigabit Ethernet catégorie 6.

**FTP (Foiled Twisted Pairs)** : câble à paires symétriques avec écran général.

**FSTP (Foiled Shielded Twisted Pairs)** : câble à paires symétriques avec ruban écran et tresse générale.

**Fast Ethernet** : Ethernet 100 base TX à 100 Mbits/s

**Gigabit** : communément utilisé comme contraction du Giga Bits/s = 1 000 Mbits/s

**IBCS** : Integrated Building Cabling System.

**ICS** : IBM Cabling System.

**IEC** : International Electrical Commission.

**IEEE** : Institute of Electrical and Electronics Engineers.

**IEEE 802.3** : norme définissant le réseau Ethernet et le mode d'accès CSMA/CD.

**ISO** : International Standard Organisation.

**ISO/IEC 11801 : 2002 (E)** : (2<sup>ème</sup> édition de septembre 2002) norme internationale dédiée au système de précâblage.

**Jarretière** : cordon disposant de paires de câbles repérées, permettant de raccorder deux points de répartition.

**LAN (Local Area Network)** : Réseau Local d'entreprise (RLE).

**Masse** : Partie conductrice d'un matériel électrique susceptible d'être touchée et qui n'est pas normalement sous tension mais peut le devenir en cas de défaut.

**Monomode ou Unimodal** : se dit d'une fibre optique dans laquelle ne peut être entrete nu qu'un seul faisceau de rayons lumineux. Dédié aux longues distances.

**Multimode ou Multimodal** : se dit d'une fibre optique dans laquelle peuvent être entrete nus plusieurs faisceaux de rayons lumineux. Dédié au câblage d'immeubles.

**Nœud** : point d'interconnexion.

**NVP** : vitesse de propagation nominale dans un câble, exprimée en pourcentage de la vitesse de la lumière.

**Panneaux de brassage** : panneau pour les connexion de câbles aboutissant dans le local de communication. Types de panneaux :

– panneau de baie, armoire ou coffret de brassage monté en sous-répartiteur ou répartiteur général,

– panneau de brassage : regroupe les connecteurs auxquels sont raccordés les liens et permet de réunir et brasser les paires torsadées et fils optiques. Existe principalement en dimension standard 19 " ,

– panneaux d'organisation et guides de cordons,

– panneaux de brassage téléphoniques, optiques, panneaux et tablettes supports d'actifs,

– panneaux d'alimentation d'actifs.

**Paradiaphonie ou diaphonie** : précise le degré d'affaiblissement d'un signal parasite transmis d'une paire vers d'autres paires d'un même câble à paires torsadées. Il s'exprime en dB.

**PS, Power Sum (somme des puissances)** : calcul effectué sur différentes mesures pour analyser, dans un câble 4 paires, l'influence de trois paires sur la quatrième.

**Rack 19 "** : structure métallique permettant d'accueillir plusieurs appareils au système d'accrochage normalisé 19 " .

**Répartiteur** : tableau de brassage généralement en baie 19 ". Ensemble de panneaux de brassage ou de modules permettant l'interconnexion et la répartition des sources Voix Données Image et des lignes d'utilisateurs

**Rocade** : câble utilisé pour relier les répartiteurs et les sous-répartiteurs dans les systèmes précâblés.

**RS 232** : norme définissant un type de liaison série

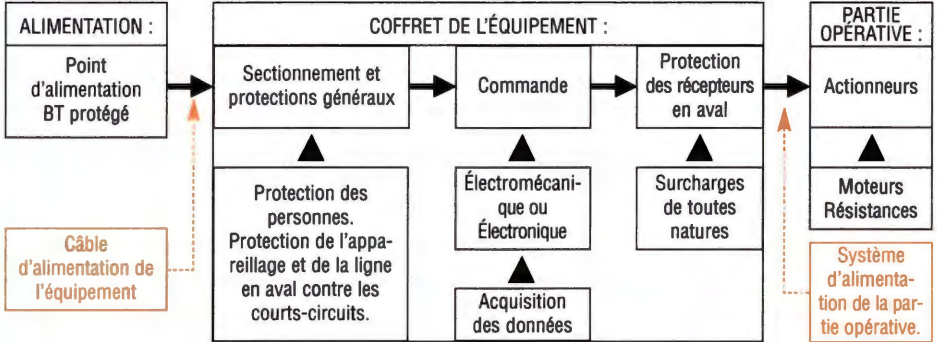
**STP** : Shielded Twisted Pair (Blindage général + tresse de protection CEM).

# 20. ÉQUIPEMENTS ET INSTALLATIONS BT EN MILIEU INDUSTRIEL

## 20.1. RÈGLES GÉNÉRALES

### 20.1.1. IDENTIFICATION DES MATÉRIELS

- La réalisation des équipements et installations BT associe l'ensemble des matériels d'alimentation, de protection de tous types, de commande électromécanique (sectionneurs, contacteurs...) et de commande électronique (variateurs).
- La symbolisation de cette réalisation peut se faire de la façon suivante :



### 20.1.2. FONCTIONS RÉALISÉES

FONCTIONS → MATÉRIELS ↓	SECTIONNEMENT	COMMANDE				PROTECTION			LIEU D'INSTALLATION			GUIDE	
		FONCTIONNEMENT (1)	COUPEURE D'URGENCE (2)	ARRÊT D'URGENCE (3)	COUPEURE POUR ENTRETIEN	SURCHARGE	COURT-CIRCUIT	DÉFAUT D'ISOLEMENT	BAISSE DE TENSION	A L'ORIGINE DE CHAQUE CIRCUIT	A L'ORIGINE DE CHAQUE TABLEAU	CIRCUIT ALIMENTANT LES MACHINES	BESOIN D'EXPLOITATION
TÉLÉRUPTEUR		•	•		•					•	•	•	9
VARIATEURS		•				•		•				•	12
SECTIONNEUR	•									•			20.2
FUSIBLES	•					•	•			•			20.4
CONTACTEUR		•	•	•	•					•	•	•	20.5
DISCONTACTEUR		•	•	•	•	•				•	•	•	20.6 / 10
DISJONCTEUR		•	•	•	•	•	•			•	•	•	20.12
DISJONCTEUR SECTIONNEUR	•	•	•	•	•	•	•			•	•	•	20.12
DISJONCTEUR DIFFÉRENTIEL	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	20.13
INTERRUPTEUR DIFFÉRENTIEL	•	•	•	•	•			•		•	•	•	20.13 à 14
INTERRUPTEUR SECTIONNEUR	•	•	•	•	•					•	•	•	20.13 à 14
RELAIS		•						•				•	20.17
AUTOMATES		•										•	20.18
INTERRUPTEUR	•	•	•	•	•					•	•	•	20.14

(1) Mise « en » et « hors » tension d'une installation ou d'un appareil.

(2) Mise « hors » tension d'un circuit ou d'un appareil qu'il serait dangereux de maintenir sous tension (incendie...)  
Coupeure de tous les conducteurs actifs.

(3) Commande type « coup de poing » aisément reconnaissable rapidement accessible et située à proximité de tout endroit où le danger peut se produire.

DÉFINITION  
DU CIRCUIT DE  
DISTRIBUTION  
ET DU CIRCUIT  
TERMINAL

Un circuit de distribution peut alimenter un ou plusieurs tableaux de distribution ou circuits terminaux ① (Fig. 1).  
Un circuit terminal alimente un récepteur tel que moteur, chauffage, éclairage, ... ② (Fig. 1).

**Exemples :**

L'alimentation d'une canalisation préfabriquée constitue un circuit de distribution.  
La dérivation faite à partir d'une canalisation préfabriquée constitue un circuit terminal.

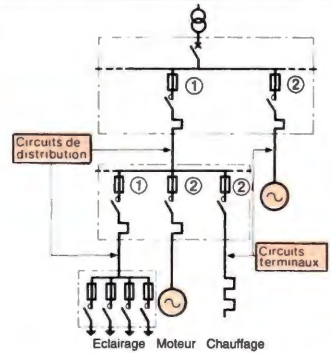


Fig. 1 - Circuits de distribution et terminaux.

Elle doit être prévue à l'origine (point de dérivation, changement de section) de tout circuit ou partie de circuit non protégé par un dispositif placé en amont.  
Cependant le dispositif de protection peut être renvoyé au maximum à 3 m de l'origine (Fig. 2) ou plus sous certaines conditions (2).

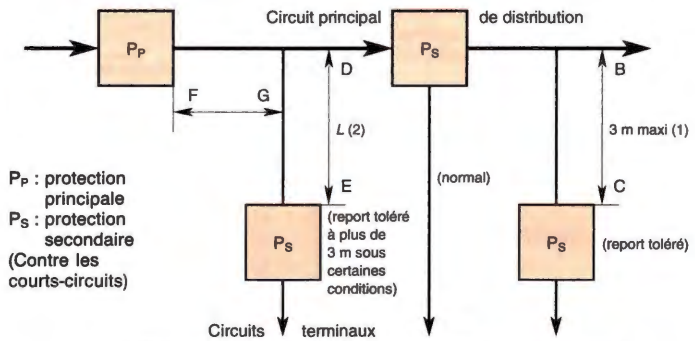


Fig. 2 - Protection des circuits de distribution et terminaux

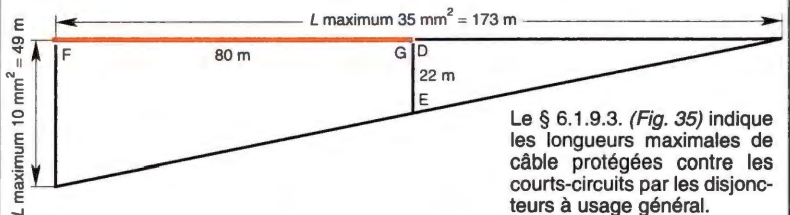
PROTECTION  
CONTRE LES  
COURTS-  
CIRCUITS

Déplacement du dispositif de protection secondaire (NFC 15-105)

(Voir également § 6.1.2.) :

- (1)
  - Si la longueur BC  $\leq$  3 m
  - Si BC est renforcé pour réduire au minimum les risques de court-circuit (Pose sous conduit par exemple)
  - Si BC n'est pas à proximité de matériaux combustibles
  - Si BC ne comporte ni dérivations, ni prises de courant
- (2)
  - S'il existe en amont un dispositif de protection  $P_p$  protégeant la longueur DE de section S contre les courts-circuits
  - Si DE n'est pas à proximité de matériaux combustibles
  - Si DE ne comporte ni dérivations, ni prises de courant

**Exemple :** Soit en  $P_p$  un disjoncteur muni d'un magnétique 1 000 A ( $I_m$ ) 400 V  
Circuit de distribution principal triphasé : 35 mm<sup>2</sup> (Cu) FG = 80 m  
Circuit terminal triphasé : 10 mm<sup>2</sup> (Cu). Déterminer la valeur maximale de DE.



Le § 6.1.9.3. (Fig. 35) indique les longueurs maximales de câble protégées contre les courts-circuits par les disjoncteurs à usage général.

$I_m = 1\ 000\ A$        $S = 35\ mm^2$        $L\ maximale\ protégée = 173\ m$

$I_m = 1\ 000\ A$        $S = 10\ mm^2$        $L\ maximale\ protégée = 49\ m$

Le triangle des longueurs protégées donne, pour FG = 80 m : DE = 22 m maximum.

**PROTECTION CONTRE LES SURCHARGES**

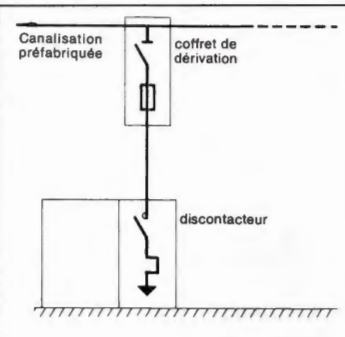
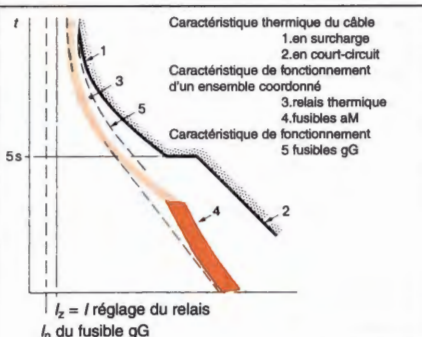
Elle est obligatoire sauf pour les parties non susceptibles d'être parcourues par des surintensités de surcharge et à condition d'être protégées contre les courts-circuits.  
 La détermination du dispositif de protection se fait à partir :  
 - du courant admissible  $I_z$  dans le conducteur en permanence (il dépend de facteurs tels que mode de pose, température ambiante, etc. (*Chapitre 6*)).  
 - du courant  $I_n$  du dispositif de protection,  
 - du courant d'emploi  $I_b$  qui circule dans le conducteur ( $I_b \leq I_z$  et à  $I_n$ ).  
 Deux options sont possibles en association avec le contacteur :  
 a) emploi de fusible à usage général gG (tolérances de fonctionnement étendues de par leur construction), il faut choisir  $I_n < I_z$  ; le courant d'emploi  $I_b$  étant au plus égal à  $I_n$ , les conducteurs ne peuvent pas être utilisés à leurs conditions optimales.  
 b) emploi d'un relais thermique (dispositif plus précis et ajustable), il faut régler  $I_n$  à  $I_z$ , les trois courants  $I_b$ ,  $I_n$  et  $I_z$  pouvant être identiques : les conducteurs peuvent être utilisés à leurs conditions optimales (utilisation plus économique des conducteurs).

**COMMANDE DU CIRCUIT**

Le contacteur est un dispositif de commande. Il présente l'avantage de pouvoir être commandé à distance et d'assurer, si le besoin s'en fait sentir, une coupure de sécurité.

**PROTECTIONS COMBINÉES CONTRE LES SURCHARGES ET LES COURTS-CIRCUITS**

La norme NFC 15-100 précise que, si un dispositif assure la protection contre les surcharges et si il est doté d'un pouvoir de coupure supérieur au courant de court-circuit présumé à l'endroit où il est installé, il assure aussi la protection contre les courts-circuits.



**Fig. 3 – Protections associées.**

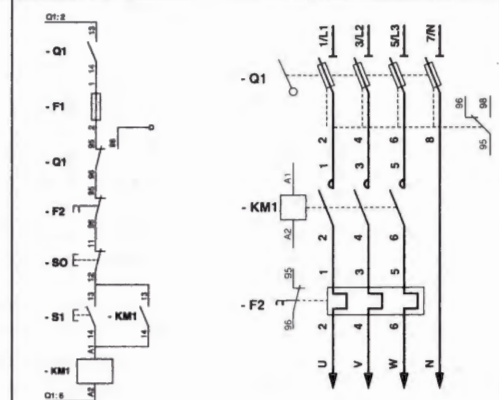
**Possibilités :**

- fusibles gG associés à un contacteur « Courbe 5 ». (Fig. 3)
- fusibles aM + contacteur + relais thermique ; ensemble coordonné « Courbe 3 » et « Courbe 4 » (Fig. 3)
- disjoncteur muni d'un déclencheur magnéto-thermique (l'appareil doit être placé en tête de circuit terminal, ne convient pas dans le cas d'une canalisation préfabriquée).

Installations dont le point neutre est relié directement à la terre (**TT ou TN**) :  
 - pas de protection sur le neutre si sa section est égale à celle des conducteurs de phase.  
 - si la section du neutre est inférieure à celle des conducteurs de phase ( $S > 25 \text{ mm}^2$ ), le neutre est protégé par un détecteur de surintensité entraînant la coupure des phases mais pas obligatoirement celle du neutre.

**PROTECTION DU CONDUCTEUR DE NEUTRE**

Installations dont le point neutre n'est pas raccordé à la terre (**IT**) :  
 - le neutre doit être coupé s'il est distribué.  
 - en l'absence de **DDR** le neutre sera protégé par un dispositif entraînant sa coupure et celle des phases (conforme à la NFC 15-100).



**Fig. 4 – Coupure du neutre.**

RÈGLES  
D'INSTALLATION  
PRÉVUES PAR  
LA NORME  
NFC 15-100

- Fonctions à réaliser : (Fig. 5)
- sectionnement pour mise « hors tension » du circuit moteur,
  - protection contre les courts-circuits du circuit d'alimentation (DPCC),
  - commande pour le démarrage et l'arrêt du moteur,
  - protection contre les surcharges du moteur,
  - coupure de sécurité ou arrêt d'urgence.

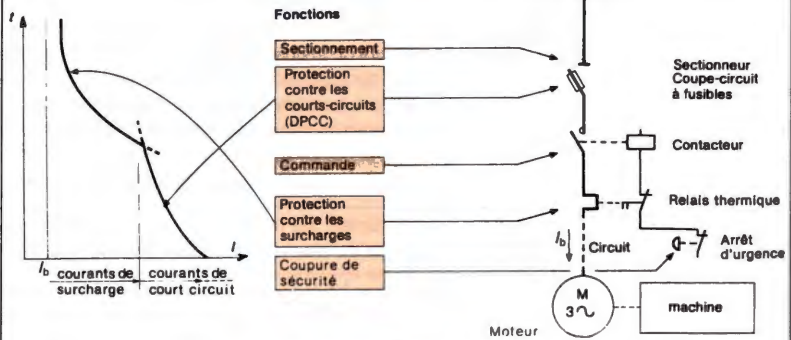
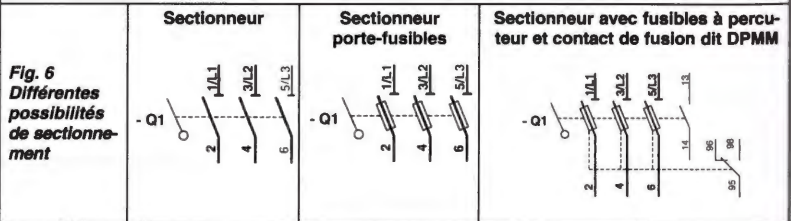


Fig. 5 - Fonctions à réaliser.

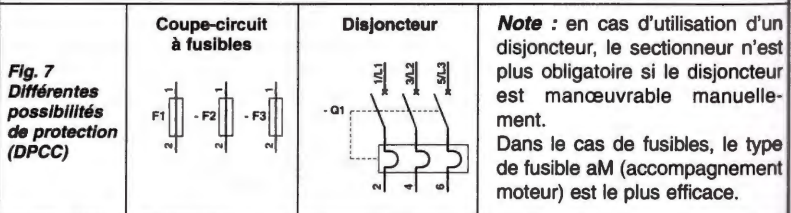
SECTIONNE-  
MENT

Cette fonction est généralement assurée par un sectionneur (Fig. 6).  
Ce sectionneur doit être manœuvrable à la main et il doit agir sur tous les conducteurs actifs (y compris le neutre sauf cas exceptionnel (schéma IT).)  
Il peut aussi comporter le dispositif de protection contre les courts-circuits (DPCC).  
Il peut aussi comporter le dispositif de protection contre la marche monophasée (DPMM), (fusibles à percuteur).



PROTECTION  
CONTRE LES  
COURTS-  
CIRCUITS

Cette fonction peut être assurée par les coupe-circuits à fusibles (leur pouvoir de coupure étant égal ou supérieur à 50 kA).  
L'emploi du disjoncteur est possible si son pouvoir de coupure est supérieur au courant de court-circuit présumé au point considéré.

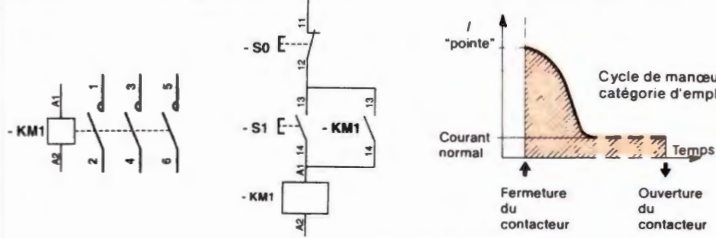


COORDINATION  
TYPE 1  
ET TYPE 2  
(CEI 947-4)

- **TYPE 1** : En condition de court-circuit, le matériel ne doit pas occasionner de danger aux personnes et aux équipements. Après sa disparition, l'installation peut ne pas être en mesure de fonctionner sans réparation ou remplacement de pièces.
- **TYPE 2** : En condition de court-circuit, le matériel ne doit pas occasionner de danger aux personnes et aux équipements. Après sa disparition, l'installation ne doit présenter aucune détérioration ni aucun dérèglement. Seul le risque de soudure des contacts du contacteur est admis s'ils sont facilement réparables. Aucun remplacement de pièces n'est permis à l'exception des fusibles qui doivent tous être changés (détériorés ou non).
- **COORDINATION TOTALE** : Selon la norme CEI 947-6-2, aucun dommage ni risque de soudure n'est accepté sur les appareils constituant le départ. Cette nouvelle norme valide le concept de la « continuité d'exploitation ».

**COMMANDE  
DU  
DÉMARRAGE  
ET DE L'ARRÊT  
DU MOTEUR**

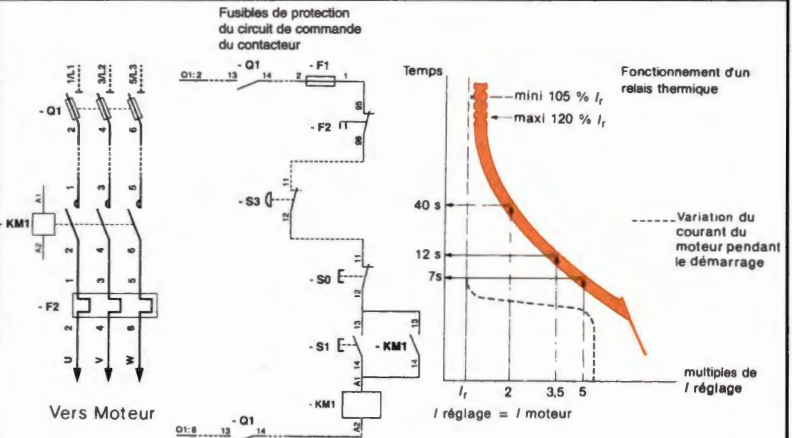
Cette fonction est assurée par le contacteur. (Fig 8)  
La norme NFC 15-100 interdit le démarrage automatique après un manque de tension quand celui-ci présente un danger.  
Le contacteur commandé par boutons poussoirs répond à cette règle.  
Le cycle de manœuvres habituel pour un contacteur, correspond à la catégorie AC 3.



**Fig. 8 – Commande du moteur.**

**PROTECTION  
CONTRE LES  
SURCHARGES**

Cette fonction est assurée dans la majeure partie des cas par un relais thermique  
Il permet la protection du circuit et du moteur contre les surcharges.  
Il agit également en cas de coupure de phase (fusion d'un seul fusible par exemple) grâce aux « bras différentiels ».



**Fig. 9 – Protection contre les surcharges.**

La caractéristique de fonctionnement « à temps inverse » du relais thermique autorise une durée de démarrage d'au moins 7 s à partir de l'état froid.  
(Classe de retard T2 définie par la NFC 63 650.)  
Si les démarrages se succèdent à une cadence égale ou supérieure à 120/h (30/h si  $I > 125$  A), il convient d'assurer la protection du moteur par sondes CTP incorporées au moteur.  
CTP : coefficient de température positif.

**COUPURE DE  
SÉCURITÉ OU  
ARRÊT  
D'URGENCE**

Organe unique, rapidement reconnaissable et facilement accessible mettant hors tension la machine.  
Cette fonction est assurée le plus souvent par un bouton d'arrêt d'urgence commandant le contacteur : S3 (Fig. 9).

**CAS DES  
DÉMARREURS**

La définition des différents calibres (contacteurs, fusibles, relais thermiques) dépend du type de démarreur (§ 11.1.8.).  
Les fusibles calibrés à  $I_n$ , seront toujours placés en amont du démarreur.  
Du fait du calibrage des fusibles par rapport aux contacteurs et relais thermiques dans certains cas, la qualité de coordination peut être moindre que celle obtenue en démarrage direct.  
Il faut alors soit augmenter légèrement la section des conducteurs, soit diminuer leur longueur.

**Note :** Les schémas électriques ainsi que leurs repérages sont traités § 11.1.8.  
Les grafecet, organigramme et chronogramme sont traités chapitre 22.

**20.1.5.  
CONDITIONS  
D'ENVIRONNEMENT**

ALTITUDE	Elle agit sur la tension d'emploi et sur le courant d'emploi de l'appareillage (si la température ne baisse pas simultanément). Si l'altitude ne dépasse pas 3 000 m, aucun déclassement sur les caractéristiques de l'appareil n'est à prendre en compte.						
TEMPÉRATURE	Les caractéristiques de l'appareil ne subissent aucun déclassement si le fonctionnement se situe dans la plage. de - 20 °C à + 40 °C pour un montage en coffrets ou en armoires. de - 20 °C à + 55 °C pour un montage à l'air libre ou en armoires de grandes dimensions.						
AMBIANCE	Elle permet de définir le traitement de protection du matériel. Seule l'atmosphère au voisinage immédiat du matériel est à considérer.						
	<b>Traitement « Tous climats », TC</b> Le traitement TC peut être utilisé dans les conditions suivantes de température et d'humidité :						
	Température (°C) 20 40 50						
	Humidité relative (%) 95 80 50						
	Il peut également être utilisé si ces valeurs ne sont dépassées que de façon accidentelle ou passagère, ou si les variations de température ne sont pas suffisamment importantes et rapides pour provoquer de fortes condensations entraînant des ruissellements d'eau sur les appareils.						
	En conséquence, le traitement « TC » est utilisable sous toutes les latitudes et en particulier dans les pays des zones tropicales et équatoriales lorsque le matériel est placé dans des locaux industriels normalement aérés. En effet, à l'abri des conditions climatiques extérieures, les variations de température sont faibles, le risque de condensation est minime, et celui de ruissellement pratiquement nul.						
	<b>Traitement « ambiance » chaude et humide TH</b> Ce traitement est principalement utilisé en milieu chaud avec condensations systématiques (ruissellement d'eau...).						
	Localisation	Ambiance extérieure	Conditions de fonctionnement	Chauffage intérieur de l'enveloppe à l'arrêt	Type de climat	Traitement de protection du matériel de l'enveloppe	
	À l'intérieur d'un local	Pas de ruissellement d'eau ni de condensation	Indifférent	Pas nécessaire	Indifférent	TC	TC
		Présence de ruissellement d'eau ou de condensation dans le local	Arrêts fréquents de durée supérieure à 1 jour	Sans	Tempéré	TC	TH
Avec				Equatorial	TH	TH	
Permanent				Indifférent	TC	TH	
A l'extérieur (sous abri)	Pas de ruissellement d'eau ou de rosée	Indifférent	Pas nécessaire	Tempéré	TC	TC	
A l'extérieur ou en bord de mer	Présence fréquente et systématique de ruissellement d'eau ou de rosée	Arrêts fréquents de durée supérieure à 1 jour	Sans	Tempéré	TC	TH	
			Avec	Equatorial	TH	TH	
			Permanent	Indifférent	TC	TH	

*Fig. 10. – Tableau indiquant le traitement de protection dans différents cas d'ambiance.*

INFLUENCES EXTERNES	Les influences externes permettent de définir l'indice de protection IP minimum des matériels. L'IP est caractérisé par deux chiffres caractéristiques. 1 <sup>er</sup> chiffre : protection contre les contacts et la pénétration des corps solides. 2 <sup>e</sup> chiffre : degré de protection contre la pénétration des liquides. L'IK (degré choc) est caractérisé par deux chiffres. <b>Exemple : IP 34, IK 04 (§ 5.2).</b>
---------------------	---

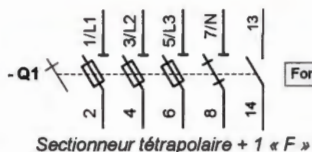
## 20.2 LES SECTIONNEURS À FUSIBLES

(D'après SCHNEIDER ELECTRIC)

### 20.2.1 FORME, SYMBOLE ET FONCTION D'USAGE



Représentation  
graphique



Fonction

Isoler un circuit  
Supporter les fusibles  
Verrouiller une installation

### 20.2.2 CRITÈRES À PRENDRE EN COMPTE POUR CHOISIR UN SECTIONNEUR

#### ALTITUDE ET TEMPÉRATURE

Lorsque l'altitude et la température ambiante ne répondent pas aux conditions d'environnement (§ 20.1.5). Il faut procéder aux déclassements suivants :

- pour l'altitude : 1 % par 100 m au-dessus de 3 000 m
- pour la température :

$T$ : température ambiante à l'extérieur du coffret	40 °C	45 °C	50 °C	55 °C
$t$ : température ambiante autour de l'appareil	55 °C	60 °C	65 °C	70 °C
$k_t$ : coefficient de déclassement	0 %	15 %	20 %	25 %

#### COMMANDE

Le sectionneur répond à la catégorie d'emploi **AC 20**, il est obligatoire de s'assurer qu'il sera manœuvré à vide.

Il est recommandé d'insérer le (ou les deux) contact(s) de pré coupure du sectionneur dans le circuit de commande du contacteur avec lequel il est en série.

### 20.2.3 EXEMPLE DE FICHE TECHNIQUE

TYPE DE SECTIONNEURS		LS1 D32	LS1 D323	GK1 E.	GK1 F.	
Environnement		- 50 à + 70 °C inclinaison ± 23°				
<b>Caractéristiques des pôles</b>						
Tension assignée d'emploi en alternatif		<b>V</b>	690	690	690	690
Courant permanent maximum pour une température ambiante ≤ 40 °C	avec tubes	<b>mm<sup>2</sup>/A</b>	2,5/32	2,5/25	6/50	25/125
	avec fusibles aM	<b>mm<sup>2</sup>/A</b>	2,5/32	2,5/22	6/50	25/125
	avec fusible gG	<b>mm<sup>2</sup>/A</b>	1,5/32	1,5/20	6/40	16/100
<b>Caractéristiques du contact de pré coupure</b>						
Tension assignée d'emploi		~ <b>V</b>	500		500	500
		= <b>V</b>	440		440	220
Courant conventionnel thermique		<b>A</b>	2,5		6	6
<b>Caractéristiques des cartouches fusibles (maximum)</b>						
Taille du fusible			10 × 38	10 × 38	14 × 51	22 × 58
type aM	~ 400 V	<b>A</b>	32	25	50	125
	~ 500 V	<b>A</b>	16		40	80
	~ 600 V	<b>A</b>			25	50
type gG	~ 400 V	<b>A</b>	32	25	40	100
	~ 500 V	<b>A</b>	20		40	80
	~ 600 V	<b>A</b>			25	50
puissance maximale du fusible		<b>W</b>	3,2		8,5	18

### 20.2.4 EXEMPLE D'APPLICATION

#### CAS D'UNE DISTRIBUTION

Les fusibles placés dans le sectionneur sont généralement des cartouches du type gG.

#### Exemple :

Un câble U 1 000 R 2 V 4 × 10 mm<sup>2</sup> + PE doit alimenter un circuit de distribution. Courant d'emploi 40 A – Tension 400 V 50 Hz

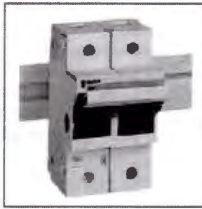
Le sectionneur convenant à l'isolement et à la protection contre les courts-circuits sera du type **GK1 – E<sub>s</sub>** (tétrapolaire) avec 3 fusibles gG40 + Neutre (14 × 51).

(Fiche technique § 20.2.3)

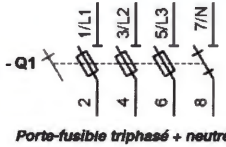
## 20.3. LES PORTE-FUSIBLES

(D'après SCHNEIDER ELECTRIC)

20.3.1.  
FORME,  
SYMBOLE ET  
FONCTION  
D'USAGE



Représentation  
graphique



Fonction

Isoler un circuit  
Supporter les fusibles

Les porte fusibles servent de support aux fusibles de **type B** avec ou sans témoin de fusion (§ 20.4.) Ils sont conformes à la norme NF C 61-201 et possèdent les caractéristiques suivantes :

- tiroir à fusible imperdable,
- version avec ou sans voyant,
- raccordement par bornes à cage pour câbles jusqu'à 16 mm<sup>2</sup>,
- sectionnement de la phase et du neutre dans l'encombrement habituel de la phase (modulaire).
- coupure pleinement apparente, l'ouverture de la phase entraîne obligatoirement l'ouverture du neutre,
- la phase s'ouvre avant le neutre lors de l'ouverture et se ferme après le neutre lors de la fermeture du circuit.

20.3.2.  
CRITÈRES À  
PRENDRE EN  
COMPTE POUR  
CHOISIR UN  
PORTE-FUSIBLES

Coupe-circuit sectionnable (type)	Tarif			Calibre (A)	Tension d'emploi (V)	Taille des cartouches						Nombre de pôles						
	Bleu	Jaune	Vert			8,5 23	8,5 31,5	10,3 25,8	10,3 31,5	10,3 38	14 51	22 58	1 ou N	1 +	2	3	3 +	
SF clic	x			2 à 32	250 à 400	x	x	x	x	x					x			
STI		x	x	2 à 32	400 à 660		x			x				x	x	x	x	x
SBI		x	x	10 à 100	400 à 660						x	x	x	x	x	x	x	x
IF		x	x	0,5 à 32	250 à 415		x			x				x	x	x	x	x

**Note :**

L'encombrement est exprimé en pas de 9 mm.

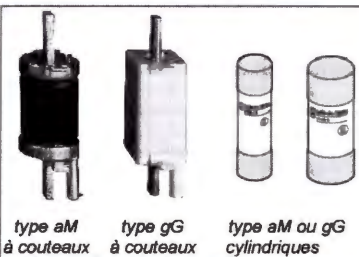
Nombre de pas suivant le nombre de pôles et le type de porte-fusibles :

	1 ou N	1 + N	2	3	3 + N
SF clic	-	2	-	-	-
STI	2	2	4	6	6
SBI	3 (50 A) - 4 (100 A)	6 (50 A) - 8 (100 A)	6 (50 A) - 8 (100 A)	9 (50 A) - 12 (100 A)	12 (50 A) - 16 (100 A)
IF	-	4	4	6	8

## 20.4 LES FUSIBLES

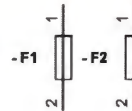
(D'après SCHNEIDER ELECTRIC)

20.4.1.  
FORME,  
SYMBOLE ET  
FONCTION  
D'USAGE



type aM à couteaux    type gG à couteaux    type aM ou gG cylindriques

Représentation  
graphique



Fonction

Protéger  
un circuit

20.4.2.  
CRITÈRES À  
PRENDRE EN  
COMPTE POUR  
CHOISIR UN  
FUSIBLE

**1** Cartouche gG ou cartouche aM  
quelles différences ?

Les cartouches **gG** protègent les circuits contre les faibles et fortes surcharges et, bien sûr, contre les courts-circuits.

Les cartouches **aM** protègent contre les fortes surcharges et contre les courts-circuits ; elles sont dimensionnées pour résister à certaines surcharges comme, par exemple, le démarrage d'un moteur. Ces cartouches doivent être obligatoirement associées à un dispositif de protection thermique contre les faibles surcharges.

Les cartouches **gG** (usage général ou industriel) sont marquées en noir ; les cartouches **aM** (accompagnement moteur) sont marquées en vert.

**Exemple de protection  
par cartouches gG et aM (Fig. 11) :**

F1. Cartouches aM 400 à la sortie du transformateur.

F7. Cartouches gG 25 pour ligne d'éclairage.

F2.F3.F4. Cartouches gG 100 et 125 en protection divisionnaire

F8. Cartouches gG 50 pour alimentation d'un four électrique de 30 kW.

F5. Cartouches aM 160 pour compléter en pouvoir de coupure un disjoncteur divisionnaire.

F9. Cartouche aM 50 associée à un discontacteur (protection thermique et surcharge) pour alimentation d'un moteur de 22 kW

F6. Cartouches aM 32 associées à un discontacteur (protection thermique et surcharge) pour alimentation d'un moteur de 15 kW.

F10.F11.F12. Cartouches gG 50, gG 6 et gG 25 pour différents départs.

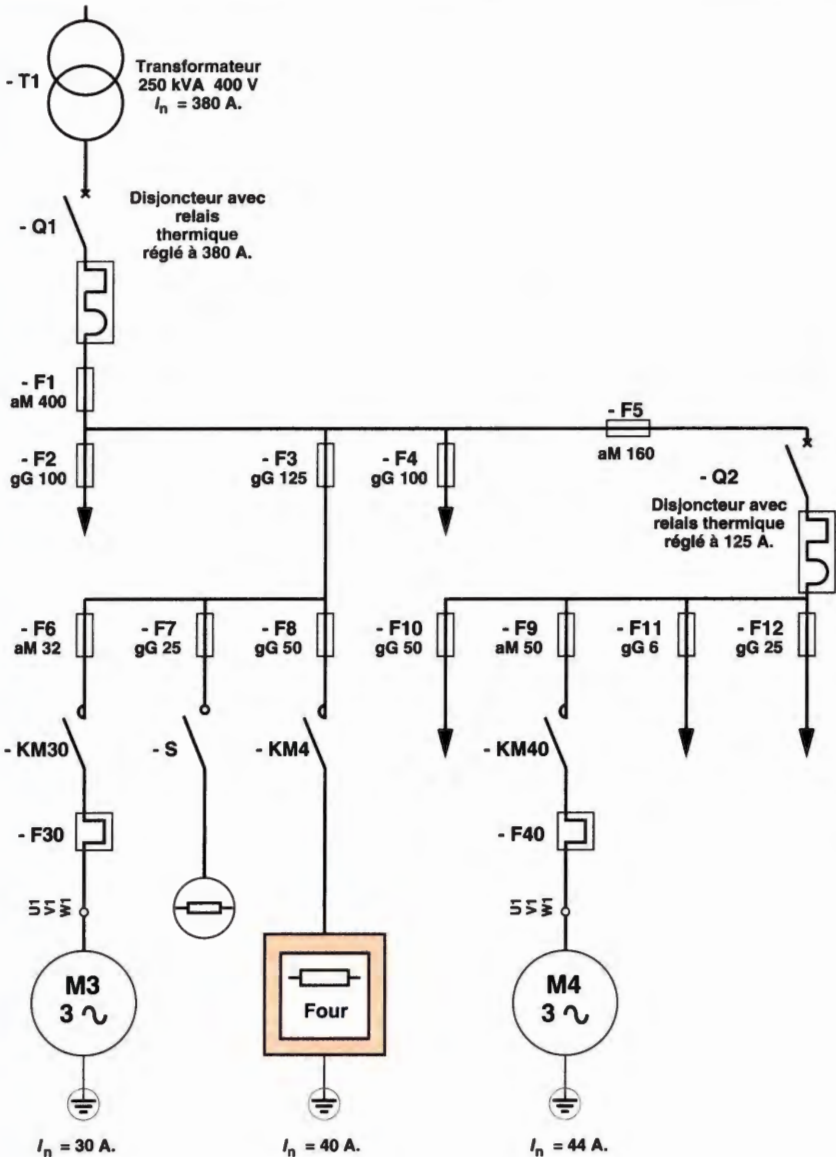


Fig. 11 - Exemple de protection

**CRITÈRES À  
PRENDRE EN  
COMPTE  
POUR CHOISIR  
UN FUSIBLE**

## 2 Pourquoi parler d'intensité et de tension nominales ?

L'intensité nominale peut traverser indéfiniment un fusible sans provoquer ni fusion, ni échauffement excessif ; la tension nominale est la tension maximale sous laquelle ce fusible peut être utilisé

## 3 Une cartouche fusible consomme-t-elle ?

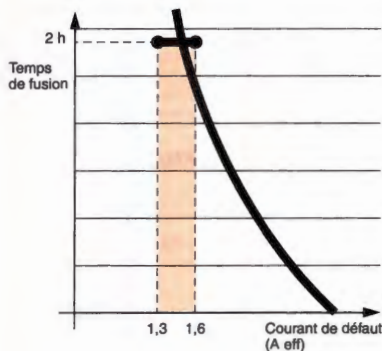
Traversée par un courant, une cartouche se comporte comme une résistance et consomme toujours un peu. Les consommations maximales pour chaque type et calibre sont définies par les normes.

## 4 Qu'appelle-t-on courants conventionnels de non-fusion et de fusion ?

Courant conventionnel de non-fusion ( $I_{nf}$  ou  $I_1$ ) : « Valeur spécifiée de courant qui peut être supportée par la cartouche fusible pendant un temps spécifié (temps conventionnel) sans fondre »

Courant conventionnel de fusion ( $I_f$  ou  $I_2$ ) : « Valeur spécifiée du courant qui provoque la fusion de la cartouche fusible avant l'expiration d'un temps spécifié (temps conventionnel). »

Calibres	$I_{nf}$ intensité de non-fusion	$I_f$ intensité de fusion	$t$ temps conventionnel
$I_1 \leq 04$ A	$1,5 I_n$	$2,1 I_r$	1 h
5 à 10 A	$1,5 I_n$	$1,9 I_r$	1 h
11 à 25 A	$1,4 I_n$	$1,75 I_r$	1 h
26 à 63 A	$1,3 I_n$	$1,6 I_r$	1 h
64 à 100 A	$1,3 I_n$	$1,6 I_r$	2 h
101 à 150 A	$1,2 I_n$	$1,6 I_r$	2 h
161 à 400 A	$1,2 I_n$	$1,6 I_r$	3 h

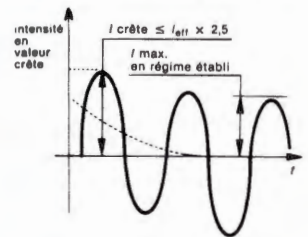


Dans l'exemple ci-dessus (gG 100) le temps conventionnel = 2 h

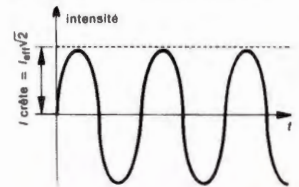
$$I_{nf} = 1,3 I_n \quad I_f = 1,6 I_n$$

## 5 Qu'appelle-t-on courant de court-circuit présumé ?

C'est l'intensité efficace qui s'établirait en cas de court-circuit en l'absence de toute protection. Sa valeur de crête est d'autant plus élevée que le  $\cos \varphi$  de l'installation est faible (court-circuit asymétrique)



Développement d'un court-circuit asymétrique

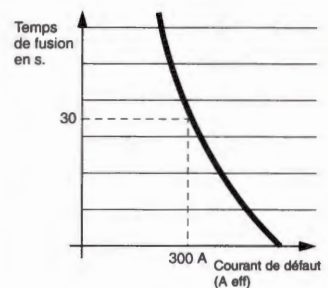


Développement d'un court-circuit symétrique

## 6 Qu'est-ce que la zone de fonctionnement ?

Les zones de fonctionnement délimitées par les normes, permettent de déterminer la durée de fonctionnement du fusible en fonction du courant le traversant.

Il est important de connaître ces caractéristiques de fonctionnement, pour calculer la sélectivité des différents protections installées en série.



Une surcharge de 300 A fera fondre une cartouche 22 x 58 gG 100 A, en 30 secondes.

## 7 Quelle est l'importance du pouvoir de coupure ?

Plus le pouvoir de coupure est important, plus le fusible est apte à protéger l'installation contre des courts-circuits d'intensité élevée. Les fusibles HPC (Haut Pouvoir de Coupure) limitent des courts-circuits qui pourraient atteindre plus de 100 000 A efficaces.

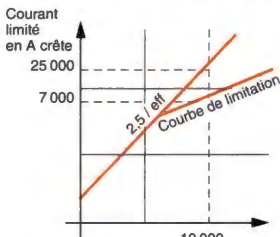
## 8 Quelle est l'importance du pouvoir de limitation ?

Un court-circuit est dangereux tant par ses effets électrodynamiques que par ses effets thermiques :

- les effets destructeurs électrodynamiques dépendent du carré du courant crête atteint lors du court-circuit ;
  - les effets destructeurs thermiques dépendent de la contrainte thermique de ce même court-circuit.
- Les cartouches fusibles limitent au maximum possible ces deux effets.

## 9 Qu'appelle-t-on courbe de limitation ?

La limitation du courant peut varier suivant les conditions du court-circuit (intensité,  $\cos \varphi$  angle  $\psi$  de début de court-circuit). Les courbes de limitation des cartouches représentent les valeurs maximales des courants limités pouvant être atteints dans les conditions les plus défavorables.



Courant de court-circuit présumé (Aeff)

Pour un court-circuit présumé de 10 000 A eff, compte tenu de l'asymétrie maximale du courant, ce dernier pourrait atteindre une valeur maximale de  $2,5 I_{eff}$ , soit 25 000 A crête. La cartouche cylindrique gG 100 a limité la première onde de courant à 7 000 A crête, soit environ le tiers de la valeur maximale présumée. Les effets destructeurs électrodynamiques sont donc réduits dans le rapport de 1 à 10  $(7\ 000/25\ 000)^2$  de la valeur maximale possible. Ce rapport de limitation sera d'autant plus élevé que le courant présumé de court-circuit sera important.

**Exemple :** court circuit 100 000 A eff soit 250 000 A crête.

La cartouche gG 100 cylindrique limite ce courant à 15 000 A crête :

- soit une limitation à 6 % du courant maximal présumé ;
- soit une limitation à 36 % des efforts électrodynamiques maximaux présumés.

## 10 Qu'appelle-t-on contrainte thermique ?

Elle dépend de l'énergie thermique limitée par la cartouche lors de la coupure.

Effectivement, un court-circuit dégage une énergie considérable qui peut être calculée par l'intégrale de Joule :

$$R \int_0^t i^2 dt = R I_{off}^2 t$$

Lors d'un court-circuit la contrainte thermique limitée par la cartouche correspond à :

$$c = \int_0^t i^2 dt$$

Cette contrainte thermique s'exprime en ampères<sup>2</sup> x seconde

## 11 Pourquoi limiter considérablement la contrainte thermique ?

L'énergie dégagée par le court-circuit, s'il n'est pas limité, peut entraîner rapidement la fusion de tout ou partie de l'installation.

Deux paramètres principaux régissent la contrainte thermique :

- le  $\cos \varphi$  : plus il est faible, plus l'énergie est élevée.
- la tension : plus elle est importante, plus l'énergie est élevée.

Les cartouches fusibles limitent considérablement cette énergie. Par exemple un court-circuit asymétrique de 10 000 A eff. en 230 V,  $\cos \varphi = 0,1$  en l'absence de cartouche, se développerait sur plusieurs ondes de courant. Pour la seule première onde, la contrainte thermique pourrait s'élever à 4 000 000 A<sup>2</sup> secondes.

Dans ces mêmes conditions de défaut, une cartouche gG 100 limitera la contrainte thermique à 90 000 A<sup>2</sup> secondes, soit 1,95 % de la valeur sur la seule première onde du courant présumé.

## 12 Qu'est-ce que la sélectivité ?

Un courant traverse généralement plusieurs appareils de protection en série. Ces appareils sont calculés et repartis en fonction des différents circuits à protéger. Il y a bonne sélectivité lorsque seul l'appareil protégeant le circuit en défaut fonctionne.

Tableau § 20.20.1.

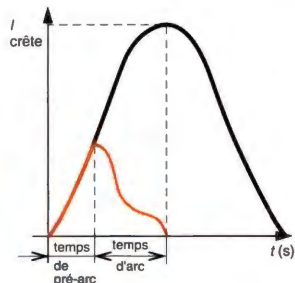
## 13 Quelle différence entre contraintes thermiques de pré-arc et d'arc ?

Un fusible coupe un court-circuit en deux temps : le pré-arc puis l'arc.

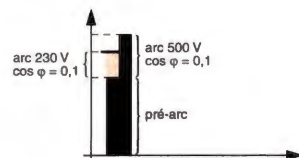
La contrainte thermique de pré-arc correspond à l'énergie minimum nécessaire pour que l'élément fusible de la cartouche arrive à son point de fusion. Il est important de connaître cette contrainte thermique pour déterminer la sélectivité sur court-circuit entre plusieurs systèmes de protection en série.

La contrainte thermique de pré-arc est sensiblement constante, quel que soit le courant de défaut.

La contrainte thermique d'arc correspond à l'énergie limitée entre la fin du pré-arc et la coupure totale.



Les contraintes thermiques de pré-arc et d'arc sont liées à la forme de ces courbes.



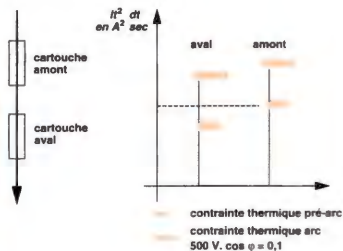
La somme des contraintes thermiques d'arc et de pré-arc donne la contrainte thermique totale.

## 14 Comment déterminer la sélectivité d'un système de protection ?

1) Par les contraintes thermiques : la contrainte thermique de pré-arc du fusible amont doit être supérieure à la contrainte thermique totale du fusible aval.

Fig. 19 et 20 § 20.4.7.

Fig. 25 et 26 § 20.4.8.



Si la contrainte totale « aval » est supérieure à la contrainte de pré-arc amont il y a mauvaise sélectivité.

2) Directement à partir du tableau : § 20.20



## 20.4.4. CAS DES MOTEURS ASYNCHRONES TRIPHASÉS

La protection d'un moteur contre les surcharges est réalisée par un relais thermique.

La protection de la ligne du moteur et des appareillages contre les courts-circuits se fera par fusibles

Le tableau ci-dessous indique les différents calibres de cartouches **aM** ou **gG** à associer au relais thermique en fonction de la puissance du moteur.

**Remarques :** – Quatre raisons pour choisir une cartouche **aM** plutôt qu'une cartouche **gG** :

- taille plus réduite.
  - supporte mieux les surcharges répétées.
  - coût moindre
  - meilleure limitation du courant de court-circuit et de la contrainte thermique
- Cas des moteurs à démarrages fréquents ou à démarrages difficiles :
- c'est le cas des moteurs absorbant 7 à 8  $I_n$ , pendant plus de 2 s ou le cas des moteurs absorbant 4 à 5  $I_n$ , pendant 10 à 20 s.
  - prendre dans ce cas le calibre supérieur à celui indiqué dans le tableau ci-dessous sous réserve que l'association cartouche discontacteur reste compatible.
- Il est conseillé, en cas de fusion d'une seule cartouche **aM**, de remplacer les trois cartouches (échauffement anormal des fusibles).

### PROTECTION DES MOTEURS

Moteur									Cartouches																			
230 V tri			400 V tri			500 V tri			10 × 38		14 × 51		22 × 58		T. 00		T. 0		T. 1		T. 2		T. 3		T. 4			
kW	ch	$I_n$ (A)	kW	ch	$I_n$ (A)	kW	ch	$I_n$ (A)	calibres gG	calibres aM	calibres gG	calibres aM	calibres gG	calibres aM	calibres gG	calibres aM	calibres gG	calibres aM	calibres gG	calibres aM	calibres gG	calibres aM	calibres gG	calibres aM	calibres gG			
			0,37	0,5	1,03	0,75	1	1,5	4	2	4	2																
0,37	0,5	1,8	0,75	1	2	1,5	2	2,6	6	4	6	4																
0,75	1	3,5	1,5	2	3,5	2,2	3	3,8	8	4	4																	
1,1	1,5	4,4	2,2	3	5	3,7	5	5,9	12	6	6																	
1,8	2,5	7	3	4	6,6	4	5,5	6,5	16	8	16	8	16															
2,2	3	8,7	4	5,5	8,5	5,5	7,5	9	20	10	20	10	20															
3	4	11,5	5,5	7,5	11,5	7,5	10	12	25	12	25	12	25	25														
4	5,5	14,3	7,5	10	15,5	11	15	18,4	20 <sup>(1)</sup>	32	20	32	20	32	20													
5,5	7,5	20	11	15	22	15	20	23	25 <sup>(1)</sup>	50	25	50	25	50	25													
7,5	10	27	15	20	30	18,5	25	28,5			32	50	32	50	32													
10	13,5	35	18,5	25	37	25	34	39,4			40	63	40	63	40	63												
11	15	39	22	30	44	30	40	45			50 <sup>(1)</sup>	80	50	80	50	80												
15	20	52	25	34	51	40	54	60			100	63	100	63	100	63												
18,5	25	64	30	40	60	45	60	65			125 <sup>(1)</sup>	80	125	80	125	80	125											
22	30	75	37	50	72	51	70	75			80	125	80	125	80	125												
25	35	85	45	60	85	63	109	89			100	160	100	160	100	160												
30	40	103	55	75	105	80	110	112			125 <sup>(1)</sup>	125	200	125	200	125	200											
45	60	147	75	100	138	110	150	156							160	250	160	250										
55	75	182	90	125	170	132	180	187										200	315	200								
75	100	239	110	150	205	160	220	220										250	400	250								
80	160	260	132	180	245	220	300	310																315				
90	125	295	160	218	300																			315				
110	150	356	200	270	160	250	340	360																400				
132	180	425	250	340	475	335	450	472																		500		
160	218	520	315	430	584	450	610	608																			630	
220	300	710	400	550	750	500	680	680																				800

(1) 400 V maxi.

Fig. 13 - Tableau donnant le calibre et la taille des cartouches en fonction de P moteur

**20.4.5.  
CAS DES  
TRANSFORMATEURS**

**Règles à appliquer :**

- **Côté primaire** : il faut installer une protection laissant passer les pointes de courant ; utiliser des cartouches **aM**.
- **Côté secondaire** : il faut calculer le courant de court-circuit au point le plus éloigné de la protection, il peut être obtenu par la relation :

$$I_{cc \text{ mini}} = \frac{U_s}{\left(\frac{U_s^2}{P} \frac{U_{cc}}{100}\right) + \frac{2\rho l}{S}}$$

$U_s$  : tension secondaire du transformateur en V  
 $P$  : puissance de transformateur en VA  
 $U_{cc}$  : tension du court-circuit du transformateur en %  
 $l$  en m ;  $S$  en  $m^2$  ;  $\rho$  en  $\Omega \cdot m$  ( $1,8 \cdot 10^{-8}$  pour le cuivre).

Choisir le calibre pour le courant  $I_{cc}$  calculé précédemment en utilisant la relation :

$$\text{Fusible } gG = I_n \leq \frac{I_{cc}}{4}$$

$I_n$  : calibre de la cartouche **gG**.  
 Pour plus de détails sur la protection des transformateurs § 17.6.

**Exemple** : Protection du câble au secondaire d'un transformateur type TMO 630 VA, 230/24 V.  
 Câble  $2 \times 1,5 \text{ mm}^2$  cuivre.  
 Longueur : 20 m.

**Solution** : Le § 17.7.4 donne  $U_{cc} = 4,4 \%$ . Primaire : aM 4A ( $10,3 \times 38$ )  
 Secondaire : gG 25 A ( $14 \times 51$ ) maximum.  
 La relation ci-dessus donne :

$$I_{cc \text{ mini}} = \frac{24}{\left(\frac{24^2}{630} \times \frac{4,4}{100}\right) + \left(\frac{2 \times 1,8 \times 10^{-8} \times 20}{1,5 \times 10^{-8}}\right)} = 46 \text{ A} \quad I_n \leq \frac{46}{4} = 11,5 \text{ A}$$

Le secondaire comportera un fusible **gG 10 A**.

**20.4.6.  
CAS DES  
LIGNES**

- Calibre  $I_n$  du fusible :

Le calibre du fusible est déterminé à partir du courant à transporter par le câble.

- Courant  $I_b$  maximum :

Le courant  $I_b$  est le courant d'emploi maximal pour lequel le câble doit être protégé. C'est le courant admissible par le câble en régime permanent défini dans les tableaux Fig. 5 et 6 § 6.1.6.

Ce courant s'obtient en divisant l'intensité de fusion du fusible par 1,45.

Le tableau § 20.4.2. (question 4) indique l'intensité de fusion  $I_f$  suivant le calibre du fusible.

$I_n$	2	4	6	8	10	12	16	20	25	32	40	50	63
$I_f$	4,2	8,4	11,4	15,2	19	21	25	35	43,8	51,2	64	80	101
$I_b$	2,9	5,8	7,9	10,5	13	14,5	19,3	24	30,2	35,3	44	55	70
<b>1,45</b>													
$I_n$	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1 000	
$I_f$	128	160	200	256	320	400	504	640	800	1 008	1 280	1 600	
$I_b$	88	110	138	176	220	276	348	411	552	695	883	1 103	
<b>1,45</b>													

Fig. 14 – Tableau donnant la valeur de  $I_b$  suivant le calibre du fusible.

$I_n$  : calibre de la cartouche fusible.

$I_f$  : courant conventionnel de fusion de la cartouche fusible

$I_b = \frac{I_f}{1,45}$  courant admissible par le câble en régime permanent.

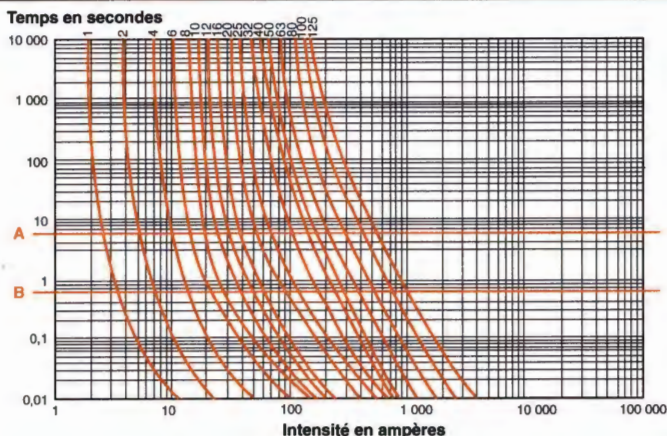
**Application :**

Protection d'un câble triphasé U 1 000 R 2 V par une cartouche fusible **gG 200 A**.

Le tableau (Fig. 14) donne  $I_{f\lambda} = 320 \text{ A}$  et  $I_b = 220 \text{ A}$ .

Le câble supportant cette intensité  $I_b$  en régime permanent doit posséder une section de  $70 \text{ mm}^2$  pour ses conducteurs (âmes en cuivre Fig. 5 et 6 § 6.1.6.).

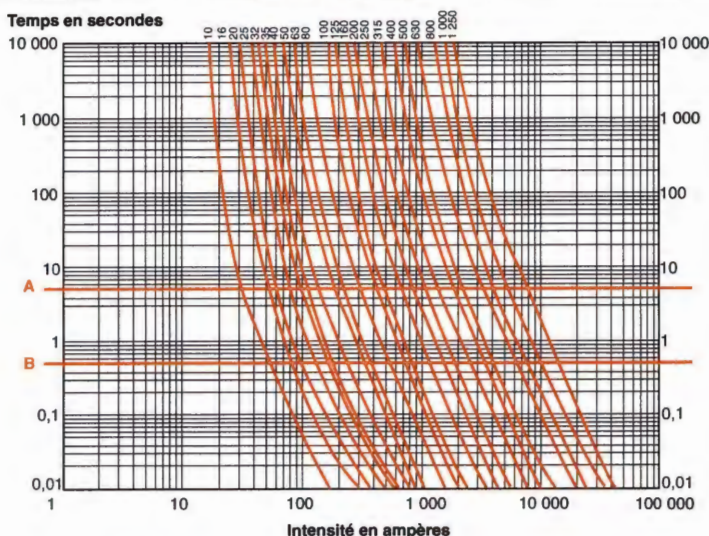
## 20.4.7. COURBES CARACTÉRISTIQUES DES FUSIBLES gG



Consommations en watts à chaud sous courant nominal

Cartouches	Calibres (A)																
	1	2	4	6	8	10	12	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125
8,5 × 31,5	0,40	0,60	0,70	1	1,2	1,20	1,20	1,90									
10 × 38	0,27	0,50	0,90	1,05	1,30	1,35	1,45	1,80	2,10	2,90							
14 × 51		0,80	0,90	1,40		2		2,60	3,10	3,50	3,50	3,70	4,60				
22 × 58			1,50	1,60		1,90		3	2,90	3,90	3,60	3,90	5,30	6,30	8	8	11

Fig. 15 – Cartouches cylindriques types gG (pouvoir de coupure : 100 kA)



Consommations en watts à chaud sous courant nominal

Cartouches	Calibres (A)																		
	25	32	35	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1 000	1 250
Taille 00	2,1	3	3	3,3	4,5	6	7	7,5	13	15									
Taille 0 à 4				4,2	5,5	6,5	8,5	9,5	12	15	19	23	24	33	36	45	51	77	80

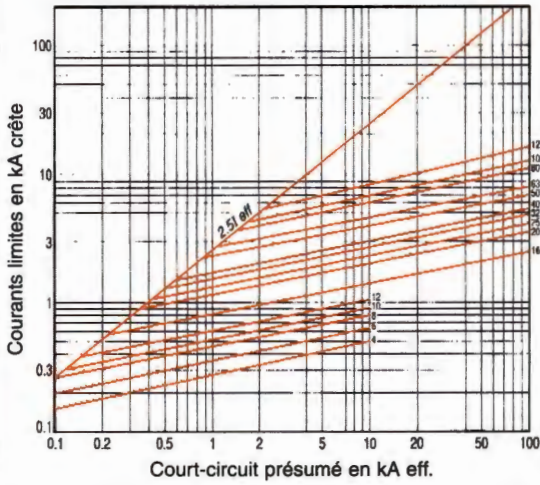
Fig. 16 – Cartouches à couteaux type gG (pouvoir de coupure : 100 kA).

A = temps maxi pour la protection contre les courts-circuits pour  $m = 1$  (5 s)

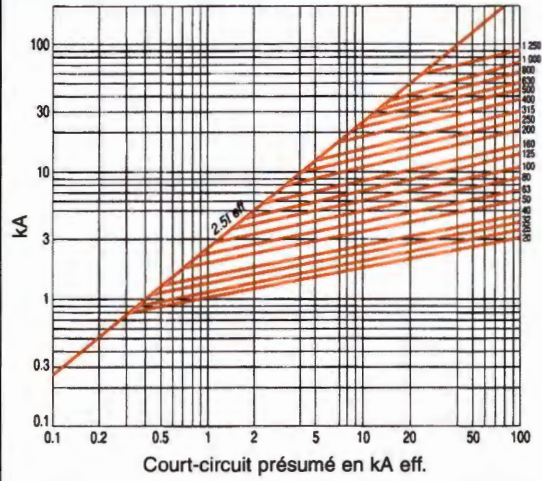
B = temps maxi pour la protection contre les contacts indirects pour  $m = 1$  (0,5 s) (chapitre 6)

$m = \frac{\text{Section du conducteur de phase}}{\text{Section du conducteur de protection}}$

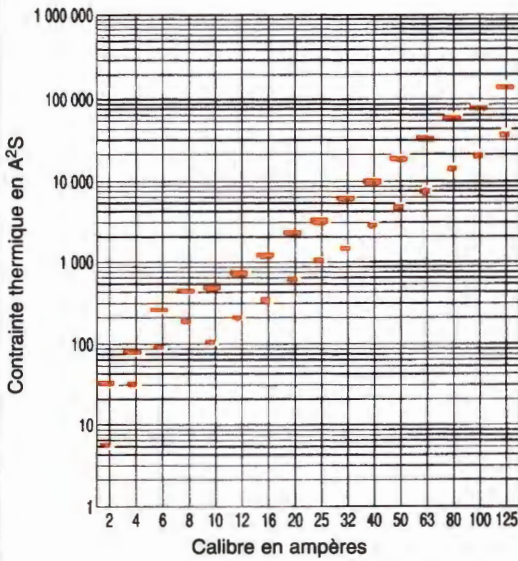
# COURBES CARACTÉRISTIQUES DES FUSIBLES gG



**Fig. 17 – Courbes de limitation des fusibles du type gG (cartouches cylindriques)**  
 $\cos \varphi = 0,1$  (facteur de puissance au moment du court-circuit)

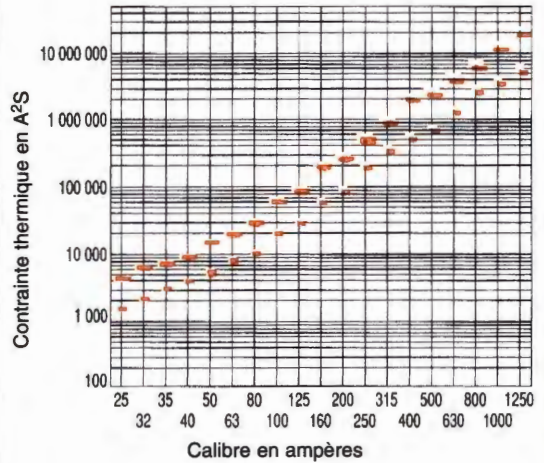


**Fig. 18 – Courbes de limitation des fusibles du type gG (cartouches à couteaux).**  
 $\cos \varphi = 0,1$  (facteur de puissance au moment du court-circuit).



—■— contrainte thermique totale maximale pour le courant critique  
 ■—■— contrainte thermique de pré-arc pour le courant critique

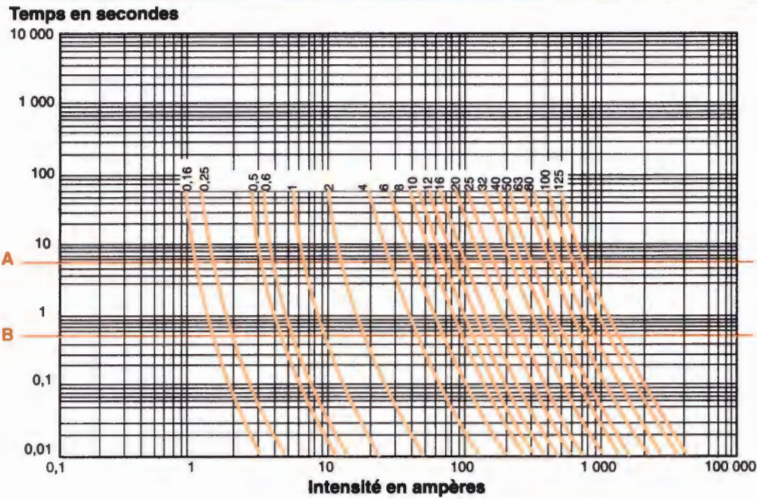
**Fig. 19 Contraintes thermiques maximales sous 500 V**  
 $\cos \varphi_{cc} = 0,1$   
 (sauf calibre 125 A sous 400 V)  
 (cartouches cylindriques type gG).



—■— contrainte thermique totale maximale pour le courant critique  
 ■—■— contrainte thermique de pré-arc pour le courant critique

**Fig. 20 – Contraintes thermiques maximales sous 500 V**  
 $\cos \varphi_{cc} = 0,1$  (cartouches à couteaux type gG)

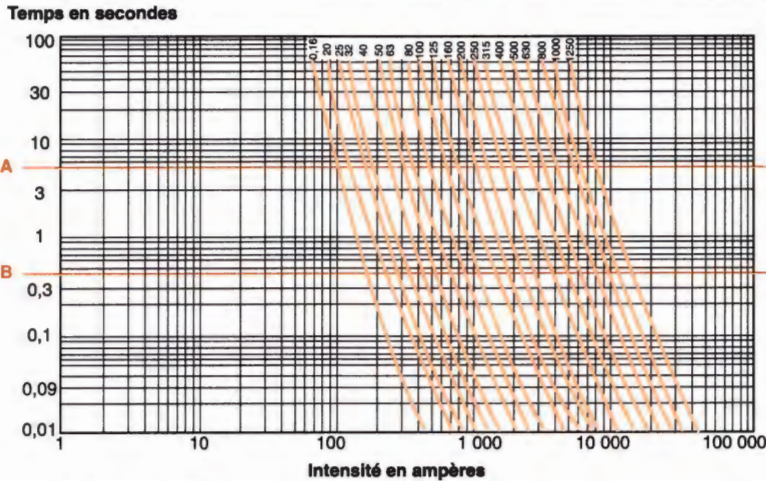
## 20.4.8. COURBES CARACTÉRISTIQUES DES FUSIBLES aM



Consommations en watts à chaud sous courant nominal

Cartouches	Calibres (A)																					
	0,25	0,5	1	2	4	6	8	10	12	16	20	25	32	40	45	50	63	80	100	125		
8,5 × 31,5			0,05	0,08	0,14	0,25	0,30	0,35														
10 × 38	0,02	0,04	0,08	0,12	0,17	0,30	0,35	0,40	0,45	0,70	1,00	1,20										
14 × 51			0,12	0,15	0,25	0,30	0,40	0,50	0,65	0,90	1,00	1,20	1,55	2,10	2,15	2,55						
22 × 58										0,90	1,10	1,35	1,90			3,00	4,10	5,20	6,50	9,42		

Fig. 21 – Cartouches cylindriques type aM (pouvoir de coupure : 100 kA)



Consommations en watts à chaud sous courant nominal

Cartouches	Calibres (A)																				
	25,3	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1 000	1 250			
Taille 00	1,3	1,8	2,5	3	3,6	5,2	6	7													
Taille 0 à 4					3,9	5,5	6,5	8,5	11,5	13,5	17	24	28	34	41	49	70	75			

Fig. 22 – Cartouches à couteaux type aM (pouvoir de coupure : 100 kA)

A = temps maxi pour la protection contre les courts-circuits pour  $m = 1$  (5 s)

B = temps maxi pour la protection contre les contacts indirects pour  $m = 1$  (0,5 s) (chapitre 6)

$m = \frac{\text{Section du conducteur de phase}}{\text{Section du conducteur de protection}}$

# COURBES CARACTÉRISTIQUES DES FUSIBLES aM

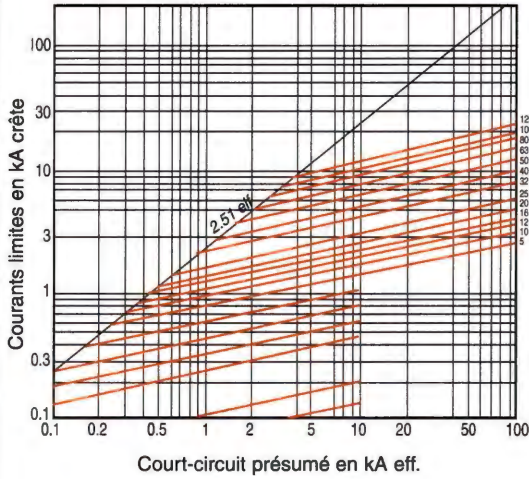


Fig. 23 - Courbes de limitation -  $\cos \varphi_{cc} = 0,1$ .  
(Cartouches cylindriques type aM.)

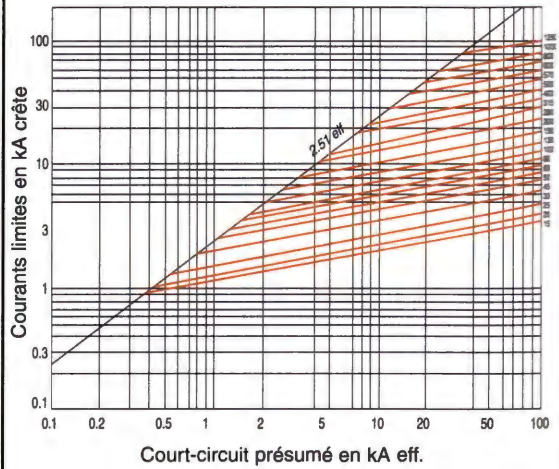
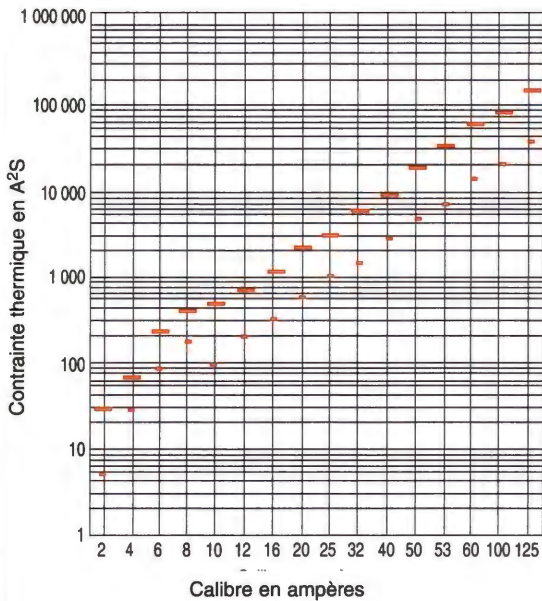
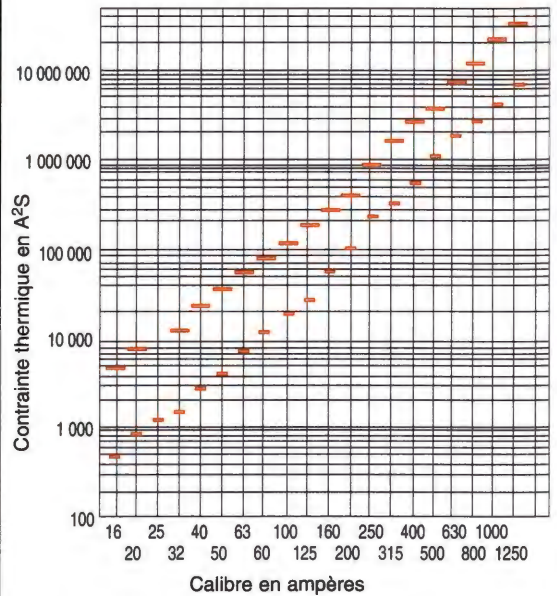


Fig. 24 - Courbes de limitation -  $\cos \varphi_{cc} = 0,1$ .  
(Cartouches à couteaux type aM.)



■ contrainte thermique totale maximale pour le courant critique  
■ contrainte thermique de pré-arc pour le courant critique

Fig. 25 - Contraintes thermiques maximales sous 500 V  
 $\cos \varphi_{cc} = 0,1$  (sauf calibre 125 A sous 400 V)  
( $\varphi_{cc}$  - déphasage entre courant et tension au moment du court-circuit)  
(Cartouches cylindriques type aM.)



■ contrainte thermique totale maximale pour le courant critique  
■ contrainte thermique de pré-arc pour le courant critique

Fig. 26. - Contraintes thermiques maximales sous 500 V  
 $\cos \varphi_{cc} = 0,1$   
(Cartouches à couteaux type aM.)

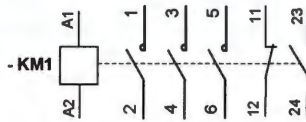
## 20.5. LES CONTACTEURS

(D'après SCHNEIDER-ELECTRIC)

### 20.5.1. FORME, SYMBOLE ET FONCTION D'USAGE



Représentation graphique



Fonction

Établir ou interrompre le courant dans un récepteur

Contacteur triphasé + 1 « O » + « F »

### ALTITUDE ET TEMPÉRATURE

Lorsque l'altitude et la température ambiante ne répondent pas aux conditions d'environnement (§ 20.1.5.), il faut procéder aux déclassements suivants :

- pour l'altitude : 1 % par 100 m au dessus de 3 000 m
- pour la température :

$T$ : température ambiante à l'extérieur du coffret	40 °C	45 °C	50 °C	55 °C
$t$ : température ambiante autour de l'appareil	55 °C	60 °C	65 °C	70 °C
$k_t$ : coefficient de déclassement	0 %	15 %	20 %	25 %

### TENSION NOMINALE D'EMPLOI $U_e$

Tension qui, combinée avec le courant d'emploi, détermine l'emploi du contacteur et à laquelle se rapportent le pouvoir de coupure et de fermeture, le type de service et la catégorie d'emploi. ( $U_e$  en volts entre phases).

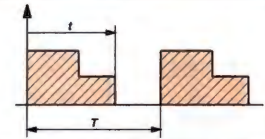
### COURANT NOMINAL D'EMPLOI $I_e$

Il est défini pour une tension nominale d'emploi, une catégorie d'emploi et pour des conditions d'environnement données. ( $I_e$  en A).

### FACTEUR DE MARCHE $m$

C'est le rapport entre la durée du passage du courant ( $t$ ) et la durée d'un cycle de manœuvre ( $T$ ).

$$m = \frac{t}{T} \text{ en \%}$$



### DURÉE DE VIE ÉLECTRIQUE

C'est le nombre moyen de cycles de manœuvres en charge que les pôles principaux peuvent effectuer sans remplacement.

Nombre de manœuvres par heure	Heures de fonctionnement par jour	Millions de manœuvres						
		Nombre d'années						
		1	2	3	4	5	10	
30	8	0,06	0,12	0,18	0,24	0,30	0,6	
	16	0,12	0,24	0,36	0,48	0,60	1,2	
	24	0,18	0,36	0,54	0,72	0,90	1,8	
150	8	0,3	0,6	0,9	1,2	1,5	3,0	
	16	0,6	1,2	1,8	2,4	3,0	6,0	
	24	0,9	1,8	2,7	3,6	4,5	9,0	
600	8	1,2	2,4	3,6	4,8	6,0	12,0	
	16	2,4	4,8	7,2	9,6	12,0	24,0	
	24	3,6	7,2	10,8	14,4	18,0	36,0	

Fig. 27 – Tableau de détermination de sa durée de vie électrique.

#### Exemple :

Une machine fonctionne 5 ans à raison de 8 h/jour avec une cadence de 600 manœuvres/h. Il en résulte une durée de vie des contacts de 6 millions de manœuvres. (Établie sur la base de 21 jours de travail par mois ou 250 jours par an).

### POUVOIR DE COUPURE (PdC)

Valeur efficace du courant que le contacteur doit couper sous une tension donnée. Plus cette tension est faible plus le pouvoir de coupure est grand.

### COURANT NOMINAL THERMIQUE $I_{th}$

Courant que peut supporter un contacteur en position de fermeture pendant un temps infini. Ce courant s'appelle également courant permanent maximal (à température ambiante  $\leq 40$  °C)

### COURANT TEMPORAIRE ADMISSIBLE

Courant que peut supporter un contacteur en position fermée pendant un temps court consécutif à un temps de repos (Tableau de choix des contacteurs § 20.5.3.). Ce courant est supérieur au courant nominal thermique ( $I_{th}$ ).

### 20.5.2. CRITÈRES À PRENDRE EN COMPTE POUR CHOISIR UN CONTACTEUR

**CRITÈRES  
À  
PRENDRE EN  
COMPTE POUR  
CHOISIR UN  
CONTACTEUR**

**CATÉGORIES  
D'EMPLOI EN  
COURANT  
ALTERNATIF  
(NFC 63-650)**

Elles dépendent de la nature du récepteur et des conditions dans lesquelles s'effectuent les fermetures et les ouvertures du circuit électrique.

**En courant alternatif :**

TYPES	DÉFINITION	EXEMPLES D'UTILISATION
CATÉGORIE <b>AC1</b>	Elles s'appliquent à tous les récepteurs dont le facteur de puissance est au moins égal à 0,95 ( $\cos \varphi \geq 0,95$ )	- Chauffage - Distribution
CATÉGORIE <b>AC2</b>	Elle concerne les applications avec freinage à contre-courant et marche par « à coups » avec les moteurs à bagues. À la fermeture le courant peut atteindre $7 I_n$ . À l'ouverture il peut couper cette même intensité.	- Compresseurs (DR), - Pompes (DR), - Bandes transporteuses (DR)  (DR) : démarrage rotorique
CATÉGORIE <b>AC4</b>	Elle concerne les applications avec freinage à contre-courant et marche par « à coups » avec des moteurs à cage. À la fermeture le courant peut atteindre $7 I_n$ . À l'ouverture il peut couper cette même intensité.	- Machines-outils, - Métallurgie, - Imprimerie, - Levage, - Embrayages, - Electro-aimants, - Électrovannes...
CATÉGORIE <b>AC3</b>	Elle concerne les moteurs à cage, la coupure du courant se faisant moteur lancé. À la fermeture le courant établi est de 5 à $7 I_n$ moteur. À la coupure, le courant est voisin de $I_n$ .	- Ascenseurs, escaliers roulants, - Malaxeurs, mélangeurs - Vannes, ventilateurs, - Climatisation, réfrigération, - Élévateurs à godets...

**Cas particuliers :**

ÉLIMINATION DES RÉSISTANCES ROTORIQUES	Le contacteur établit 1,5 à 2,5 $I_r$ lorsque la tension $U_r$ a pratiquement disparu.	- Tous les circuits rotoriques des moteurs à bagues.
COUPLAGE DE CONDENSATEURS	Le contacteur tient compte de la circulation des courants harmoniques en plus du courant $I_n$ . (Protection calibrée pour 1,3 à 1,4 $I_n$ )	- Relèvement du facteur de puissance par batterie de condensateurs.
ALIMENTATION DE TRANSFORMATEURS	Le contacteur doit établir 20 à 30 $I_n$ (Transformateur mis sous tension à vide)	- Tous les transformateurs monophasés ou triphasés.

**CATÉGORIES  
D'EMPLOI EN  
COURANT  
CONTINU**

**En courant continu :**

CATÉGORIE <b>DC1</b>	$\frac{U \text{ coupée}}{U_c = U_0}$   $\frac{I \text{ coupée}}{I_c = I_0}$   $\frac{P \text{ coupée}}{P_c = U_0 \cdot I_0}$	Constante de temps $L/R \leq 1 \text{ ms}$ Charges faiblement inductives.
CATÉGORIE <b>DC2</b>	$U_c = 0,1 U_0$   $I_c = I_0$   $P_c = 0,1 U_0 \cdot I_0$ $L/R \leq 15 \text{ ms}$	Moteur à excitation dérivation coupure du moteur lancé
CATÉGORIE <b>DC3</b>	$U_c = U_0$   $I_c = 2,5 I_0$   $P_c = 2,5 U_0 \cdot I_0$ $L/R \leq 15 \text{ ms}$	Moteur à excitation dérivation. Marche « à coups », inversion de marche.
CATÉGORIE <b>DC4</b>	$U_c = 0,3 U_0$   $I_c = I_0$   $P_c = 0,3 U_0 \cdot I_0$ $L/R \leq 15 \text{ ms}$	Moteur à excitation série coupure du moteur lancé.
CATÉGORIE <b>DC5</b>	$U_c = U_0$   $I_c = 2,5 I_0$   $P_c = 2,5 U_0 \cdot I_0$ $L/R \leq 15 \text{ ms}$	Moteur à excitation série. Marche « à coups », inversion du sens de marche.

**Cas particuliers :**

COUPURE EN COURS DE FREINAGE	$U_c = 1,5 U_0$   $I_c = 1,5 I_0$   $P_c = 2,25 U_0 \cdot I_0$	Tous moteurs avec coupure en cours de freinage à contre-courant.
------------------------------	--	--

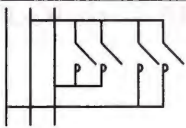
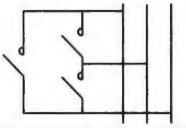
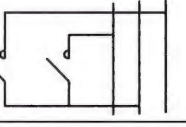
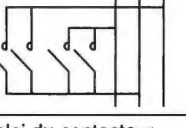
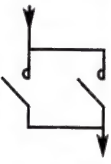
CORRECTION DU COURANT D'EMPLOI SUIVANT LE COUPLAGE DES PÔLES DU CONTACTEUR EN COURANT ALTERNATIF	Étoile		$I_e = I_r$	$U_e = 2 U_r$
	Triangle		$I_e = I_r / 1,4$	$U_e = \sqrt{3} U_r$
	En V		$I_e = I_r$	$U_e = \sqrt{3} U_r$
	En W		$I_e = I_r / 1,6$	$U_e = \sqrt{3} U_r$
<p><math>I_e</math> = courant d'emploi du contacteur      <math>I_r</math> = courant rotorique nominal  <math>U_e</math> = tension d'emploi du contacteur      <math>U_r</math> = tension rotorique nominale  2 pôles en parallèle multiplier le courant maximum supporté pour un pôle par 1,6  3 pôles en parallèle, multiplier par 2,25  4 pôles en parallèle, multiplier par 2,80</p>				

Fig. 28 – Cas des circuits rotoriques des moteurs à bagues.

CORRECTION SUIVANT LE COUPLAGE DES PÔLES DU CONTACTEUR EN COURANT CONTINU	Pôles en parallèle	<p>La durée de vie des contacteurs est donnée pour une puissance coupée et pour le nombre de pôles suivant le type du contacteur (Fig 37).</p> <p>La durée de vie peut éventuellement être multipliée par le nombre de pôles en parallèle affecté du coefficient 0,7 (Il faut équilibrer les courants traversant chaque pôle : voir ci-contre)</p>	
	Pôles en série	<p>La puissance coupée sera d'autant plus grande que le nombre de pôles en série sera grand.</p> <p><math>P</math> coupée totale = <math>P</math> coupée par un pôle multipliée par le nombre de pôles en série (Fig. 32, 33 et 37)</p>	

CORRECTION DU NOMBRE DE PÔLES SUIVANT  $L/R$

Pour une constante de temps  $\geq 15$  ms (mais inférieure à 30 ms), il faut corriger le nombre de manœuvres pour  $L/R = 15$  ms par  $15/\tau$  ( $\tau = L/R$ )

CIRCUIT DE COMMANDE	Tension de fonctionnement	<p>Tension sous laquelle la bobine du contacteur doit être alimentée.</p> <p>Elle dépend :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- de la sécurité désirée (contacts directs)</li> <li>- de la longueur des câbles (chute de tension en ligne)</li> </ul> <p>Généralement, la bobine peut fonctionner dans une fourchette de tension comprise entre <math>0,85 U_n</math> et <math>1,1 U_n</math></p>
	Temps de fonctionnement	<p>Exprimé en ms et donné par le constructeur (ouverture et fermeture). À tenir compte dans le cas de la recherche d'une sélectivité entre contacteurs associés à des relais de protection.</p>
	Contacts auxiliaires (§ 20.17.4.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Catégorie d'emploi AC11 en courant alternatif (puissance établie à <math>\cos \varphi = 0,7</math>) = (10 fois la puissance coupée à <math>\cos \varphi = 0,4</math>)</li> <li>- Catégorie d'emploi DC11 en courant continu (sur charge inductive telle que bobine d'électro-aimant)</li> <li>- Pouvoir de coupure et courant nominal thermique : mêmes définitions que pour les contacts principaux</li> <li>- Types de contacts auxiliaires : <ul style="list-style-type: none"> <li>- instantanés O, F, OF, FO</li> <li>- temporisés O, F</li> </ul> </li> </ul>

RÉFÉRENCES		LC1-K06	LC1-K09	LC1-D09	LC1-D12	LC1-D18	LC1-D25	LC1-D32	LC1-D40	LC1-D50	LC1-D65	LC1-D80	LC1-D95	
<b>CARACTÉRISTIQUES DU CIRCUIT DE PUISSANCE</b>														
Traitement de protection		« TH »												
Température de l'air sec ambiant	pour stockage	°C	- 60 à + 80											
	pour fonctionnement	°C	- 5 à + 55 (de 0,8 à 1,1 $U_c$ )											
	admissible	°C	- 40 à + 70, pour fonctionnement à $U_c$											
Altitude maximale d'utilisation		m	3 000 sans déclassement											
Inclinaison maximale sans déclassement		± 30° occasionnels, par rapport au plan vertical normal de montage												
Nombre de pôles			3	3 ou 4	3	3 ou 4	3	3 ou 4	3	3 ou 4	3	3 ou 4	3 ou 4	3
Courant assigné d'emploi	en AC-3 ( $\theta \leq 55$ °C)	A	6	9	9	12	18	25	32	40	50	65	80	95
	en AC-1 ( $\theta \leq 40$ °C)	A	20	20	25	25	32	40	50	60	80	80	125	125
Tension assignée d'emploi jusqu'à		V	690	690	690	690	690	690	690	690	690	690	690	690
Limites de fréquence du courant d'emploi		Hz	25 à 400	25 à 400	25 à 400	25 à 400	25 à 400	25 à 400	25 à 400	25 à 400	25 à 400	25 à 400	25 à 400	25 à 400
Courant thermique assigné $I_{th}$ ( $\theta \leq 40$ °C)		A	20	20	25	25	32	40	50	60	80	80	125	125
Pouvoir assigné de fermeture / efficace		A	-	-	250	250	300	450	550	800	900	1 000	1 100	1 200
Pouvoir assigné de coupure / efficace Série IEC 158 1	220-380-415-440 V	A	-	-	250	250	300	450	550	800	900	1 000	1 100	1 100
	500 V	A	-	-	175	175	250	400	450	800	900	1 000	1 100	1 100
	600-690 V	A	-	-	85	85	120	180	180	400	500	630	640	640
Courant temporaire admissible Si le courant était au préalable nul depuis 15 min. avec $\theta \leq 40$ °C	pendant 1 s	A	90	90	210	210	240	380	430	720	810	900	990	990
	pendant 5 s	A	-	-	130	130	185	290	340	420	520	660	800	800
	pendant 10 s	A	-	-	105	105	145	240	260	320	400	520	640	640
	pendant 30 s	A	-	-	76	76	105	155	175	215	275	340	420	420
	pendant 1 mn	A	-	-	61	61	84	120	138	165	208	260	320	320
	pendant 3 mn	A	-	-	44	44	58	80	92	110	145	175	210	210
	pendant 10 mn	A	-	-	30	30	40	50	60	72	84	110	135	135
Protection par fusibles contre les courts-circuits ( $U \leq 440$ V)														
- Circuit moteur (aM)		A	-	12	12	16	20	40	40	40	63	80	80	100
- Avec relais thermique (gG)		A	-	20	20	25	32	63	80	100	100	100	125	160
- Sans moteur		A	-	25	25	25	32	40	50	60	80	80	125	125
Impédance moyenne par pôle, à $I_{th}$ et 50 Hz		mΩ	-	-	2,5	2,5	2,5	2	2	1,5	1,5	1	0,8	0,8
Puissance dissipée par pôle pour courants d'emploi ci-dessus	AC-1	W	-	-	1,56	1,56	2,5	3,2	5	5,4	9,6	6,4	12,5	12,5
	AC-3	W	-	-	0,20	0,36	0,8	1,25	2	2,4	3,7	4,2	5,1	7,2

## CARACTÉRISTIQUES DU CIRCUIT DE COMMANDE

<b>Tension assignée de commande <math>U_c</math></b>		<b>V</b>	12 à 690		12 à 690					12 à 690					
<b>Limites de la tension (<math>\leq 55^\circ\text{C}</math>)</b>															
Bobines 50 ou 60 Hz	de fonctionnement		0,8 à 1,15 $U_c$		0,8 à 1,1 $U_c$					0,85 à 1,1 $U_c$					
	de retombée		0,3 à 0,6 $U_c$		0,3 à 0,6 $U_c$					0,3 à 0,6 $U_c$					
Bobines 50/60 Hz	de fonctionnement		0,85 à 1,1 $U_c$ à 60 Hz		0,85 à 1,1 $U_c$ à 60 Hz					0,85 à 1,1 $U_c$ à 60 Hz					
<b>Consommation moyenne à 20 °C sous <math>U_c</math></b>															
Courant alternatif	Appel	bobines 50/60 Hz	<b>VA</b>	30	30	60	60	60	90	90	200	200	200	200	200
		cos $\varphi$		0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
50 Hz	Maintien	bobines 50/60 Hz	<b>VA</b>	4,5	4,5	7	7	7	7,5	7,5	20	20	20	20	20
		cos $\varphi$		0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
<b>Dissipation thermique en 50 Hz</b>			<b>W</b>	1,3	1,3	2 à 3	2 à 3	2 à 3	2,5 à 3,5	2,5 à 3,5	6 à 10	6 à 10	6 à 10	6 à 10	6 à 10
<b>Temps de fonctionnement moyen à <math>U_c</math></b>	fermeture « F »		<b>ms</b>	12 à 22	12 à 22	12 à 22	12 à 22	12 à 22	15 à 24	15 à 24	20 à 26	20 à 26	20 à 26	25 à 35	25 à 35
	ouverture « F »		<b>ms</b>	4 à 12	4 à 12	4 à 12	4 à 12	4 à 12	5 à 19	5 à 19	8 à 12	8 à 12	8 à 12	6 à 20	6 à 20
Le temps de fonctionnement depuis la mise sous tension au circuit d'alimentation de la bobine jusqu'à l'entrée en contact des sommets principaux. Le temps d'ouverture « O » depuis l'instant où le circuit de la bobine est coupé jusqu'à la séparation des contacts principaux.															
<b>Durée de vie mécanique</b> (à $U_c$ ) en millions de cycles de manœuvre	Bobines 50 ou 60 Hz			20	20	20	20	20	16	16	16	16	16	10	10
	Bobines 50/60 Hz en 50 Hz			-	-	15	15	15	12	12	6	6	6	4	4
<b>Cadence maximale</b> de cycles de manœuvres mécaniques (température ambiante $\leq 55^\circ\text{C}$ )			<b>cycles man/h</b>	3 600	3 600	3 600	3 600	3 600	3 600	3 600	3 600	3 600	3 600	3 600	3 600

## CARACTÉRISTIQUES DES CONTACTS AUXILIAIRES

<b>Courant thermique assigné (<math>\theta \leq 50^\circ\text{C}</math>)</b>	<b>A</b>	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
<b>Tension assignée d'emploi</b>	<b>V</b>	690	690	690	690	690	690	690	690	690	690	690	690	690
<b>Protection contre les courts-circuits</b>	<b>A</b>	Par cartouches-fusibles type gG calibre 10 A												

## CARACTÉRISTIQUES DES BLOCS D'ACCROCHAGE MÉCANIQUE

Montage sur		-	-	LC1-D09 à D32				LC1-D09 à D65			LC1-D80 et D95			
<b>Tension assignée d'isolement</b>	<b>V</b>	-	-	690				690			690			
<b>Tension assignée du circuit de commande</b>														
	50-60 Hz	<b>V</b>	-	-	12 à 690				12 à 690			12 à 690		
<b>Puissance nécessaire au décrochage</b>	<b>VA</b>	-	-	25				25			25			
<b>Cadence maximale</b>	<b>cycles man/h</b>	-	-	1 200				1200			1200			
<b>Durée de vie mécanique</b> (à $U_c$ ) : 1 million de cycles de manœuvres				-				Commande du déclenchement manuelle ou électrique (par impulsion ou maintenue). La mise sous tension simultanée et maintenue du bloc à accrochage et du LC1-D est à proscrire. Autocoupure électrique de la bobine après 15 ms. Durée d'impulsion de commande > 10 ms. Les blocs à accrochage possèdent en outre 1 contact « O » d'autocoupure de la bobine du contacteur d'impulsion : temps de fonctionnement du contacteur + 20 ms.						

**Note** : Les inverseurs avec condamnation mécanique prennent la référence LC2-D\*\* à la place de LC1-D\*\*

**20.5.4.  
CHOIX DES  
CONTACTEURS  
SUIVANT LA  
CATÉGORIE  
D'EMPLOI**

**Courant d'emploi maximal (pour une fréquence de manœuvres de 600 cycles par heure)**

Taille des contacteurs	LC1-D09	LC1-D12	LC1-D18	LC1-D25	LC1-D32	LC1-D40	LC1-D50	LC1-D65	LC1-D80	LC1-D95	
Avec section de câble (mm <sup>2</sup> )	4	4	6	10	10	16	25	25	50	50	
Courant d'emploi AC1 en A, à température ambiante	≤ 40 °C A	25	25	32	40	60	60	80	80	125	125
	≤ 55 °C A	20	20	26	32	44	55	70	70	100	100
	≤ 70 °C A	17	17	22	28	35	42	56	56	80	80

**Augmentation du courant d'emploi par mise en parallèle des pôles**

Appliquer aux courants ci-dessus les coefficients suivants qui tiennent compte d'un partage souvent inégal du courant entre les pôles :  
 2 pôles en parallèle :  $k = 1,6$  - 3 pôles en parallèle :  $k = 2,25$  - 4 pôles en parallèle :  $k = 2,8$ .

**Puissance nominale d'emploi**

Puissance nominale d'emploi (en triphasé pour température ambiante $\theta \leq 40$ °C)	220/230 V kW	240 V kW	380/400 V kW	415 V kW	440 V kW	500 V kW	660/690 V kW	9	9	11	12	18	21	29	29	45	45
								9	9	11	12	18	21	29	29	45	45
								15	15	20	25	31	37	50	50	78	78
								17	17	21	27	34	41	54	54	85	85
								18	18	23	29	35	43	58	58	90	90
								20	20	23	33	41	49	65	65	102	102
								27	27	34	43	54	65	86	86	135	135

**Fig. 29 – Courant d'emploi maximal et puissance nominale d'emploi en catégorie AC1.**

**Courant et puissance d'emploi (température ambiante  $\leq 55$  °C)**

Taille des contacteurs	LC1-D09	LC1-D12	LC1-D18	LC1-D25	LC1-D32	LC1-D40	LC1-D50	LC1-D65	LC1-D80	LC1-D95	
Courant d'emploi AC3 maximal $\leq 440$ V A	9	12	18	25	32	40	50	65	80	95	
Puissance nominale d'emploi	220/230 V kW	2,2	3	4	5,5	7,5	11	15	18,5	22	25
	240 V kW	2,2	3	4	5,5	7,5	11	15	18,5	22	25
	380/400 V kW	4	5,5	7,5	11	15	18,5	22	30	37	45
	415 V kW	4	5,5	9	11	15	22	25	37	45	45
(Puissances normalisées des moteurs)	440 V kW	4	5,5	9	11	15	22	36	37	45	45
	500 V kW	5,5	7,5	10	15	18,5	22	30	37	55	66
	580/690 V kW	5,6	7,6	10	15	18,5	30	33	37	45	45

**Fréquences maximales de manœuvres (cycles de manœuvres/heure)**

Facteur de marche	Puissance d'emploi	LC1-D09	LC1-D12	LC1-D18	LC1-D25	LC1-D32	LC1-D46	LC1-D50	LC1-D65	LC1-D80	LC1-D95
$\leq 85$ %	P	1 200	1 200	1 200	1 200	1 000	1 000	1 000	1 000	750	750
$\leq 35$ %	0,5 P	3 000	3 000	2 600	2 500	2 500	2 500	2 500	2 500	2 000	2 000
$\leq 25$ %	P	1 800	1 800	1 800	1 800	1 200	1 200	1 200	1 200	1 200	1 200

**Fig 30 – Courant d'emploi maximal et puissance nominale d'emploi en catégorie AC2.**

**Courant coupé maximal (A)**

Taille des contacteurs	LC1-D09	LC1-D12	LC1-D18	LC1-D25	LC1-D32	LC1-D40	LC1-D50	LC1-D65	LC1-D80	LC1-D95
En catégorie AC4 ( $I_b$ max.)	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
$U_b \leq 440$ V										
$I_b$ max = 6 / en AC3	54	72	108	150	192	240	300	390	480	570
440 V $\leq U_b \leq 690$ V										
$I_b$ max	40	50	70	90	160	160	170	210	250	250
En fonction de la fréquence maximale de cycles de manœuvres et du facteur de marche. $\theta \leq 55$ °C										
de 150 et 15 % à 300 et 10 %	30	40	45	75	80	110	140	150	200	200
de 150 et 20 % à 600 et 10 %	27	36	40	67	70	96	120	148	170	170
de 150 et 30 % à 1200 et 10 %	24	30	35	56	60	80	100	132	145	145
de 150 et 55 % à 2400 et 10 %	19	24	30	45	50	62	80	110	120	120
de 150 et 85 % à 3800 et 10 %	16	21	25	40	45	53	70	90	100	100

**Fig. 31 – Courant coupé maximal en fonction du service en catégorie AC2 et AC4**

**Courant assigné d'emploi  $I_n$  en ampères**

CHARGES RÉSISTIVES	Tension assignée d'emploi $U_n$	Nombre de pôles à mettre en série	Calibre du contacteur									
			LC1- D09	LC1- D12	LC1- D18	LC1- D25	LC1- D32	LC1- D40	LC1- D50	LC1- D65	LC1- D80	LC1- D95
Constante de temps $L/R \leq 1$ ms	24 V	1	15	15	15	30	30	40	50	50	70	70
		2	18	18	18	32	32	55	70	70	100	100
		3	20	20	20	32	32	55	70	70	100	100
		4 (1)	-	20	-	32	-	55	-	70	100	-
	48/75 V	1	12	12	12	25	25	25	25	25	25	25
		2	17	17	17	30	30	55	70	70	100	100
		3	20	20	20	32	32	55	70	70	100	100
		4 (1)	-	20	-	32	-	55	-	70	100	-
	125 V	1	6	6	8	8	8	8	8	8	8	8
		2	12	12	12	25	25	40	50	60	80	80
		3	15	15	15	27	27	45	60	65	85	85
		4 (1)	-	17	-	30	-	55	-	70	100	-
	225 V	1	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5
		2	8	8	8	15	15	35	40	40	45	45
		3	10	10	10	22	22	40	50	50	55	55
		4 (1)	-	12	-	25	-	50	-	60	70	-
	300 V	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		4 (1)	12	12	-	25	-	40	-	60	70	-
	460 V	4 (1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

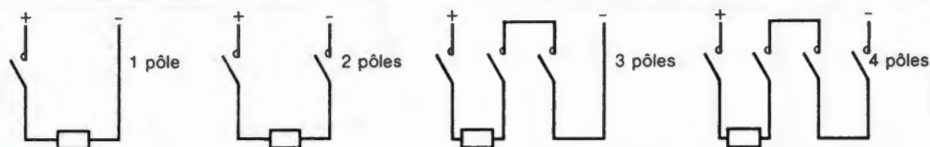
**Fig. 32 – Courant d'emploi en catégorie DC1.**

**Courant assigné d'emploi  $I_n$  en ampères**

CHARGES INDUCTIVES	Tension assignée d'emploi $U_n$	Nombre de pôles à mettre en série	Calibre du contacteur									
			LC1- D09	LC1- D12	LC1- D18	LC1- D25	LC1- D32	LC1- D40	LC1- D50	LC1- D65	LC1- D80	LC1- D95
Constante de temps $L/R \leq 15$ ms	24 V	1	12	12	12	20	20	25	35	35	40	40
		2	15	15	25	25	25	30	45	45	60	60
		3	18	18	18	30	30	45	55	55	80	80
		4 (1)	-	18	-	30	-	50	-	60	90	-
	48/75 V	1	10	10	10	15	15	15	15	15	15	15
		2	12	12	12	20	20	25	40	40	50	50
		3	15	15	15	30	30	40	50	50	70	70
		4 (1)	-	15	-	30	-	50	-	60	90	-
	125 V	1	2	2	2	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
		2	8	8	8	15	15	20	25	25	40	40
		3	12	12	12	20	20	30	35	35	60	60
		4 (1)	-	15	-	25	-	40	-	50	72	-
	225 V	1	0,75	0,75	0,75	1	1	1	1	1	1	1
		2	1,5	1,5	1,5	3	3	4	5	5	7	7
		3	6	6	6	10	10	20	25	25	35	35
	300 V	4 (1)	-	8	-	15	-	25	-	30	40	-
		3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	460 V	4 (1)	-	6	-	10	-	20	-	25	35	-
		4 (1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(1) Sauf LC1, D09, D18, D32, D50, D95 qui n'existent pas en 4 pôles.

**Fig. 33 – Courant d'emploi en catégorie DC2, DC3, DC4 et DC5.**

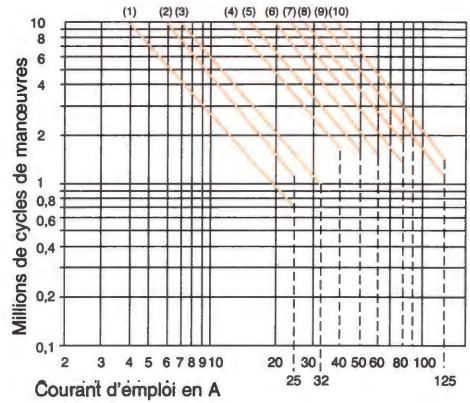


**Fig. 34 – Câblage de pôles en série.**

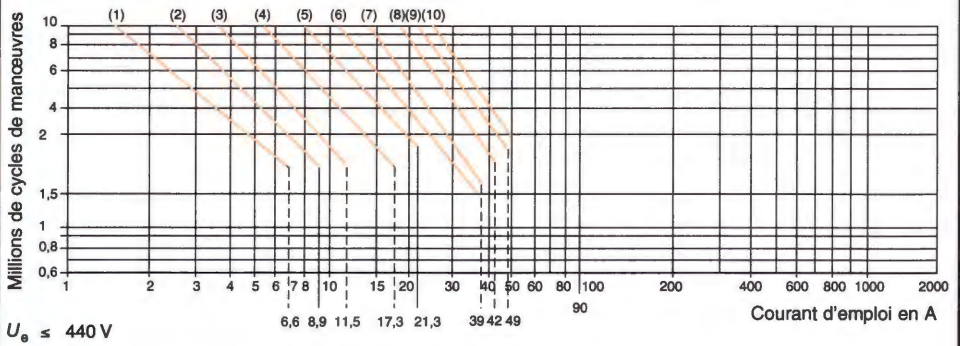
**20.5.5.  
CHOIX DES  
CONTACTEURS  
SUIVANT LA  
DURÉE DE VIE  
ÉLECTRIQUE**

$U_c \leq 440 \text{ V}$   
 $\cos \varphi \geq 0,95$

– Le courant coupé  $I_c$  est égal au courant  $I_e$  normalement absorbé par la charge.



**Fig. 35 – Durée de vie électrique en catégorie AC1.**

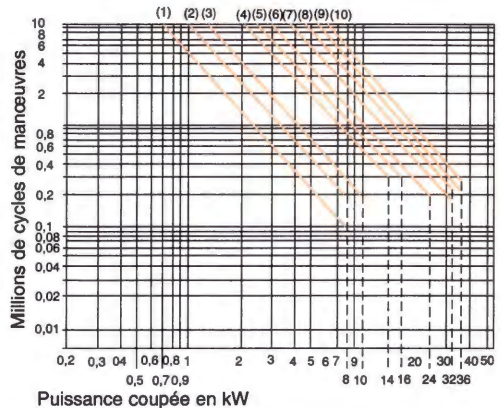


$U_e \leq 440 \text{ V}$

- Commande de moteurs triphasés asynchrones à cage (AC-4) ou à bagues (AC-2) une coupure à « moteur calé ».
- Le courant  $I_c$  en AC4 est égal à  $6 I_e$ .

**Fig. 36 – Durée de vie électrique en catégorie AC2-AC4.**

Pour les autres catégories, corriger la puissance coupée comme indiqué au § 20.5.2

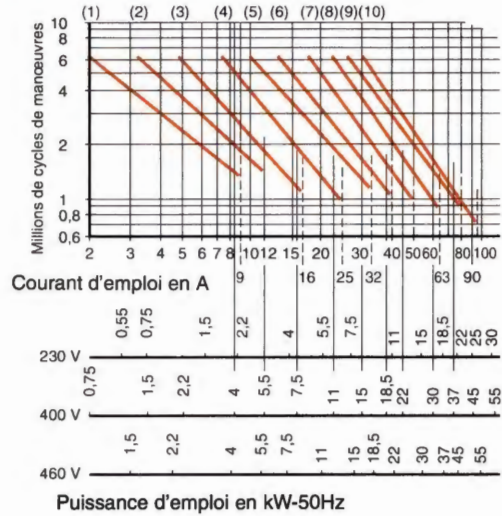


**Fig. 37 – Durée de vie électrique en catégorie DC1.**

$U_e \leq 440 \text{ V}$

– Commande de moteurs triphasés asynchrones à cage avec coupure « moteur lancé »

Le courant  $I_c$  coupé en AC-3 est égal au courant nominal  $I_n$  absorbé par le moteur.



- |                             |                             |                              |
|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| (1) Contacteur LC1, LP1-D09 | (5) Contacteur LC1, LP1-D32 | (8) Contacteur LC1, LP1-D65  |
| (2) Contacteur LC1, LP1-D12 | (6) Contacteur LC1, LP1-D40 | (9) Contacteur LC1, LP1-D80  |
| (3) Contacteur LC1, LP1-D18 | (7) Contacteur LC1, LP1-D50 | (10) Contacteur LC1, LP1-D95 |
| (4) Contacteur LC1, LP1-D25 |                             |                              |

Fig. 38 – Durée de vie électrique en catégorie AC3.

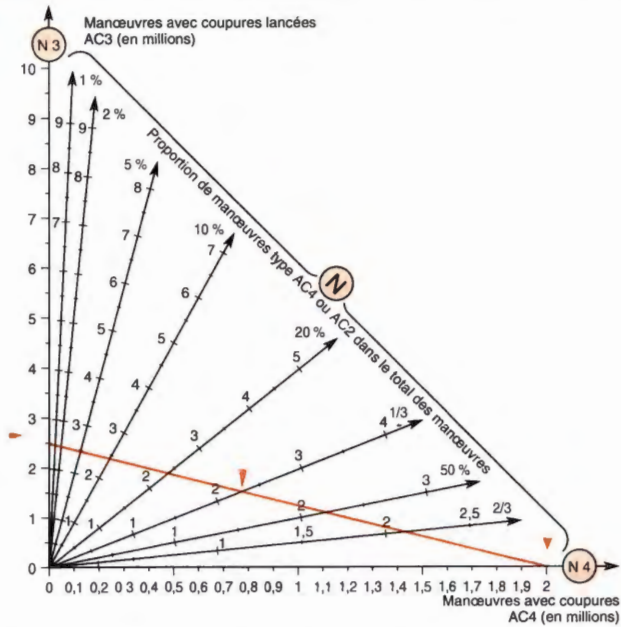


Fig. 39 – Service mixte avec coupure pendant le démarrage ou le freinage ou après le démarrage.

- L'abaque permet le choix ou la définition de la durée de vie électrique d'un contacteur en service mixte.
- Méthode de résolution :
  - porter en N3 le nombre de manoeuvres (en AC3) si elles étaient toutes effectuées en AC3 ;
  - porter en N4 le nombre de manoeuvres (en AC4) si elles étaient toutes effectuées en AC4 ;
  - tracer la droite liant ces deux points et lire l'endurance électrique N résultante à l'intersection de cette droite et de l'axe oblique donnant le pourcentage de manoeuvres AC4.

**20.5.6.  
EXEMPLES DE  
CHOIX DE  
CONTACTEURS**

<b>EXEMPLE 1</b> (à partir du courant)	Choix d'un contacteur alimentant un moteur de 15 kW sous 400 V 50 Hz. Télécommande en alternatif ( $t_a = 40\text{ °C}$ ) (Moteur à cage, coupure moteur lancé)	$I_0 = 30\text{ A}$ en AC3 (Fig. 13) La Fig. 30 indique un contacteur : <b>LC1-D32</b> .
<b>EXEMPLE 2</b> (à partir du courant)	Choix d'un contacteur alimentant un moteur de 22 kW sous 230 V 50 Hz. Télécommande en alternatif ( $t_a = 40\text{ °C}$ ) (Moteur à bagues, coupure moteur lancé)	$I_0 = 75\text{ A}$ en AC2 (Fig. 13) $I_c = 6 I_0$ en AC3 $I_c = 6 \times 75 = 450\text{ A}$ Le tableau (Fig. 31) indique un contacteur <b>LC1-D80</b> .
<b>EXEMPLE 3</b> (à partir du courant)	Choix d'un contacteur alimentant un réseau 230/400 V 50 Hz 75 kVA Température ambiante : 40 °C Télécommande en alternatif.	$I_0 = 75\ 000 / (400 \times \sqrt{3}) = 108\text{ A}$ $I_0 = 108\text{ A}$ en AC1 La Fig. 29 indique un contacteur : <b>LC1-D80</b> .
<b>EXEMPLE 4</b> (à partir de la catégorie d'emploi)	Choix d'un contacteur alimentant un réseau monophasé 230 V 50 Hz 50 kVA. Température ambiante : 40 °C	$I_0 = 50\ 000 / 230 = 218\text{ A}$ en AC1 La Fig. 29 indique soit un contacteur - <b>LC1-D80</b> pour 3 pôles en parallèle - <b>LC1-D65</b> pour 4 pôles en parallèle ( $k = 2,25$ $I_0 = 218 / 2,25 = 97\text{ A}$ ) ( $k = 2,8$ $I_0 = 218 / 2,8 = 78\text{ A}$ )
<b>EXEMPLE 5</b> (à partir de la catégorie d'emploi)	Choix d'un contacteur alimentant un moteur à cage 10 kW 1 500 min <sup>-1</sup> sous 400 V 50 Hz. 200 manœuvres/h ; facteur de marche 25 % Température ambiante : 45 °C Choix en AC3 puis en AC4	En AC3 la Fig. 30 indique un contacteur <b>LC1-D25</b> . - Moteur 10 kW $I_d/I_n = 6,8$ (§ 11.1.5.3.) $I_d = 20 \times 6,8 = 136\text{ A}$ coupés en AC4 La Fig. 31 indique : 150 man/h → $m = 30\%$ } 200 man/h 1 200 man/h → $m = 10\%$ } 28,6 % Ce service donne un contacteur <b>LC1-D80</b>
<b>EXEMPLE 6</b> (à partir de la catégorie d'emploi)	Choix d'un contacteur alimentant un moteur à excitation série 3 kW 220 V. Température ambiante 40 °C Télécommande en alternatif.	$I_0 = 15\text{ A}$ en DC4 (§ 20.5.2.) (coupure moteur lancé) Fig. 33 - télécommande en ~ : contacteur <b>LC1-D25</b> (4 pôles) ou contacteur <b>LC1-D40</b> (3 pôles)
<b>EXEMPLE 7</b> (à partir de la durée de vie)	Choix d'un contacteur alimentant un moteur de 15 kW sous 400 V 50 Hz Cadence 250 manœuvres/h 7 h/jour - durée de vie souhaitée : 5 ans moteur à cage 20 % des manœuvres coupent $3,3/I_n$	$I_0 = 30\text{ A}$ en AC3 (§ 11.1.5.3.) Le contacteur doit assurer : 250 × 7 × 250 × 5 = 2,2 millions de manœuvres en service mixte. Choix : contacteur <b>LC1-D40</b> La Fig. 38 indique : 30 A en AC3 → 2,8 millions de manœuvres La Fig. 36 indique : 30 A en AC4 → 2 millions de manœuvres La Fig. 39 indique : 2,5 millions de manœuvres <b>(ce contacteur convient)</b>
<b>EXEMPLE 8</b> (à partir de la durée de vie)	Choix d'un contacteur alimentant un moteur série (marche par « à coups ») 3 kW 200 V (3 kW absorbés) On désire 2 millions de manœuvres	$I_0 = 15\text{ A}$ en DC5 $P_c = U_0 \times I_0 \times 2,5 = 7,5\text{ kW}$ (§ 20.5.2.) La Fig. 33 indique un contacteur <b>LC1-D40</b> (3 pôles) La Fig. 37 indique un contacteur <b>LC1-D50</b> (3 pôles) Le contacteur <b>LC1-D40</b> n'assure que 1,8 millions de manœuvres
<b>EXEMPLE 9</b>	Choix d'un contacteur pour couplage de condensateurs triphasés 45 kVAR 400 V 50 Hz ( $t_a = 55\text{ °C}$ )	$I_c = 45\ 000 / 400 \cdot \sqrt{3} = 65\text{ A}$ $I_0 = 65 \times 1,4$ (§ 20.5.2.) $I_0 = 91\text{ A}$ La Fig. 29 indique un contacteur <b>LC1-D80</b>

## 20.6. LA PROTECTION CONTRE LES COURTS-CIRCUITS ET LES SURCHARGES

(D'après SCHNEIDER-ÉLECTRIC)

(1) sauf si les fusibles sont à percuteur agissant sur un DPMM (§ 20.1.4.)  
(2) sauf relais spécial (temporisé)  
(3) si le pouvoir de coupure du contacteur est suffisant.

TYPE DE PROTECTION	APPAREILS	FUSIBLES	RELAIS THERMIQUE	RELAIS MAGNÉTIQUE	RELAIS	DISPOSITIF À SONDES	DISCONTACTEUR avec		
	(F)	(RT)	(RM)	(RMT)	(RMT)	(RT)	(RM)	(RMT)	
Protection contre les surcharges (2 à 3 $I_n$ )	non	oui	non	oui	oui	oui	non	oui	
Protection contre les courts-circuits	oui	non	oui (3)	oui (3)	non	non	oui (3)	oui (3)	
Protection contre la marche monophasée	non (1)	oui	non	oui	oui	oui	non	oui	
Protection des moteurs à inertie	non	non (2)	non (2)	non (2)	oui	non (2)	non (2)	non (2)	
Protection du personnel, isolement	oui	non	non	non	non	non	non	non	

Fig. 40 – Critères de protection.

ÉLÉMENTS DE CHOIX D'UNE PROTECTION

CORRECTION SUIVANT LA TEMPÉRATURE AMBIANTE

La température ambiante peut jouer sur la déformation des bilames des relais thermiques. Pour éviter cet inconvénient, les relais peuvent être du type compensés (à préciser à la commande).

PROTECTION CONTRE LA MARCHE MONOPHASÉE

En cas de coupure de phase sur l'alimentation des moteurs triphasés les relais thermiques ouvrent de circuit de commande s'ils sont du type différentiels (à préciser à la commande).

**Note :** – les relais thermiques peuvent être compensés et différentiels.  
– dans le cas d'une protection des circuits de distribution déséquilibrée choisir un relais compensé seulement.

COURANT D'EMPLOI ET DE RÉGLAGE

Le courant d'emploi  $I_e$  doit être compris dans la plage de réglage du relais thermique. Le courant de réglage  $I_r$  est réglé sur la valeur  $I_e$ .

NOMBRE DE CONTACTS

Cas des relais thermiques : constitués généralement de 1 « O » + 1 « F » à accrochage  
Cas des relais magnétiques : constitués généralement de 1 « O » + 1 « F » instantanés

RÉARMEMENT À DISTANCE

Adjonction possible pour relais thermiques et pour relais magnétiques.

PROTECTION DES MOTEURS (DÉMARRAGE)

Assurée par des relais temporisateurs thermiques. Ils contrôlent la durée de la mise sous tension des résistances de démarrage des moteurs et assurent la protection contre les démarrages plus longs et plus nombreux que prévus. Voir circuit de commande des démarreurs statoriques, rotoriques et par autotransformateurs (§ 11.1.8.).

TENSION NOMINALE

C'est la tension qui peut être supportée en permanence par le relais. (Cette tension est aussi appelée tension nominale d'isolement).

NATURE DU COURANT

Les relais fonctionnent en courant continu et en courant alternatif. Seuls les relais alimentés par transformateurs de courant ne fonctionnent qu'en courant alternatif.

CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES

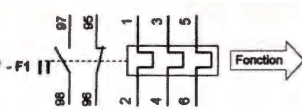
Circuit de puissance : 660 V.  
Fréquence : 0 à 60 Hz pour  $I < 160$  A ; 50 à 60 Hz pour  $I \geq 160$  A  
Circuit de commande :  $I_{th} = 10$  A – 500 V.

# 20.7. LE RELAIS DE PROTECTION THERMIQUE (D'après SCHNEIDER-ELECTRIC)

20.7.1.  
FORME,  
SYMBOLE ET  
FONCTION  
D'USAGE



Représentation  
graphique



Fonction

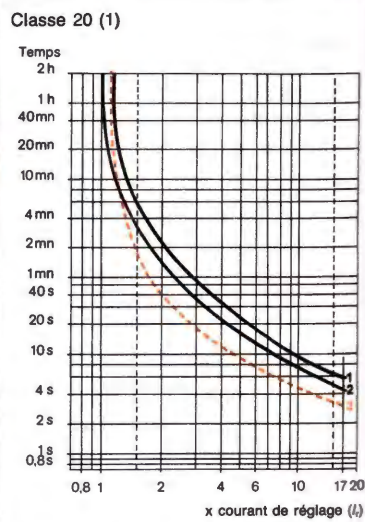
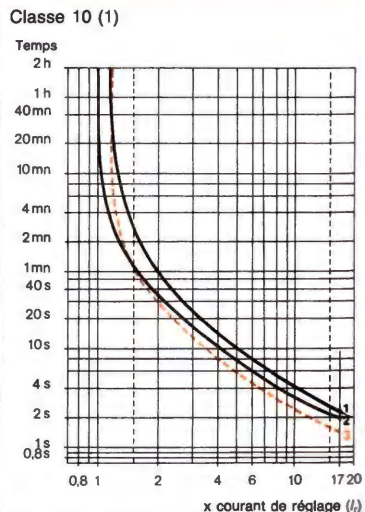
Protéger les circuits, protéger les  
moteurs, contre les surcharges,  
les coupures de phases,  
les démarrages trop longs

Relais thermique tripolaire +1 « O » +1 « F »

## CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES

Zone de réglage au relais choisi	Fusibles à associer au relais choisi		Type	Pour montage sous contacteur LC1	Référence
	aM	gG			
<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>			
<b>Classe 10 (1)</b>					
0,10 – 0,16	0,25	2	D09 – D38	LRD – 01	
0,16 – 0,25	0,5	2	D09 – D38	LRD – 02	
0,25 – 0,40	1	2	D09 – D38	LRD – 03	
0,40 – 0,63	1	2	D09 – D38	LRD – 04	
0,63 – 1	2	4	D09 – D38	LRD – 05	
1 – 1,7	2	4	D09 – D38	LRD – 06	
1,6 – 2,5	4	6	D09 – D38	LRD – 07	
2,5 – 4	6	10	D09 – D38	LRD – 08	
4 – 6	8	16	D09 – D38	LRD – 10	
5,5 – 8	12	20	D09 – D38	LRD – 12	
7 – 10	12	20	D09 – D38	LRD – 14	
9 – 13	16	25	D12 – D38	LRD – 16	
12 – 18	20	35	D18 – D38	LRD – 21	
16 – 24	25	50	D25 – D38	LRD – 22	
23 – 32	40	63	D25 – D38	LRD – 32	
30 – 38	50	80	D32 – D38	LRD – 35	
17 – 25	25	50	D40 – D95	LRD – 3322	
23 – 32	40	63	D40 – D95	LRD – 3353	
30 – 40	40	100	D40 – D95	LRD – 3355	
37 – 50	63	100	D40 – D95	LRD – 3357	
48 – 65	63	100	D50 – D95	LRD – 3359	
55 – 70	80	125	D50 – D95	LRD – 3361	
63 – 80	80	125	D65 – D95	LRD – 3363	
80 – 104	100	160	D80 – D95	LRD – 3365	

## COURBES DE DÉCLENCHEMENT



20.7.2.  
RELAIS  
TRIPOLAIRES  
DE PROTECTION  
THERMIQUE  
(EXEMPLE DE  
FICHE  
TECHNIQUE)

<b>Classe 20 (1)</b>					
2,5 – 4	6	10	D09 – D32	LR2 – D1508	
4 – 6	8	16	D09 – D32	LR2 – D1510	
5,5 – 8	12	20	D09 – D32	LR2 – D1512	
7 – 10	16	20	D09 – D32	LR2 – D1514	
9 – 13	16	25	D12 – D32	LR2 – D1516	
12 – 18	25	32	D18 – D32	LR2 – D1521	
17 – 25	32	60	D25 – D32	LR2 – D1522	
17 – 25	32	50	D40 – D95	LR2 – D3522	
23 – 32	40	63	D40 – D95	LR2 – D3553	
30 – 40	50	100	D40 – D95	LR2 – D3555	
37 – 50	63	130	D50 – D95	LR2 – D3557	
48 – 65	80	135	D50 – D95	LR2 – D3559	
55 – 70	100	125	D65 – D95	LR2 – D3561	
63 – 80	130	160	D80 – D95	LR2 – D3563	

- Définit la durée de déclenchement à  $7,2 I_r$   
Classe 10 : comprise entre 2 et 10 secondes.  
Classe 20 : comprise entre 5 et 20 secondes.
- Utilisés également pour la protection des circuits de distribution.  
Coordination § 20.1.4.

Fig. 40 – Caractéristiques des relais de protection thermique.

- Fonctionnement équilibré, 3 phases, sans passage préalable du courant (à froid).
- Fonctionnement sur les 2 phases, sans passage préalable du courant (à froid).
- Fonctionnement équilibré, 3 phases après passage prolongé de courant de réglage (à chaud).

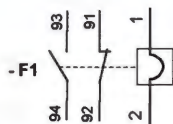
Les relais tripolaires de protection thermique sont destinés à la protection des circuits et des moteurs alternatifs contre les surcharges, les coupures de phases, les démarrages trop longs et les calages prolongés du moteur. Ils sont :  
 – compensés (compensation d'ambiance de  $-15\text{ °C}$  à  $+55\text{ °C}$ ) ;  
 – différentiels (coupure de phase) ;  
 – à réarmement manuel ou automatique (commande à distance) ;  
 – avec visualisation du déclenchement ;  
 – à montage sous contacteur ou à montage séparé (adjonction d'un bornier support : LA7 D2064).  
 L'association d'un contacteur et d'un relais thermique est appelée couramment discontacteur.

## 20.8. LE RELAIS DE PROTECTION MAGNÉTIQUE (D'après SCHNEIDER-ELECTRIC)

### 20.8.1. FORME, SYMBOLE ET FONCTION D'USAGE



Représentation graphique



Fonction

Protéger les circuits contre les courts-circuits, Protéger les moteurs contre les fortes surcharges

Relais électromagnétique unipolaire Sans accrochage + 1 « O » + 1 « F »

### CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES

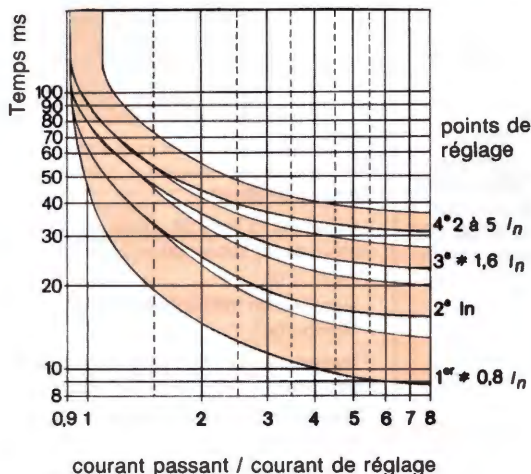
Son fonctionnement est instantané et ne peut être qu'occasionnel (12 manœuvres par heure).

#### Avec 1 bloc de contact « OF » sans accrochage

Zone d'emploi recommandée ( $I_n$ moteur)	Limites de réglage (courant de déclenchement)	Intensité maximale permanente $\sim$ ou $---$	Référence
0,70 à 1,15	1,25 à 4	1,6	RM1-XA001
1,16 à 1,8	2 à 6,3	2,5	RM1-XA002
1,9 à 2,9	3,2 à 10	4	RM1-XA004
3 à 4,6	5 à 16	6,3	RM1-XA006
4,7 à 7,2	8 à 25	10	RM1-XA010
7,3 à 11,5	12,5 à 40	16	RM1-XA016
11,6 à 18	20 à 63	25	RM1-XA025
18,1 à 29	32 à 100	40	RM1-XA040
29,1 à 46	50 à 160	63	RM1-XA063
46,1 à 72	80 à 250	100	RM1-XA100
73 à 115	125 à 400	160	RM1-XA160
116 à 145	160 à 500	200	RM1-XA200
146 à 230	250 à 800	315	RM1-XA315
231 à 360	400 à 250	500	RM1-XA500
361 à 630 $\sim$	630 à 2 200 $\sim$	1 000	RM1-XA101
351 à 570 $---$	630 à 2 000 $---$	1 000	RM1-XA101

### 20.8.2. RELAIS ÉLECTRO-MAGNÉTIQUE UNIPOLAIRE À MAXIMUM DE COURANT (EXEMPLE DE FICHE TECHNIQUE)

Courbes de déclenchement du relais magnétique suivant le point de réglage et la surcharge //  $I_r$ .



Pour bloc de contact « OF » à accrochage, ajouter 1 aux références ci-dessus.

#### APPLICATION :

Choix de l'appareillage de protection pour un moteur de 15 kW alimenté en 3 x 400 V 50 Hz  
Protection magnétique à  $4 I_n$ . Démarrage par autotransformateur ( $t_d = 10$  s)

Le § 20.4.4. (Fig. 13) donne  $I_n = 30$  A sous 400 V et 3 fusibles aM 32 (taille 14 x 51)

Le § 20.2.3. indique un sectionneur de référence : GK1.EM.

Le § 20.5.6. (Exemple 1) indique un contacteur de référence. LC1-D32

Le § 20.7.2. indique un relais tripolaire de protection thermique de référence : LRD-32. Il sera réglé à 30 A.

Les fusibles aM 32 assurent sa protection (< 40 A). Il laisse passer la surcharge de  $4 I_r$  pendant 10 s.

Le § 20.8.3. indique un relais magnétique de référence. RM1-XA063 réglé à  $4 \times 30 = 120$  A.

# 20.9. LE RELAIS DE PROTECTION MULTIFONCTION

(D'après SCHNEIDER ELECTRIC)

## 20.9.1. FORME, SYMBOLE ET FONCTION D'USAGE

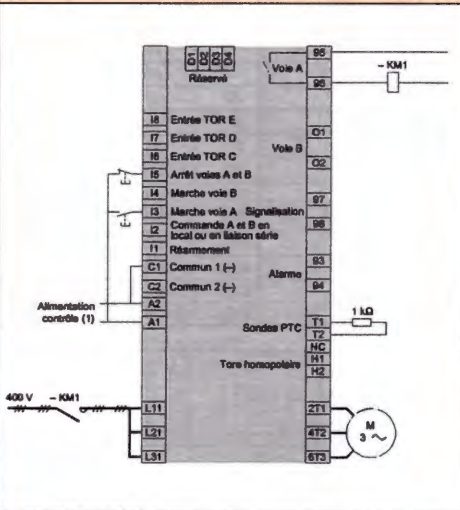


Cet appareil protège contre :

- les surcharges par la mesure des courants,
- le dépassement de la température interne de la machine (sondes PTC),
- les déséquilibres et l'absence de phases,
- le courant de fuite à la terre,
- la marche à vide et le démarrage long,
- le surcouple et le blocage du rotor,
- l'inversion du sens de rotation des phases,
- le  $\cos \varphi$  trop faible...

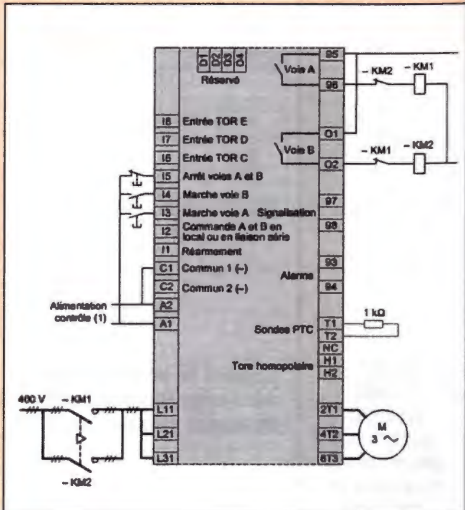
### Démarrage direct

Par les entrées TOR du relais LT6



### Démarrage inverseur

Par les entrées TOR du relais

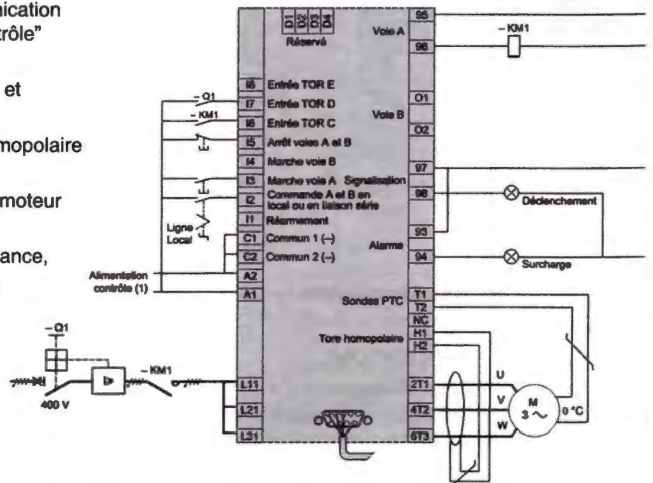


## 20.9.2. SCHÉMAS D'APPLICATION D'UN RELAIS MULTIFONCTION (type LT6 P)

### Démarrage direct :

Il se fait par la ligne de communication (liaison série) "alimentation contrôlée" avec :

- signalisation "déclenchement" et "surcharge".
- mesure de la composante homopolaire par tore,
- mesure de la température du moteur par sondes PTC,
- état des constituants de puissance,
- paramétrage des voies A et B en direct et en inverseur,
- possibilité de commande par entrées tout ou rien en position local ou par la ligne de communication (liaison série).



(1) dans le cas d'une alimentation continue, les entrées I1 à I8 doivent être raccordées à la polarité positive.

**20.9.3.  
LE RELAIS  
MULTIFONCTION  
(EXEMPLE  
DE FICHE  
TECHNIQUE  
type LT6 P)**

Caractéristiques	Activées en usine	Activées ou désactivées par liaison série	Désignation des paramètres	Valeurs initiales	Plage de réglage accessible par liaison série
<b>CIRCUIT DE PUISSANCE :</b>					
Tension assignée d'isolement	x	–	V	690	–
Courant assigné d'emploi	x	–	A	1-5-25	–
<b>CIRCUIT DE CONTRÔLE :</b>					
Tension assignée d'isolement	x	–	V	690	–
Tension de fonctionnement	x	–	V	90 à 276	–
Puissance consommée	–	–	VA	15	–
<b>ENTRÉES TOR :</b>					
Tension assignée d'isolement	x	–	V	250	–
Tension de fonctionnement	x	–	V	90 à 276	–
Puissance consommée	–	–	W	0,5	–
<b>SORTIES TOR :</b>					
Tension assignée d'isolement	x	–	V	380	–
Tension de fonctionnement	x	–	V	250 ~ ou 30 =	–
Charge en alternatif	x	–	VA	500 avec $I_0 = 0,5$ A	–
Charge en continu	x	–	VA	50 avec $I_0 = 0,5$ A	–
<b>PROTECTIONS :</b>					
Surcharge thermique	x	x	$I_T$ (% du calibre) classe (courbes de déclenchement) alarme surcharge	20 % 5 100 %	20 à 109 % 5 à 30 0 à 100 %
Echauffement (PTC)	x	–			
Déséquilibre et absence de phase	x	–	$I_d$ (% de $I_{eff}$ moyen) Inhibition du démarrage temps avant déclenchement	30 % de $I_{moyen}$ 0,7 s 5 s	10 à 30 % 0 à 10 s 0 à 10 s
Défaut terre (DDR)	x	x	$I_{DR}$ temps avant déclenchement	30 A 5 s	0,3 à 30 A 0 à 5 s
Démarrage long	–	x	$I_{SD}$ (% de $I_T$ ) temps de démarrage	150 % de $I_T$ 10 s	100 à 500 % de $I_T$ 0 à 30 s
Marche à vide	–	x	$I_V$ (% de $I_T$ ) temps avant déclenchement	30 % de $I_T$ 10 s	30 à 90 % de $I_T$ 0 à 30 s
Limitation de couple	–	x	$I_{LC}$ (% de $I_T$ ) temps avant déclenchement	200 % de $I_T$ 10 s	150 à 800 % de $I_T$ 0 à 30 s
Cos $\varphi$	–	x	cos $\varphi$ temps avant déclenchement	0,1 10 s	–1 à +1 0 à 10 s
Contrôle au sens des phases	–	x	–	sens direct	–
Délestage	–	x	délestage, relestage temps avant délestage relestage.	70 % de $U_n$ 10 000 s	68 à 120 % de $U_n$ 0 à 100 000 s
Détection court-circuit	x	–	$I_{CC}$	15 $I_T$ crête	–
Réarmement	x	–	temps avant reset $\theta$ °C avant reset	0 s 100 % de $\theta_n$	0 à 100 s 0 à 100 % de $\theta_n$
Commande moteur	x	–	commande des sorties A, B	inverseur	inversion indépendante 2 temps

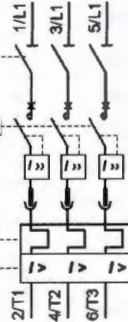
# 20.10. LES APPAREILS INTÉGRÉS

(D'après SCHNEIDER ELECTRIC)

**20.10.1.**  
FORME,  
SYMBOLE ET  
FONCTION  
D'USAGE



Intégral tripolaire avec  
Module de protection



Isoler les circuits  
Verrouiller une  
installation  
Établir ou  
interrompre le  
courant dans un  
récepteur  
Protéger les  
moteurs  
contre les  
surcharges

**20.10.2.**  
CONTACTEUR  
DISJONCTEUR  
TYPE  
INTÉGRAL  
  
(EXEMPLE DE  
FICHE  
TECHNIQUE)

**INTÉGRAL 18, 32 et 63.** Il assure dans son intégralité les cinq fonctions :

- sectionnement, protection contre les courts-circuits, protection contre les surcharges, arrêt d'urgence et communication.

CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES :

- **Caractéristique du circuit de commande**

$U_n$  de 24 à 660 V.

Plage de fonctionnement : 0,85 à 1,1  $U_n$

Consommation : Appel : Maintien :

Intégral 18 : 15 VA 8 VA

Intégral 32 : } 350 à 400 VA 20 à 30 VA

Intégral 63 : }  
Contact « O » + « F » 6 A - 660 V

- **Caractéristique du circuit de puissance**

**Magnéto-thermiques (compensés et différentiels) ou magnétiques**

Puissances normalisées des moteurs triphasés 50/60 Hz en catégorie AC3				Réglage de la protection thermique ( $I_{th}$ mini à $I_{th}$ maxi)	Réglage de la protection magnétique (6 à 15 $I_{th}$ maxi)	Référence du module Démarrage normal
220 V	400 V	440 V	660 V			
kW	kW	kW	kW	A	A	
0,06	*	*	*	0,25 à 0,4	2,4 à 4,8	LB1-LC03M03
*	*	*	*	0,4 à 0,63	3,8 à 7,6	LB1-LC03M04
0,09	*	0,37	0,55	0,63 à 1	6 à 12	LB1-LC03M05
0,18	*	0,55	1,10	1 à 1,6	9,5 à 19	LB1-LC03M06
0,37	1,10	1,10	1,50	1,6 à 2,5	15 à 30	LB1-LC03M07
0,55	1,5	1,5	3	2,5 à 4	24 à 48	LB1-LC03M08
1,1	2,2	2,2	4	4 à 6,3	38 à 76	LB1-LC03M10
2,2	4	4	7,5	6,3 à 10	60 à 120	LB1-LC03M13
3	7,5	7,5	11	10 à 16	95 à 190	LB1-LC03M17
5,5	11	11	18,5	16 à 25	150 à 300	LB1-LC03M22
7,5	15	15	25	23 à 32	190 à 380	LB1-LC03M53
9	22	22	33	28 à 40	240 à 480	LB1-LD03M55
11	25	25	45	35 à 50	300 à 600	LB1-LD03M57
15	33	33	55	45 à 63	380 à 760	LB1-LD03M61

Courant d'emploi de catégorie AC1	Puissance des moteurs triphasés en catégorie AC3 en kW sous					Pouvoir de coupure $U_c \leq 440$ V
(A)	230 V	400 V	415 V	440 V	660 V	(kA)
18	4	5	9	9	15	50
32	7,5	15	15	15	25	50
63	15	30	33	33	25	50

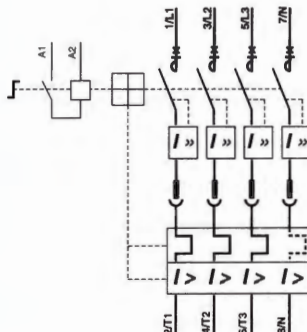
  

Références	Sectionnement par pôles principaux	Sectionnement et isolement consignation par pôles spécifiques
18	LD1-LB	-
32	LD1-LC	LD4-LC
63	LD1-LD	LD4-LD

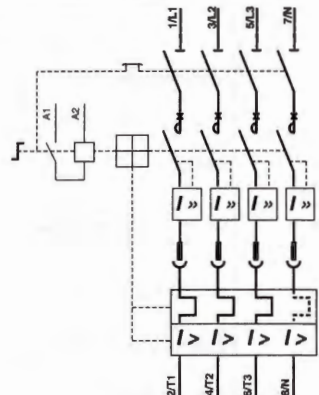
Fig. 41 - Caractéristiques des contacteurs disjoncteurs INTÉGRAL.

Fig. 42 - Caractéristiques des modules de protection.

**20.10.3.**  
SCHEMAS  
D'APPLICATION



Sectionnement par pôles principaux avec module de protection.



Sectionnement et isolement : consignation par pôles spécifiques avec module de protection.

Fig. 43 - Schémas de branchement des contacteurs-disjoncteurs INTÉGRAL.

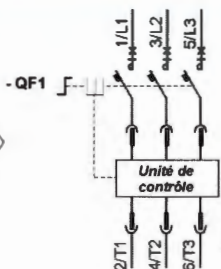
# 20.11. DÉMARREUR-CONTRÔLEUR

(D'après SCHNEIDER ELECTRIC)

20.11.1.  
FORME,  
SYMBOLE ET  
FONCTION  
D'USAGE



Représentation  
graphique



Fonction

Composer un départ et  
regrouper toutes les  
fonctionnalités dans  
un même appareil  
Démarrer et contrôler  
un départ moteur

Départ moteur triphasé et  
son unité de contrôle

20.11.2.  
PRINCIPALES  
CARACTÉRIS-  
TIQUES DU  
DÉMARREUR  
CONTRÔLEUR  
TYPE TESYS

**Conception :**

Le concept TESYS de SCHNEIDER ELECTRIC permet de composer un départ avec les caractéristiques suivantes :

- une seule base jusqu'à 15 kW,
- un pouvoir de coupure de 50 kA sous 400 V en version standard,
- une coordination totale et une non soudure des contacts en cas de court-circuit (conforme à la norme CEI 947-6-2) voir § 20.1.4.
- un choix de 6 calibres.

Puissance maximale normalisée des moteurs triphasés 50/60 Hz			Plage de réglage (A)	Encliquetage sur la base de calibre (A)	Référence
400/415 V (kW)	500 V (kW)	690 V (kW)			
0,09	-	-	0,15 à 18,6	12 et 32	LUCM X6BL
0,25	-	-	0,35 à 1,4	12 et 32	LUCM 1XBL
1,5	2,2	3	1,25 à 5	12 et 32	LUCM 05BL
5,5	5,5	9	3 à 12	12 et 32	LUCM 12BL
7,5	9	15	4,5 à 18	32	LUCM 18BL
15	15	18,5	8 à 32	32	LUCM 32BL

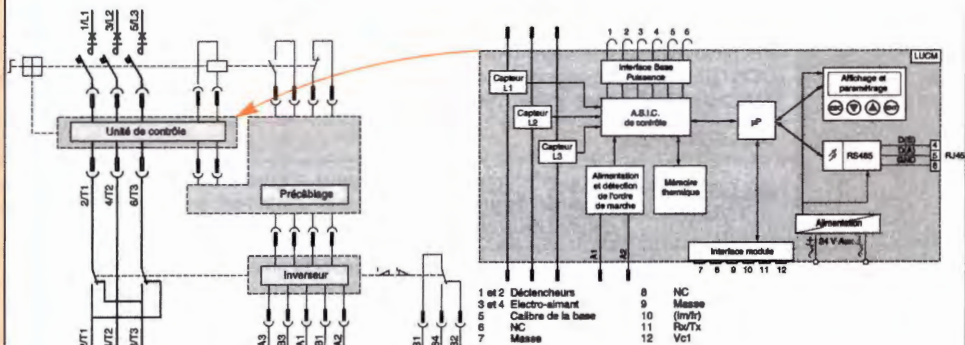
- un fonctionnement en AC et en DC,
- un regroupement de toutes les fonctionnalités nécessaires dans 45 mm de large,
- une bobine basse consommation d'origine, pour une réduction des alimentations et la suppression des interfaces à relais,
- une réduction des échauffements.

**Mise en œuvre :**

Le faible encombrement et l'échauffement réduit permettent de :

- décentraliser le démarreur-moteur au plus près des machines,
- réduire la taille des armoires et des coffrets,
- assurer les fonctions d'un disjoncteur magnéto-thermique et d'un contacteur,
- adapter les éléments de contrôle par simple embrochage,
- intégrer des automatismes qui suppriment le câblage,
- dialoguer par écran et clavier intégrés sur l'unité de contrôle multifonction ou par le logiciel PowerSuite,
- dialoguer à distance en direct par Modbus ou au travers de passerelles pour les autres réseaux.

**Démarreur-contrôleur à deux sens de marche :**

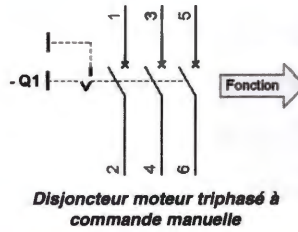


20.11.2.  
EXEMPLE DE  
COMPOSITION  
D'UN DÉMARREUR  
CONTRÔLEUR  
TYPE TESYS

## 20.12. LES DISJONCTEURS

(D'après SCHNEIDER ELECTRIC)

### 20.12.1. FORME, SYMBOLE ET FONCTION D'USAGE



Isoler un circuit  
Assurer et adapter la  
protection thermique,  
magnétique et  
différentielle d'un circuit  
ou d'un récepteur par  
adjonction de  
déclencheurs  
Établir ou interrompre un  
circuit

### 20.12.2. ÉLÉMENTS À PRENDRE EN COMPTE POUR CHOISIR UN DISJONCTEUR

#### • CARACTÉRISTIQUES DU RÉSEAU

TENSION	La tension nominale du disjoncteur doit être au moins égale à la tension entre phases du réseau.
COURANT PERMANENT	C'est l'intensité du courant en ampères qui circule dans le réseau sur lequel le disjoncteur est installé. Le calibre du disjoncteur doit être supérieur au courant permanent mais inférieur au courant admissible par ce même réseau. Le courant permanent est à déterminer pour une température ambiante de 20 °C.
COURANT ADMISSIBLE	C'est le courant maximum en ampères que peut supporter le réseau en permanence suivant certains critères de pose. (Tableaux Fig. 6 et 7, § 6.1.6.)
COURANT DE COURT-CIRCUIT (Pouvoir de coupure)	Le pouvoir de coupure du disjoncteur doit être au moins égal au courant de court-circuit triphasé susceptible de se produire à l'endroit où il est installé. Si le courant de court-circuit présumé est limité par un appareil de protection se trouvant en amont, le pouvoir de coupure du disjoncteur peut être réduit dans un certain rapport (Filiation entre disjoncteurs § 20.20.)
FRÉQUENCE	Les fréquences normales de fonctionnement des disjoncteurs sont comprises entre 50 et 60 Hz.
NOMBRE DE PÔLES	Il dépend du régime de neutre et de la fonction désirée (protection, commande, type de récepteurs, sectionnement...).
SCHÉMAS DES LIAISONS À LA TERRE	Régime TT ; TN ou IT (Chapitre 4.)

#### • TYPES DE PROTECTION ASSOCIABLES AUX DISJONCTEURS

PROTECTION CONTRE LES CONTACTS INDIRECTS	En régime TT elle est assurée par un dispositif différentiel à courant résiduel (DDR). En régime TN et IT, elle est assurée par les dispositifs de protection contre les courts-circuits ; le courant de réglage de ces appareils détermine la longueur maximale des câbles suivant leur section (NFC 15-100).
PROTECTION CONTRE LES COURTS-CIRCUITS	Le réglage du déclencheur magnétique détermine la longueur maximale des câbles protégés suivant leur section (NFC 16-100). En cas de court-circuit, le disjoncteur ne doit laisser passer qu'une énergie inférieure à celle que peut supporter le câble.
PROTECTION CONTRE LES SURCHARGES	Elle dépend du type de récepteur (moteur, transformateur...) Le réglage du déclencheur thermique ou du relais statique à temps inverse intégré au disjoncteur, assure cette protection.

#### • SÉLECTIVITÉS

SÉLECTIVITÉ TOTALE	Il y a sélectivité totale entre deux appareils de protection si un défaut est éliminé par l'appareil de protection placé immédiatement en amont du défaut pour toute valeur du courant de court-circuit présumée.
SÉLECTIVITÉ PARTIELLE	La protection placée immédiatement en amont fonctionne seule jusqu'à un certain courant de court-circuit et au-delà de cette valeur, les deux protections agissent simultanément.
TYPE DE SÉLECTIVITÉ	VERTICALE : appareils de protection en série. HORIZONTALE : appareils de protection sur circuits dérivations. (§ 20.13.)

**• CONTRAINTES DE FONCTIONNEMENT**

JUXTAPOSITION D'APPAREILS	Nombre de pôles juxtaposés et fonctionnant simultanément	1.2.3 pôles	4.5.6 pôles	7.8.9 pôles	≥ 10 pôles
	Correction de $I_n$	$I_n$	$0,8 I_n$	$0,7 I_n$	$0,6 I_n$

La norme NFC 63-410 recommande les coefficients ci-dessus.

**SERVICE**

Il définit le pouvoir de coupure (PC) du disjoncteur au regard de la norme

- PC suivant NFC 61-400.
- PC suivant NFC 63-120 Cycle P1 Service réduit après Ouverture-Fermeture Ouverture (le plus utilisé).
- PC suivant NFC 63-120 Cycle P2 Service normal après Ouverture-Fermeture Ouverture-Fermeture Ouverture.

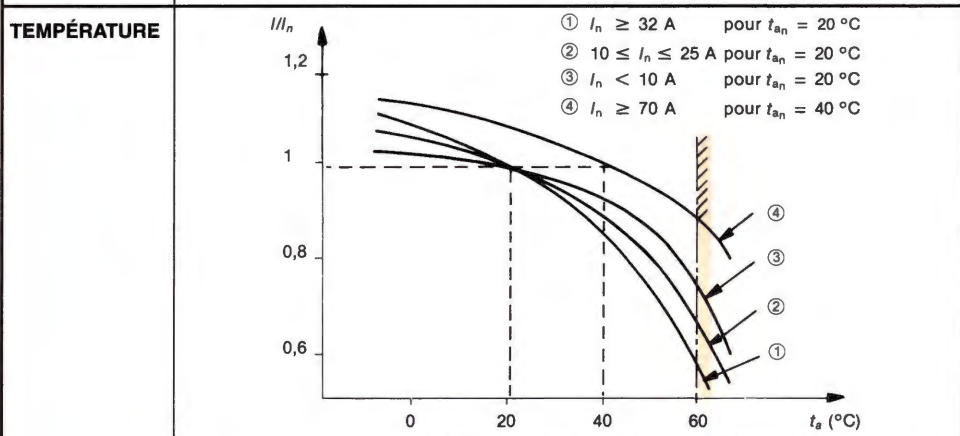


Fig. 44 – Déclassement suivant la température ambiante.

Il y a lieu de procéder au déclassement du disjoncteur si la température de fonctionnement est différente de la température nominale pour laquelle le calibre a été prévu.

- Calibres maximaux des disjoncteurs suivant le type de liaison et la section des conducteurs :

Mode de pose	Type de liaison/Nombre de conducteurs chargés								
Conducteurs ou câbles sous conduits	PVC/3	PVC/2		PR/3		PR/2			B
Câbles fixés au mur ou au plafond		PVC/3		PVC/2	PR/3		PR/2		C
Câbles multipolaires posés sur corbeaux ou chemins de câbles			PVC/3		PVC/2	PR/3		PR/2	E
Câbles unipolaires posés sur corbeaux ou chemins de câbles				PVC/3		PVC/2	PR/3		PR/2

Section S (mm <sup>2</sup> )	Calibres maximaux des petits disjoncteurs en (A)									
<b>Cuivre :</b>	1,5	16	16	16	20	20	20	20	25	
	2,5	20	20	25	25	25	25	32	32	
	4	25	32	32	32	40	40	40	50	
	6	32	40	40	50	50	50	50	63	
	10	50	50	63	63	63	80	80	80	
	16	63	80	80	80	80	100	100	100	
25	80	100	100	100	100	125	125	125		
35	100	125	125	125						
<b>Aluminium :</b>	1,5	16	16	20	20	25	25	25	25	
	2,5	20	25	25	25	32	32	32	40	
	4	25	32	32	32	40	40	40	40	
	10	40	40	50	50	50	63	63	63	
	16	50	63	63	63	63	80	80	80	
	25	63	80	80	80	80	100	100	100	125
36	80	80	100	100	100	125	125	125		

Fig. 45 – Calibres maximaux des petits disjoncteurs.

Les calibres maximaux indiqués dans le tableau Fig. 45 sont donnés pour le courant maximal admissible dans le conducteur correspondant. Ces calibres dépendent du mode de pose, du type de liaison, de la nature du courant. L'intensité nominale doit être inférieure à l'intensité admissible. (Tableaux Fig. 6 et 7, § 6.1.6.)

**Note :** Les courants assignés des petits disjoncteurs assurant la protection des canalisations contre les surcharges sont conformes à la norme NFC 61-410 (disjoncteurs du type B, C et D). (§ 6.1.9.3., Fig 32, 33, 34.)

	Section du câble (mm <sup>2</sup> )		Longueur du câble (m)								
	Cuivre	Aluminium									
	1,5	2,5					1	1,6	6,5	9,5	16
	2,5	4				1	1,6	2,6	10	16	26
	4	6				1,7	2,5	4	17	25	42
	6	10				2,5	4	6,5	25	38	65
	10	16			1,1	4	6,5	11	42	65	110
	16	25		1	1,7	7	10	17	70	100	170
	25	35	1	1,6	2,6	10	16	26	100	160	260
	35	50	1,5	1,2	3,5	15	22	37	150	220	370
	<b><math>I_{cc}</math> amont (KA)</b>		<b>Pouvoir de coupure minimal au bout du câble (<math>I_{cc}</math> aval) kA</b>								
	100			70	50	20	15	10	3	3	1
	80		70	70	50	20	15	10	3	3	1
	60		70	50	50	20	15	10	3	3	1
	40		50	35	35	15	15	10	3	3	1
	30		35	25	25	15	15	10	3	3	1
	20		20	20	20	15	10	10	3	3	1
	15		15	15	15	10	10	6	3	3	1
	10		10	10	10	10	10	5	3	3	1
	5		5	5	5	5	5	5	3	3	1

Fig. 46 – Pouvoir de coupure minimal suivant le câble et  $I_{cc}$  amont (triphasé 400 V).

- **Exemple** : Pour une longueur de 5 m de câble de 6 mm<sup>2</sup> en cuivre, il faut un disjoncteur ayant un pouvoir de coupure de 10 kA si  $I_{cc}$  amont n'exécède pas 20 kA.  
(Prendre la longueur du câble par défaut dans le tableau.)
- Pour un calcul plus précis de  $I_{cc}$  aval se reporter § 6.1.9.2.

### 20.12.4. TYPES DE DECLENCHEURS (NFC 61-410)

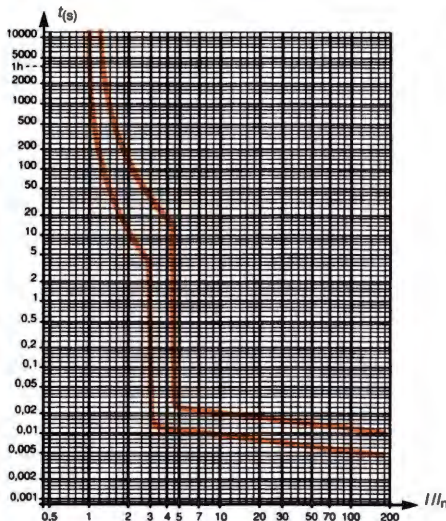


Fig. 47 – Exemple de courbe de déclenchement du type B.

- Déclenchement entre 3 et 5  $I_n$  (seuil bas)  
(limites extrêmes fixées par la norme)
- **Applications** :  
– source à faible puissance de court-circuit  
– grandes longueurs de câbles.

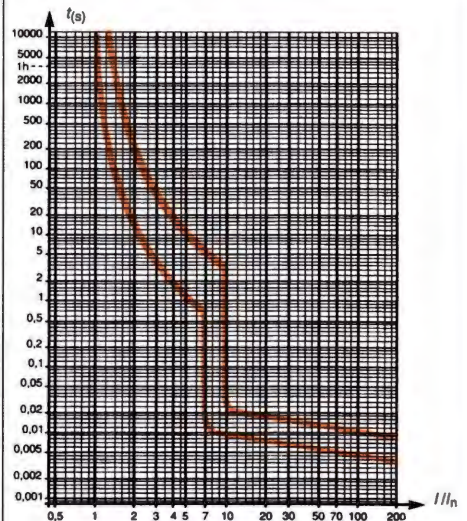


Fig. 48 – Exemple de courbe de déclenchement du type C.

- Déclenchement entre 5 et 10  $I_n$  (seuil standard).  
(limites extrêmes fixées par la norme)
- **Applications** :  
– protection des circuits dans le cas général.

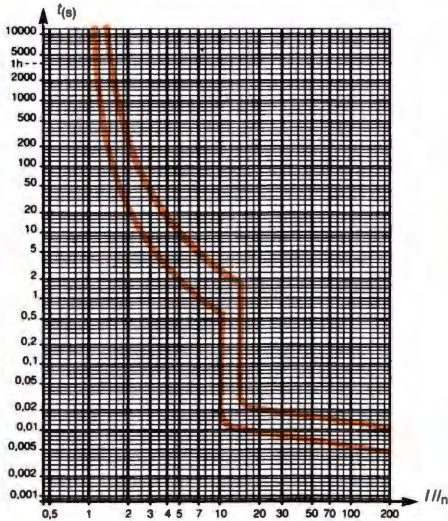


Fig. 49 – Exemple de courbe de déclenchement du type D (seuil haut).

- Déclenchement entre 10 et 14  $I_n$   
(limites extrêmes fixées par la norme)
- **Application** : protection des circuits à fort appel de courant (transformateurs ou moteurs)

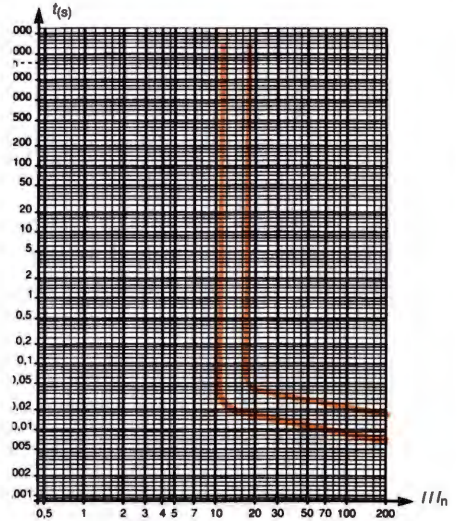


Fig. 50 – Exemple de courbe de déclenchement du type MA.

- Déclenchement à 12  $I_n$ .
- **Application** : protection des moteurs en association avec un discontacteur.

20.12.5.  
GUIDE DE CHOIX  
DES  
DISJONCTEURS  
MOULAIRES

Type	Tarifs			Courbes de déclenchement				Calibres (A)	Tensions maximum d'emploi (V)	Pouvoir de coupure (kA)																												
	bleu	jaune	vert	C	B	D	MA			3	4,5	5	6	7,5	10	15	20	25	50																			
Déclic	X			X				2 à 32	230																													
DT40N		X	X	X	X	X		1 à 40	230/400																													
C60N		X	X	X	X			0,5 à 63	440																													
C60N		X	X				X	0,5 à 63	440																													
C60H		X	X	X				0,5 à 63	440																													
C60L		X	X	X	X	X		0,5 à 25	440																													
C60L		X	X	X	X	X		32 à 40	440																													
C60L		X	X	X	X			50 à 63	440																													
C60MLA		X	X				X	1,6 et 2,5	440																													
C60MLA		X	X				X	4 à 25	440																													
C60MLA		X	X				X	40	440																													
C120N		X	X	X	X	X		63 à 125	440																													
C120H		X	X	X	X	X		50 à 125	440																													
NG125N		X	X	X			X	10 à 125	500																													
NG125L		X	X	X			X	10 à 80	500																													
NG125 LMA		X	X				X	4 à 80	500																													
P25M		X	X	Spécial moteur				0,16 à 25	690																													

■ : Selon la norme NF EN 60898 (C 61-140) marqué en face avant sous la forme : 3 000

□ : Selon la norme NF EN 60947-2 (C 53-120) marqué en face avant sous la forme : 5 kA IEC 947.2

\* : Pouvoir de coupure sous 415 V.

20.12.6.  
(EXEMPLE DE  
FICHE  
TECHNIQUE)

		C60N	C60L ≤ 25 A	C60L 32-40 A	C60L 50-63 A	NS100 N/H/L	NS160 N/H/L	NS250 N/H/L
<b>courant assigné (A)</b>		63 à 40 °C	63 à 40 °C	63 à 40 °C	63 à 40 °C	100 à 40 °C	160 à 40 °C	250 à 40 °C
<b>tension assignée d'emploi (V)</b>	CA 50/60 Hz	400	415	415	415	415	690	690
	CC	250	250	250	250	250	500	500
<b>tension d'isolement U<sub>i</sub> (V)</b>		500	500	500	500	500		
<b>nombre de pôles</b>		1 2-3-4	1 2-3-4	1 2-3-4	1 2-3-4	1 2-3-4	3-4	3-4
<b>pouvoir I<sub>cc</sub> de coupure CA (kA)</b>	130 V	20	50	50				
	230 V						85	85
	240 V	10 20	25 50	20 40	15 30		85	85
	415 V	3 10	6 25	5 20	4 15	4 10	25	35
	440 V	6	20	15	10	6	22	30
	690 V						8	8
<b>pouvoir I<sub>cc</sub> de coupure CC (kA)</b>	60 V	15 (1p)	25 (1p)	25 (1p)	25 (1p)		50 (2p)	50 (2p)
	125 V	20 (2p)	30 (2p)	30 (2p)	30 (2p)	30 (2p)	50 (2p)	50 (2p)
	125 V	30 (3p)	50 (3p)	50 (3p)	50 (3p)	40 (3p)	50 (2p)	50 (2p)
	250 V	40 (4p)	60 (4p)	60 (4p)	60 (4p)	20 (4p)	60 (2p)	50 (2p)
	500 V						50 (4p)	50 (4p)
<b>Bloc déclencheur</b>	interchangeable					•		•
	non interchangeable	•	•	•	•	•	•	
<b>déclencheur magnéto- thermique</b>	réglable	•				•	•	•
	non réglable	•	•	•	•			
<b>thermique I<sub>t</sub></b>	1	• •	•					
	2	• •	•					
	3	• •	•					
	4	• •	•					
	6	• •	•					
	10	• •	• •					
	16	• •	• •			•	•	•
	20	• •	• •					
	25	• •	• •			•	•	•
	32	• •		•				
	40	• •		•		•	•	•
	50	• •			•			
	63	• •			•	•	•	•
	80					•	•	•
	100					•	•	•
	125						•	•
	160						•	•
	200							•
250							•	
<b>magnétique</b>	Courbe B	•	•	•	•			
	Courbe C	•	•	•	•			
	Courbe D		•			•	•	•
	Courbe MA					•	•	•
	I <sub>m</sub> 190	• •	• •			•	•	•
	300	• •	• •			•	•	•
	500	• •		•	•	•	•	•
	630					•	•	•
	800					•		
	1 000						•	•
1 250						•	•	
2 500						•	•	
<b>Version</b>	fixe	PAV	PAV	PAV	PAV	PAV	PAV-PAR	PAV-PAR
	débrochable						PAV-PAR	PAV-PAR
<b>Possibilité vigiIohm</b>		•	•	•	•	•	•	•

## 20.12.7. COURBES DE LIMITATION DES DISJONCTEURS

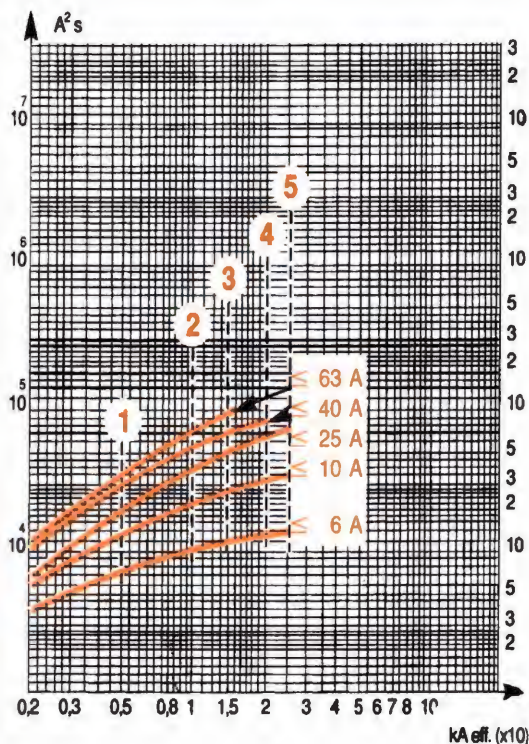


Fig. 51 – Courbes de limitation en contraintes thermiques 400/415 V des disjoncteurs modulaires C60 (2, 3, 4 pôles)

- 1 : Disjoncteurs C60a
- 2 : Disjoncteurs C60N
- 3 : Disjoncteurs C60H/L, calibres 50 et 63 A
- 4 : Disjoncteurs C60L/LMA, calibres 32 et 40 A
- 5 : Disjoncteurs C60L/LMA, calibres ≤ 25 A

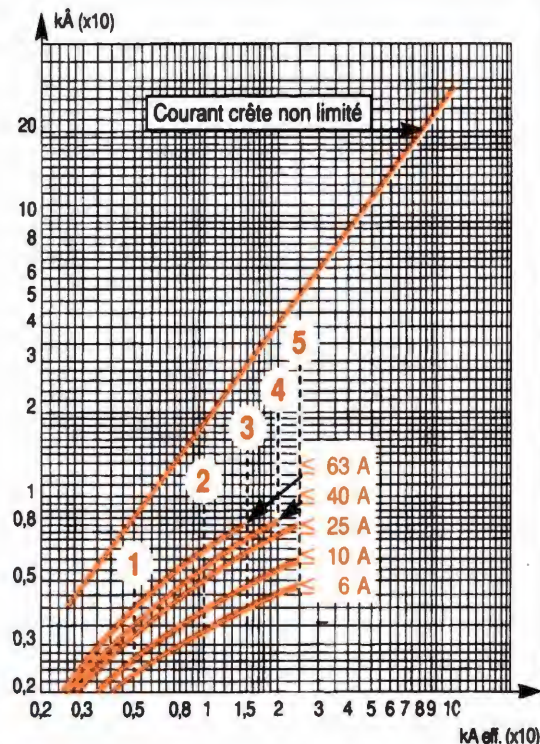


Fig. 52 – Courbes de limitation en courant 400/415 V des disjoncteurs modulaires C60 (2, 3, 4 pôles). (§ 20.12.5.)

S mm <sup>2</sup>	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70
PVC Cu	2,97 × 10 <sup>4</sup>	8,26 × 10 <sup>4</sup>	2,12 × 10 <sup>5</sup>	4,76 × 10 <sup>5</sup>	1,32 × 10 <sup>6</sup>	3,4 × 10 <sup>6</sup>	8,26 × 10 <sup>6</sup>	1,62 × 10 <sup>7</sup>	3,31 × 10 <sup>7</sup>	6,48 × 10 <sup>7</sup>
PVC Al					5,41 × 10 <sup>5</sup>	1,39 × 10 <sup>6</sup>	3,38 × 10 <sup>6</sup>	6,64 × 10 <sup>6</sup>	1,35 × 10 <sup>7</sup>	2,64 × 10 <sup>7</sup>
PRC Cu	4,1 × 10 <sup>4</sup>	1,39 × 10 <sup>5</sup>	2,92 × 10 <sup>5</sup>	6,56 × 10 <sup>5</sup>	1,82 × 10 <sup>6</sup>	4,69 × 10 <sup>6</sup>	1,39 × 10 <sup>7</sup>	2,23 × 10 <sup>7</sup>	4,56 × 10 <sup>7</sup>	8,94 × 10 <sup>7</sup>
PRC Al					7,52 × 10 <sup>5</sup>	1,93 × 10 <sup>6</sup>	4,7 × 10 <sup>6</sup>	9,23 × 10 <sup>6</sup>	1,88 × 10 <sup>7</sup>	3,68 × 10 <sup>7</sup>
S mm <sup>2</sup>	95	120	150	185	240	300	400	500	630	800
PVC Cu	1,19 × 10 <sup>8</sup>	1,9 × 10 <sup>8</sup>	2,96 × 10 <sup>8</sup>	1,5 × 10 <sup>8</sup>	7,57 × 10 <sup>8</sup>	1,18 × 10 <sup>9</sup>	2,12 × 10 <sup>9</sup>	3,31 × 10 <sup>9</sup>	5,22 × 10 <sup>9</sup>	8,42 × 10 <sup>9</sup>
PVC Al	4,87 × 10 <sup>7</sup>	7,78 × 10 <sup>7</sup>	1,21 × 10 <sup>8</sup>	1,85 × 10 <sup>8</sup>	3,11 × 10 <sup>8</sup>	4,86 × 10 <sup>8</sup>	8,64 × 10 <sup>8</sup>	1,35 × 10 <sup>9</sup>	2,14 × 10 <sup>9</sup>	3,45 × 10 <sup>9</sup>
PVC Cu	1,64 × 10 <sup>8</sup>	2,62 × 10 <sup>8</sup>	4,1 × 10 <sup>8</sup>	6,25 × 10 <sup>8</sup>	1,05 × 10 <sup>9</sup>	1,64 × 10 <sup>9</sup>	2,92 × 10 <sup>9</sup>	4,56 × 10 <sup>9</sup>	7,23 × 10 <sup>9</sup>	1,16 × 10 <sup>10</sup>
PVC Al	6,78 × 10 <sup>7</sup>	1,08 × 10 <sup>8</sup>	1,69 × 10 <sup>8</sup>	2,57 × 10 <sup>8</sup>	4,33 × 10 <sup>8</sup>	6,76 × 10 <sup>8</sup>	1,2 × 10 <sup>9</sup>	1,88 × 10 <sup>9</sup>	2,98 × 10 <sup>9</sup>	4,81 × 10 <sup>9</sup>

Fig. 53 – Contraintes thermiques I<sup>2</sup>t en (A<sup>2</sup>s) admissibles par les câbles.

– **Exemple 1.** Un câble PRC (Cu), de  $4 \text{ mm}^2$  bipolaire, est-il protégé par un disjoncteur C60L de 10 A installé sur un réseau  $3 \times 400 \text{ V}$  ?

La Fig. 53 donne une contrainte thermique admissible de  $2,92 \cdot 10^5 \cdot \text{A}^2\text{s}$

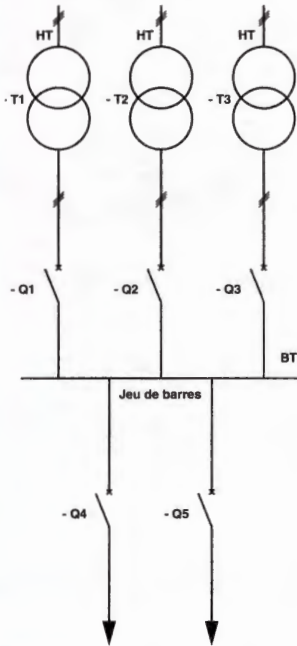
La Fig. 51 indique que le calibre 10 A d'un disjoncteur C60L laisse passer une contrainte maximale de  $3 \cdot 10^4 \cdot \text{A}^2\text{s}$  jusqu'à son pouvoir de coupure ( $25 \text{ kA}$  – limite courbe ⑤).

– **Exemple 2.** À quelle valeur est limité un courant  $I_{CC}$  de  $10 \text{ kA}_{\text{eff}}$  lorsque la protection est assurée par un disjoncteur tripolaire C60L de 32 A sur un réseau  $3 \times 400 \text{ V}$  ?

La Fig. 52 donne  $5,5 \text{ kA}$  crête.

**Note :** Les disjoncteurs utilisés en protection de circuit doivent avoir un pouvoir de coupure

- de  $3 \text{ kA}$  minimum en tarif bleu,
- de  $6 \text{ kA}$  minimum en tarif jaune,
- de  $10 \text{ kA}$  minimum en tarif vert.



- Les disjoncteurs de source sont les disjoncteurs Q1, Q2, Q3
- Les disjoncteurs de départ sont les disjoncteurs Q4, Q5.
- Le disjoncteur de source Q1 doit posséder un pouvoir de coupure supérieur à la plus grande des deux valeurs.
  - soit  $I_{CC1}$  (cas du court-circuit en B) ;
  - soit  $I_{CC1} + I_{CC3}$  (cas du court-circuit en A)
- Le disjoncteur de départ Q1 doit posséder un pouvoir de coupure supérieur à  $I_{CC1} + I_{CC2} + I_{CC3}$ .
- Le calcul du courant de court-circuit est développé § 6.1.9.

• **Hypothèses de calcul**

- La puissance du court-circuit du réseau amont est de  $500 \text{ MVA}$  ;
- Les transformateurs sont du type  $20 \text{ kV}/400 \text{ V}$  ;
- entre chaque transformateur et le disjoncteur correspondant, il y a  $10 \text{ m}$  de câble unipolaire au moins (impédance  $0,2 \text{ m } \Omega/\text{m}$ ) ;
- entre un disjoncteur de source et un disjoncteur de départ, il y a  $1 \text{ m}$  de barres ;
- le matériel est supposé installé en tableau à  $30^\circ\text{C}$ .

**Note :** Les disjoncteurs seront choisis dans la gamme C160A

- Pour obtenir une sélectivité du disjoncteur source par rapport au disjoncteur de départ, (§ 20.20.)

Nombre et puissance des transformateurs 20 kV/400 V P en kVA	Pouvoir de coupure minimal du disjoncteur source (kA)	Pouvoir de coupure minimal du disjoncteur départ (kA)	Calibres des disjoncteurs « source » (kA)	Calibres maximaux des disjoncteurs « départ » (kA)
1 × 100	3,5	3,5	0,16	0,1
2 × 100	3,5	7		0,25
3 × 100	7	10		0,25
4 × 100	10	13		0,4
1 × 160	5,5	5,5	0,25	0,16
2 × 160	5,5	10		0,4
3 × 160	10	15		0,63
1 × 250	8,5	8,5	0,4	0,25
2 × 250	8,5	15		0,63
3 × 250	15	22		1
1 × 400	13	13	0,8	0,4
2 × 400	13	25		0,63
3 × 400	25	35		1,25
1 × 630	20	19	1	0,8
2 × 630	20	35		1,25
3 × 630	35	50		1,25

Fig. 54 – Tableau donnant les pouvoirs de coupure des disjoncteurs (cas usuels).

**CALCUL DU COURANT DE COURT-CIRCUIT**

$$I_{cc} = \frac{V_{cc}}{R_i}$$

$V_{cc}$  tension maximale de décharge (batterie chargée à 100 %)

$R_i$  : résistance interne

*Exemple :*

Quel est le courant de court-circuit aux bornes d'une batterie stationnaire de caractéristiques :

- capacité 500 Ah,
- tension maximale de décharge 240 V (110 éléments de 2,2 V).
- courant de décharge 300 mA,
- autonomie 1/2 heure,
- résistance interne : 0,5 mΩ par élément

240  $V_{cc}$   
300 A  
500 Ah  
 $R_i = 0,5 \text{ m}\Omega_{\text{élément}}$



$$R_i = 110 \times 0,5 \times 10^{-2} = 55 \times 10^{-3} \Omega$$

$$I_{cc} = \frac{240}{55 \times 10^{-3}} = 4,4 \text{ kA}$$

Comme le montrent les calculs ci-contre, les courants de court-circuit sont relativement faibles.

*Note :* si la résistance interne n'est pas connue, on peut utiliser la formule approchée suivante :  $I_{cc} = kQ$  où  $Q$  est la capacité de la batterie exprimée en ampère heure et  $k$  un coefficient voisin de 10 et en tout cas toujours inférieur à 20.

Tenir compte de la résistance du câble si le courant ne s'établit pas aux bornes de la batterie.

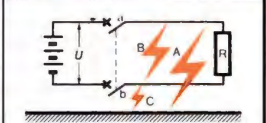
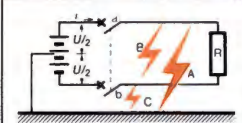
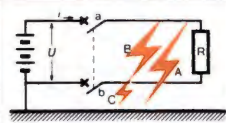
**réseaux mis à la terre**

la source a une polarité reliée à la terre.

la source comporte un point milieu relié à la terre.

réseaux isolés de la terre.

**schémas et différents cas de défaut**



**analyse de chaque défaut**

défaut A

$I_{cc}$  maximal seule la polarité positive est concernée

$I_{cc}$  voisin de  $I_{cc}$  maxi seule la polarité positive est concernée sous la tension  $U/2$

sans conséquence

défaut B

$I_{cc}$  maximal, les 2 polarités sont concernées

$I_{cc}$  maximal, les 2 polarités sont concernées

$I_{cc}$  maximal, les 2 polarités sont concernées

défaut C

sans conséquence

idem défaut A, mais c'est la polarité négative qui est concernée

sans conséquence

**cas le plus favorable**

défaut A

défaut A et C

défaut B

**répartition des pôles de coupure (Choix des disjoncteurs § 20.12.6)**

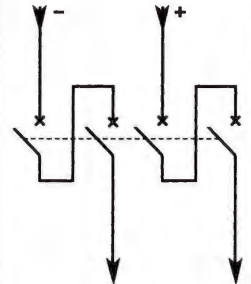
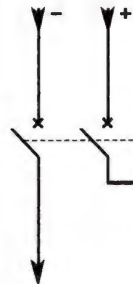
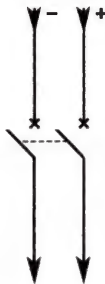
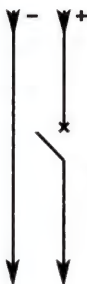
tous les pôles devant participer effectivement à la coupure sont placés en série sur la polarité positive (1) et (2)

prévoir sur chaque polarité le nombre de pôles nécessaires pour couper  $I_{cc}$  max, sous la tension  $U/2$

répartir le nombre de pôles nécessaires à la coupure sur chaque polarité

(1) ou négative si c'est la polarité positive qui est reliée à la terre.

(2) prévoir un pôle supplémentaire sur la polarité de la terre si l'on veut réaliser le sectionnement.



**Fig. 55 - Répartition des pôles de coupure**

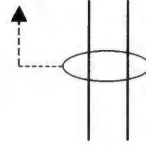
# 20.13. LA PROTECTION DIFFÉRENTIELLE

(D'après SCHNEIDER ELECTRIC)

## 20.13.1. FORME, SYMBOLE ET FONCTION D'USAGE



Représentation graphique



Fonction

Détecter un courant de défaut  
Protéger les personnes contre les contacts indirects

Relais différentiel bipolaire type modulaire

### CLASSE DU DIFFÉRENTIEL

La Commission Electronique Internationale (CEI) a classé les dispositifs différentiels en trois classes **AC**, **A** et **B** selon leur aptitude à fonctionner en présence d'un courant de défaut présentant une composante continue. La norme NFC 15 100 précise la classe du relais différentiel à mettre en œuvre suivant le type de récepteur protégé (§ 5.2.1.)

#### CLASSE AC :

- différentiel sensible au seul courant résiduel alternatif (classe standard).
- Température d'utilisation comprise entre - 5 °C et + 40 °C.

#### CLASSE A :

- différentiel sensible au courant résiduel alternatif et au courant résiduel pulsé.
- Température d'utilisation comprise entre - 5 °C et + 40 °C.

#### CLASSE A si :

- différentiel à immunité renforcée (super immunisé) et destiné aux réseaux perturbés. Il est particulièrement adapté aux réseaux pollués où la continuité de service (immunité aux déclenchements intempestifs) est recherchée (congélateur, micro-informatique, variateur de vitesse, ballasts électroniques...). Il est également immunisé contre les effets de la foudre, les courants haute fréquence, les composantes continues, transitoires, harmoniques et les basses températures comprises entre - 25 °C et + 40 °C.

#### CLASSE A siE :

- différentiel spécialement conçu pour les installations dans des lieux dont l'atmosphère peut être humide et/ou polluée par des agents agressifs (piscine, port de plaisance, industrie agro-alimentaire, station de traitement des eaux...). Température d'utilisation comprise entre - 25 °C et + 40 °C.

#### CLASSE B :

- différentiel sensible au courant résiduel alternatif et au courant résiduel pulsé - qu'au courant de défaut continu pur. Température d'utilisation comprise entre - 5 °C et + 40 °C.

### SENSIBILITÉ DU DIFFÉRENTIEL

- Le seuil de sensibilité du relais différentiel dépend :
  - de la valeur de la tension de contact  $U_L$  (50 V, 25 V ou 12 V).
  - de la valeur de la résistance des prises de terre et masses d'utilisation  $R_A$
  - de la sélectivité désirée.
- Différentes sensibilités :
  - Haute sensibilité (H.S.) : 3 ; 10 ; 30 mA.
  - Moyenne sensibilité (M.S.) 100 : 300, 500 mA. 1 A
  - Autres sensibilités : 3 ; 5 ; 10 ; 20 ; 30 A.

## 20.13.2. CLASSE SENSIBILITÉ ET SÉLECTIVITÉ DES RELAIS DIFFÉRENTIELS

### SÉLECTIVITÉ DU DIFFÉRENTIEL EN RÉGIME TT

Le tableau ci-dessous indique :

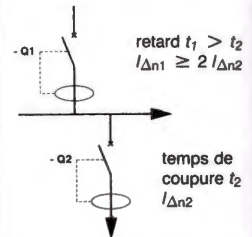
- les valeurs de la sensibilité du relais suivant la valeur de  $R_A$  ;
- les définitions et règles de fonctionnement des deux types de sélectivité.

Dans les réseaux schéma TT, cette protection est obligatoirement assurée par un DDR.

Valeur de $I_{\Delta n}$ suivant $R_A$		
$U_L$	$R_A$ ( $\Omega$ )	$I_{\Delta n}$ (A)
50 V	> 500	$\leq 0,03$
	$\leq 500$	0,1
	$\leq 167$	0,30
	$\leq 100$	0,50
	$\leq 50$	1
	$\leq 17$	3
	$\leq 10$	5
	$\leq 5$	10
25 V	$\leq 2,5$	20
	> 500	$\leq 0,03$
	$\leq 500$	0,03
	$\leq 83$	0,30
	$\leq 50$	0,50
$\leq 25$	1,00	
$\leq 8$	3	

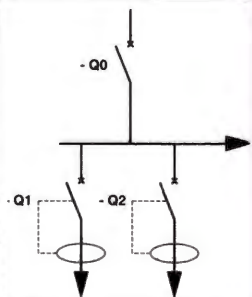
#### Sélectivité verticale :

La sélectivité doit être ampère-métrique et chronométrique  
 $I_{\Delta n}$  amont  $\geq 2 I_{\Delta n}$  aval.  
 - temps de coupure amont > temps de coupure aval.  
 Temps de coupure = temps de réponse du DDR + temps de coupure du disjoncteur.



#### Sélectivité horizontale :

Prévue par la NF C 15-100 elle permet l'économie d'un disjoncteur différentiel en tête (Q0). En cas de défaut, seul le départ en défaut est mis hors tension (Q1 ou Q2).



Disjoncteur différentiel intégré	Bloc différentiel associé au disjoncteur	AC (Standard)						A si (Super immunisé)						A siE														
		Sensibilité Instantanée				Sélectif S		Sensibilité Instantanée				Sélectif S		Régable I/S (1)				Régable I/S/R (1)				Sensibilité Instantanée		Sélectif S				
		10 mA	30 mA	100 mA	300 mA	300 mA	1 A	30 mA	300 mA	300 mA	1 A	300 mA	500 mA	1 A	300 mA	500 mA	1 A	3 A	30 mA	300 mA	300 mA	1 A						
Déclic Vigi		X					X																					
	Vigi DT40		X		X			X	X										X	X								
	DT 40 Vigi		X		X																							
	Vigi C60 ≤ 25 A	X	X		X			X											X									
	Vigi C60 ≤ 40 A		X		X			X											X		X							
	Vigi C60 ≤ 63 A		X		X	X	X	X		X	X								X		X	X						
	Vigi C120 tous calibres		X		X	X	X	X	X	X	X								X	X	X	X						
	Vigi NG 125 ≤ 63 A									X	X	X	X				X	X	X	X								
	Vigi NG 125 80 à 125 A									X				X	X	X	X	X	X	X								
	ID tous calibres	X	X	X	X	X		X		X									X		X							

(1) **Note** : I : instantané I/S : instantané ou sélectif  
I/S/R : instantané, sélectif ou retardé (150 ms)

<b>20.13.4. CONDITIONS D'UTILISATION DES RELAIS DIFFÉRENTIELS DANS LES SITUATIONS EXPOSÉES</b>	<p>L'utilisation d'un DDR de haute sensibilité (<math>I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}</math>) est imposée par la NFC 15-100 dans les cas suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- prise de terre de valeur trop élevée,</li> <li>- masse non reliée à la terre (cas des locaux ou emplacements secs lorsque la réalisation d'une prise de terre est impossible),</li> <li>- exploitations agricoles,</li> <li>- magasins de jouets animés,</li> <li>- appareils utilisés à l'extérieur sur la voie publique (rôtissoires, machines à glace,...),</li> <li>- laboratoires de salles techniques des établissements scolaires,</li> <li>- chantiers,</li> <li>- forains,</li> <li>- camping – caravaning,</li> <li>- bateaux à quai,</li> <li>- socles de prises de courant assigné au plus égal à 32 A,</li> <li>- risque de rupture du conducteur de protection,</li> <li>- salle d'eau,</li> <li>- éclairages extérieurs (jardins),</li> <li>- prise de courant pour tondeuse et appareils mobiles ou portatifs à l'extérieur,</li> <li>- hôpitaux (appareils de radiologie),</li> <li>- piscines,</li> <li>- sanitaires des immeubles collectifs (prises de courant des salles de lavabos),</li> <li>- cabines téléphoniques et abris-bus,</li> <li>- câbles chauffants sans armure métallique noyés dans le sol,</li> <li>- locaux à danger d'explosion.</li> </ul> <p><b>Note</b> : Le différentiel 300 mA est admis sur les installations terminales alimentant les ordinateurs et leurs périphériques sous réserve que les prises de courant soient clairement identifiées et munies d'un détrompeur.</p> <p>Les installations électriques des locaux comportant des risques d'incendie seront protégées par un DDR de sensibilité <math>I_{\Delta n} \leq 300 \text{ mA}</math>.</p>
--	---

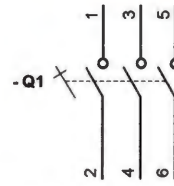
# 20.14. LES INTERRUPTEURS

(D'après SCHNEIDER ELECTRIC)

## 20.14.1. FORME, SYMBOLE ET FONCTION D'USAGE



Représentation graphique



Fonction

Isoler un circuit  
Établir ou interrompre un circuit  
Assurer la protection des personnes lorsqu'il est associé à un relais différentiel

Interrupteur triphasé à commande manuelle

## 20.14.2. ÉLÉMENTS A PRENDRE EN COMPTE POUR CHOISIR UN INTERRUPTEUR

### CARACTÉRISTIQUES DU RÉSEAU

– Tension nominale, fréquence nominale, intensité nominale et nombre de pôles se déterminent dans les mêmes conditions que celles d'un disjoncteur.

### FONCTIONS À ASSURER

– La fonction à réaliser détermine le type d'interrupteur :  
– fonctions de sectionnement et de commande : interrupteur seul ( $I \leq 2\,500\text{ A}$ ),  
– fonctions auxiliaires (différentielle, commande à distance...) : interrupteur différentiel ou interrupteur à télécommande,  
– fonction de protection : interrupteur fusible.

CATÉGORIES D'EMPLOI	catégorie d'emploi	applications caractéristiques	valeur de courant nominal	cos φ	pouvoir de fermeture	pouvoir de coupure
	<b>AC20</b>	fermeture et ouverture à vide	toutes valeurs	–	–	–
	<b>AC21</b>	charges résistives	toutes valeurs	0,95	$1,5 I_b$	$1,5 I_b$
	<b>AC22</b>	charges mixtes (résistives et inductives)	toutes valeurs	0,65	$3 I_b$	$3 I_b$
	<b>AC23</b>	moteurs ou charges fortement inductives	$I_b \leq 17\text{ A}$ $17\text{ A} < I_b \leq 100\text{ A}$ $I_b > 100\text{ A}$	0,65 0,35 0,35	$10 I_b$ $10 I_b$ $8 I_b$	$8 I_b$ $8 I_b$ $8 I_b$

$I_b = I_n$  = courant d'emploi

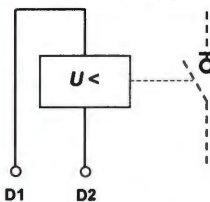
Fig. 56 – Classe de fonctionnement déterminant le choix d'un interrupteur.

### COORDINATION AVEC LE DISPOSITIF DE PROTECTION CONTRE LES COURTS-CIRCUITS

– L'interrupteur n'a qu'un pouvoir de coupure limité.  
– Sa tenue au court-circuit est limitée.  
– Il doit être protégé par un dispositif de protection contre les courts-circuits (DPCC) situé en amont.  
– Le § 20.20. indique le DPCC amont (fusibles ou disjoncteurs) assurant une bonne coordination avec l'interrupteur en cas de court-circuit aval.

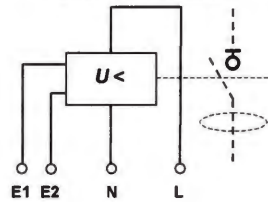
## 20.14.3. AUXILIAIRES ÉLECTRIQUES

### Déclencheur MN



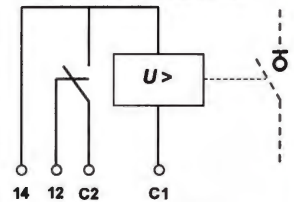
Le déclenchement à distance peut être réalisé avec un déclencheur MN. Lorsque sa tension d'alimentation décroît (entre 70 et 35 %), il commande le déclenchement de l'interrupteur auquel il est associé et il interdit la refermeture tant que la tension n'est pas rétablie. Utilisé pour l'arrêt d'urgence par bouton poussoir et en sécurité sur les circuits d'alimentation de plusieurs machines en interdisant leur remise en marche "non contrôlée"

### Déclencheur MNx



Le déclencheur à minimum de tension MNx, permet le branchement du bouton poussoir à ouverture entre E1 et E2. Il est recommandé pour les arrêts d'urgence à sécurité positive.

### Déclencheur MX + OF



Dès la mise sous tension, le déclencheur MX commande l'ouverture de l'interrupteur auquel il est associé. Il est équipé d'un contact d'auto-coupure et d'un contact "OF" pour signaler la position "ouvert" ou "fermé" de l'interrupteur. Capacité des contacts :  
– 6 A.  
– 220 à 240 V en alternatif.

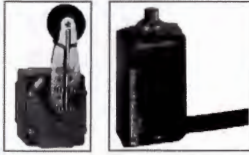
**20.14.4.**  
**(EXEMPLE DE**  
**FICHE**  
**TECHNIQUE)**

type d'interrupteur		ID'clac	ID	INS/NS 100 NA	INS/NS 160 NA	INS/NS 250 NA	INS/NS 400 NA
Courant nominal (A) à 60 °C	CA cl. AC22 ou 23 (U ≤ 690 V)	63	100	100	250	400	630
	CC cl. DC22 ou 23 (U ≤ 500 V)			100	160	250	400
	CA cl. AC22 ou 23 (U ≤ 480 V)			100	160	250	400
	CA (U ≤ 250 V)						
	CA (U ≤ 415 V)						
	CA cl. AC22 ou 23 (U ≤ 240 V)			100	160	250	400
Système	Modulaire	•	•				
	Interpact			•	•	•	•
	Compact			•	•	•	•
Classe	§ 20.13.2.	AC	AC-A	AC-A	AC-A	AC-A	AC-A
tension nominale (V)	CA 50/60 Hz	230	415	690	690	690	690
	CC (1)			500	500	500	500
nombre de pôles		2	2, 4	2, 3, 4	2, 3, 4	2, 3, 4	2, 4
pouvoir de fermeture sur court-circuit (kA crête)			2, 6	3, 6	4, 9	7, 1	
courant de courte kA eff.		2		1, 8	1, 5	3, 5	5
durée admissible pendant (s)		1		3	3	3	3
endurance mécanique		10 000	20 000	50 000	10 000	20 000	15 000
(nb de cycles OF)	électrique I <sub>n</sub> sous 440/500		20 000	30 000	20 000	10 000	6 000
<b>variantes</b>							
éléments adaptables	bloc différentiel (4)	•	•	•	•	•	•
	bloc de télécommande			•	•	•	•
	inversion de source automatique			•	•	•	•
	inversion de source manuelle			•	•	•	•
<b>auxiliaires et accessoires</b>							
auxiliaires (1) adaptables	contacts auxiliaire OF		•	•	•	•	•
	contact CA OF (sur C <sup>d</sup> e rot.)			•	•	•	•
	contact défaut SD		•	•	•	•	•
	déclencheur MX (2) ou NN (3)		•	•	•	•	•
accessoires adaptables	cache-barre		•	•	•	•	•
	accès de raccordement	•	•	•	•	•	•
	verrouillage par cadenas		•	•	•	•	•
	verrouillage par serrure			•	•	•	•
	commande rotative			•	•	•	•
<b>installation</b>							
versions				PAV PAR	PAV PAR	PAV PAR	PAV PAR
	fixe			• •	• •	• •	• •
	débrochable			• •	• •	• •	• •
<p>(1) Nombre de pôles en série devant participer à la coupure : 2 en 250 V, 4 en 500 V  (2) Bobine à émission  (3) Bobine à coupure  (4) § 20.13.3.</p>							

# 20.15. LES DÉTECTEURS

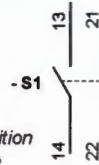
(D'après SCHNEIDER ELECTRIC)

## 20.15.1. FORMES, SYMBOLES ET FONCTION D'USAGE



Représentation graphique

Interrupteurs de position  
1 « F » + 1 « O »



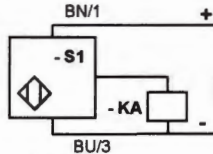
Fonction

Détecter une position  
Détecter un objet mécaniquement



Représentation graphique

Détecteur capacitif  
3 fils



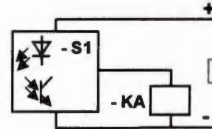
Fonction

Détecter une position  
Détecter un objet métallique



Représentation graphique

Détecteur photoélectrique



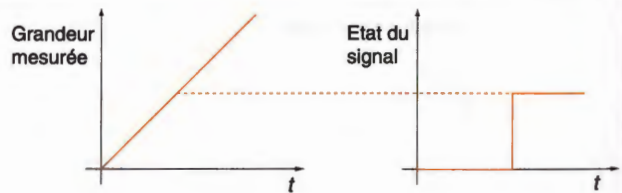
Fonction

Détecter une position  
Détecter un objet non métallique

## 20.15.2. DIFFÉRENTS TYPES D'INFORMATIONS DÉLIVRÉS PAR LES DÉTECTEURS

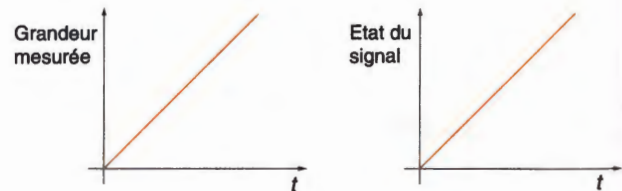
### Information à caractère logique

Le signal supportant l'information ne peut prendre que deux états possibles.



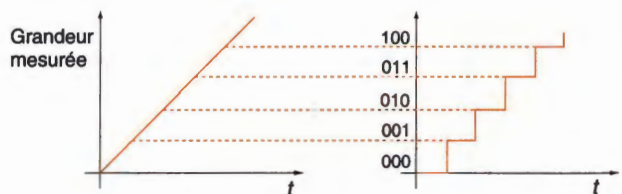
### Information à caractère analogique

Le signal supportant l'information peut varier de façon continue.



### Information à caractère numérique

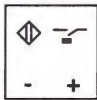
Le signal supportant l'information est quantifiable, il varie de façon discrète (par incrément).



**20.15.3  
TYPOLOGIE DES  
PRINCIPAUX  
CAPTEURS**

Signal	Grandeur physique	Nature du signal	Technologie	Principe	Nom usuel
<b>Logique</b>	Position	Pneumatique	A contact	Ouverture ou fermeture d'un circuit pneumatique	Capteur pneumatique à contact
	Position	Électrique	A contact	Ouverture ou fermeture d'un circuit électrique	Capteur électromécanique à contact
	Position	Électrique	Sans contact	Rupture d'un champ magnétique	Détecteur de proximité inductif
	Position	Électrique	Sans contact	Variation de capacité	Détecteur de proximité capacitif
	Position	Électrique	Sans contact	Rupture d'un flux lumineux	Détecteur photoélectrique
<b>Numérique</b>	Position	Électrique	Sans contact	Comptage d'impulsions	Codeur incrémental
	Position	Électrique	Avec contact	Indique un nombre en fonction de l'angle	Codeur absolu
<b>Analogique</b>	Position déplacement	Électrique	Avec contact	Variation d'une résistance	Capteur de position linéaire
	Vitesse angulaire	Électrique	Avec contact	Variation d'une tension	Dynamo tachymétrique
	Température	Électrique	Avec contact	Variation d'une tension (fem)	Thermocouple
	Température	Électrique	Avec contact	Variation d'une résistance	Thermistance CTN, CTP
	Déformation	Électrique	Avec contact	Variation d'une résistance	Jauge d'extensiométrie
	Champ magnétique	Électrique	Avec contact	Variation d'une tension (fem)	Sonde à effet Hall
	Humidité	Électrique	Avec contact	Variation d'une résistance	Capteur d'humidité
	Gaz	Électrique	Avec contact	Variation d'une résistance	Capteur de gaz
	Vibration	Électrique	Avec contact	Variation d'une tension (fem)	Microphone

**20.15.4.  
EXEMPLES DE  
CAPTEURS ET  
DE SCHÉMAS**



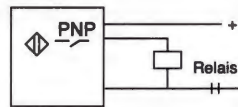
**Capteur de proximité à commande magnétique ILS.**



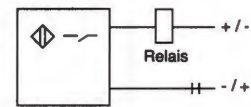
**Capteur mécanique avec introduction d'une hystérésis.**



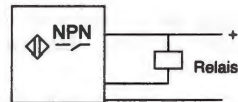
**Détecteur de proximité à barrière optique canalisé par fibre optique.**



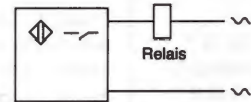
**Capteur 3 fils PNP**



**Capteur 2 fils DC**



**Capteur 3 fils NPN**



**Capteur 2 fils AC**

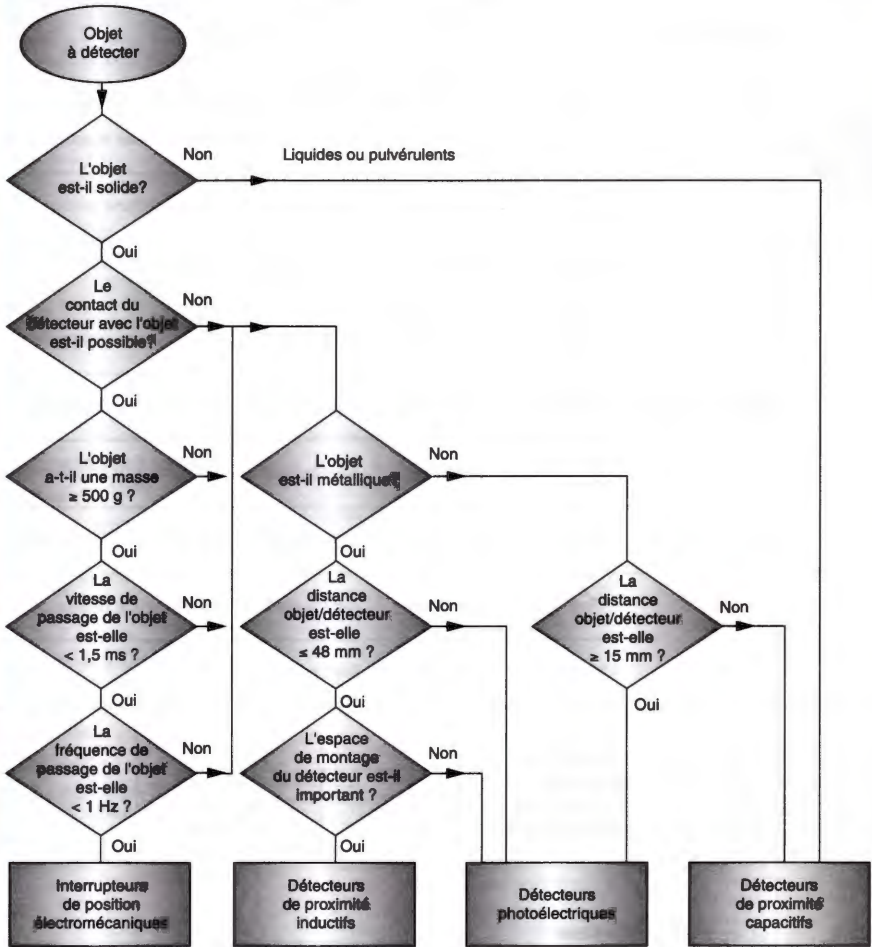
**20.15.5  
CRITÈRES  
GÉNÉRAUX  
DE CHOIX**

**• Démarche générale de choix d'un détecteur**

**Principaux facteurs intervenant dans le choix d'un détecteur :**

- les conditions d'exploitation, caractérisées par la fréquence de manœuvres, la nature, la masse et la vitesse du mobile à contrôler, la précision et la fidélité exigées, ou encore l'effort nécessaire pour actionner le contact,
- la nature de l'ambiance, humide, poussiéreuse, corrosive, température,
- le niveau de protection recherché contre les chocs, les projections liquides,
- le nombre de cycles de manœuvres,
- la nature du circuit électrique,
- le nombre et la nature des contacts,
- la place disponible pour loger, fixer et régler le capteur,
- etc.

**20.15.6.  
ORGANIGRAMME  
D'AIDE AU  
CHOIX**



**20.15.7.  
DÉMARCHE  
D'AIDE  
AU CHOIX**

**Phase 1 : Détermination de la famille de détecteurs adaptée à l'application** (nature de l'objet à détecter, contact possible avec l'objet, distance objet/détecteurs, masse de l'objet, vitesse de défilement, cadence de manœuvres...).

**Phase 2 : Détermination du type et de la référence du détecteur recherché** (environnement : température, poussières..., source courant alternatif ou continu, signal de sortie : électromécanique ou statique, raccordement).

## 20.15.8. MATÉRIELS MONTÉS SUR MACHINE : DÉTECTEURS – CAPTEURS – CODEURS

(D'après OMRON)

### – PRÉSENTATION DE LA DÉTECTION ET DE LA SÉCURITÉ

– Les fabricants industriels doivent relever des défis complexes car la demande en matière de performances, de qualité et de coûts est de plus en plus exigeante. Dans un environnement où chaque mouvement, chaque composant et chaque opération d'assemblage doit être immédiatement et automatiquement consigné, contrôlé et documenté afin de garantir une efficacité maximale, le **constructeur de composants de détection et de sécurité peut fournir la solution adaptée.**

– La gamme des produits proposée par ce constructeur comprend des capteurs optiques et des systèmes de mesures, des systèmes de traitement de l'image haute vitesse pour l'industrie, des dispositifs de contrôle et de commutation et des systèmes de suivi des produits pour l'échange d'informations.

### TABLEAU DE SÉLECTION DES PRODUITS



Fibres optiques



Capteurs photoélectriques



Détec. de dépl./  
Capt. de mes. largeurs



Capteurs de vision



Capteurs/Composants de sécurité



Détecteurs de proximité



Codeurs rotatifs

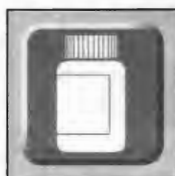


Détecteurs de pression

### GRANDS DOMAINES D'APPLICATIONS



Semi-conducteurs et composants électroniques



Emballages, produits alimentaires, produits chimiques et nettoyage



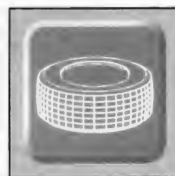
Electroménager et bureautique



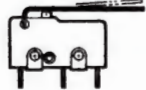
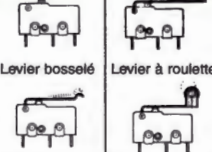

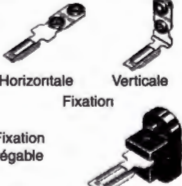
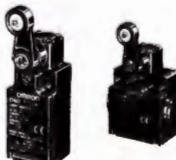
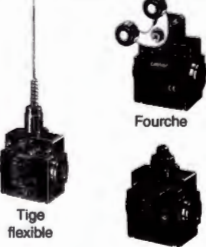


Automobile, machines-outils et robots


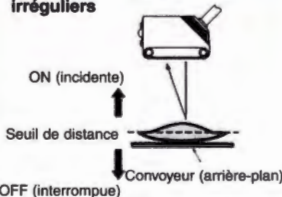
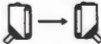
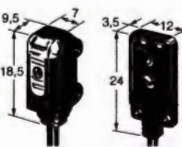
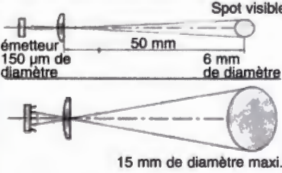
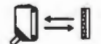

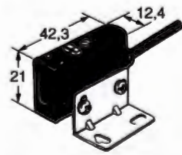


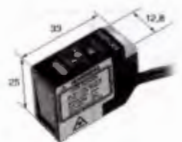




Automatismes et équipements d'inspection


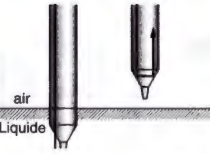

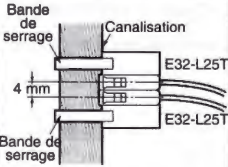
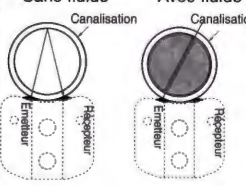

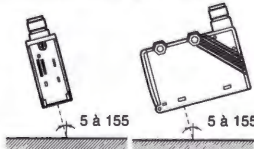
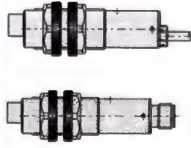
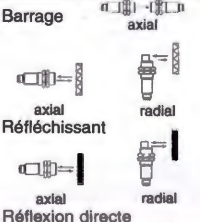
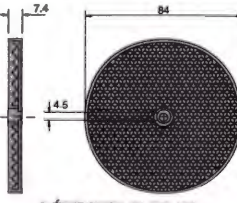



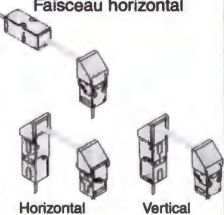

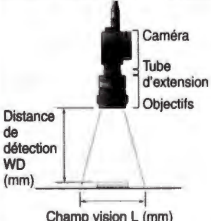


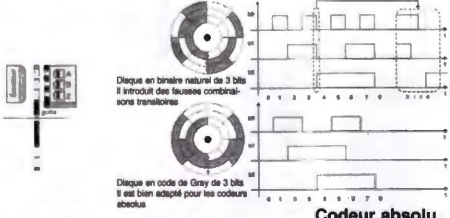

Caoutchouc, machines à mouler et moules

APTITUDES → TYPE ↓	FORME ↓	FIXATION ET MODE DE COMMANDE ↓	PRINCIPE ↓	PRÉCISION ↓	CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES ↓	APPLICATIONS ↓
<b>INTERRUPTEURS SENSIBLES</b>	 <p>D2F</p>	<p>Fixation par le corps</p> <p>Plongeur      Levier</p>  <p>Levier bosselé      Levier à roulette</p>	<p>Le mobile détecté actionne mécaniquement un organe de commande qui transmet son mouvement à un contact électrique.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Course différentielle très sensible.</li> <li>- Mécanisme à rupture brusque.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fréquence de fonctionnement :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 30 manœuvres/minute.</li> </ul> </li> <li>- Contacts « OF ».</li> <li>- Fonctionnement :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 25 à + 65 °C.</li> </ul> </li> <li>- 30 millions de manœuvres.</li> <li>- <math>I_n</math> = de 0,001 à 21 A.</li> <li>- Très petites dimensions.</li> <li>- Série étanche.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Équipement audio et vidéo.</li> <li>- Électroménager.</li> <li>- Télécommunication.</li> <li>- Bureautique.</li> <li>- Robotique</li> <li>- Types de sorties :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- à souder,</li> <li>- à vis,</li> <li>- à cosses.</li> </ul> </li> </ul>
<b>INTERRUPTEURS POUR PORTES DE SÉCURITÉ</b>	 <p>Horizontal      Vertical</p> <p>D4GS-N</p>	<p>Horizontale      Verticale</p> <p>Fixation</p>  <p>Fixation réglable</p> <p>CLÉS DE COMMANDE</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vitesse de fonctionnement : 0,1 à 0,5 m/s</li> <li>- Fréquence de fonctionnement :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 30 opérations/minute</li> </ul> </li> <li>- Force d'ouverture :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 60 N mini.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Interrupteurs fins avec contact à trois bornes.</li> <li>- Protection IP-67.</li> <li>- Conception réversible.</li> <li>- Tensions nominales :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 120 V, 240 V ca.</li> <li>- 125 V, 250 V cc.</li> </ul> </li> <li>- Courant porteur 2,5 A.</li> <li>- Classe II (double isolation).</li> <li>- <math>\theta</math> de fonctionnement :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 30 à 70 °C.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Détecteur de fermeture ou d'ouverture de portes ou de carter de machines-outils.</li> </ul>
<b>PETITS INTERRUPTEURS DE FIN DE COURSE DE SÉCURITÉ ÉCONOMIQUE</b>	 <p>D4D-N</p>	 <p>Fourche</p> <p>Tige flexible</p> <p>Plongeur à galet</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vitesse de fonctionnement : 1 mm/s à 0,5 m/s</li> <li>- Fréquence de fonctionnement :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 30 opérations/minute</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Equipés de contacts ouverts.</li> <li>- Double isolation.</li> <li>- <math>\theta</math> de fonctionnement :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 30 à 70 °C.</li> </ul> </li> <li>- Existe en modèle verrouillable</li> <li>- Tensions nominales :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 120, 240, 480, 600 V ca.</li> </ul> </li> <li>- Courants porteurs :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 10 ou 5 A suivant modèle.</li> </ul> </li> <li>- Protection IP 65.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Machines industrielles.</li> <li>- Fin de course pour machines automatisées.</li> </ul>
<b>INTERRUPTEURS DE FIN DE COURSE À RÉINITIALISATION MANUELLE</b>	 <p>Tête de réarmement</p> <p>D4D-R</p>	 <p>Levier à galet</p> <p>Galet</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vitesse de fonctionnement : 1 mm/s à 0,5 m/s</li> <li>- Fréquence de fonctionnement :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 30 opérations/minute</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Equipés de contacts ouverts.</li> <li>- Equipés de tête verrouillable.</li> <li>- Tensions nominales :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 120, 240, 480, 600 V ca</li> </ul> </li> <li>- Courant porteur : 10 A</li> <li>- <math>\theta</math> de fonctionnement :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 30 à 70 °C.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Machines industrielles.</li> <li>- Engins de maintenance.</li> </ul>

APTITUDES → TYPE ↓	FORME ↓	FIXATION ET MODE DE COMMANDE ↓	PRINCIPE ↓	PRÉCISION ↓	CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES ↓	APPLICATIONS ↓
<p><b>CELLULES PHOTOÉLECTRIQUES AVEC AMPLIFICATEUR INTÉGRÉ</b></p> <p><b>USAGE STANDARD</b></p>		<p>- <b>Détection d'objets brillants, irréguliers</b></p>  <p>ON (incidente) Seuil de distance Convoyeur (arrière-plan) OFF (interrompue)</p>	<p>- Emetteur de lumière par diode électroluminescente associée à un récepteur photosensible.</p> <p>- Durée de vie pratiquement illimitée.</p>  <p>Détection : 10 et 15 m <b>BARRAGE</b></p>	<p>- À une distance réglée à 40 mm, les changements de niveau de 4 mm peuvent être détectés sur les objets.</p>	<p>- Alimentation : 12-24 V courant continu.</p> <p>- <math>\theta</math> ambiante : -25 à 55 °C.</p> <p>- Dimensions : 33 x 20 x 11 mm</p> <p>- Type : barrage, direct, réflex, suppression arrière-plan (voir schéma ci-contre).</p>	<p>- Contrôle d'un passage.</p> <p>- Détection de bouteilles.</p> <p>- Comptage pièces.</p> <p>- Position de palettes.</p>
<p><b>MINICELLULES PHOTOÉLECTRIQUES AVEC AMPLIFICATEUR INTÉGRÉ</b></p> <p><b>ULTRA COMPACT</b></p> <p><b>DÉTECTION DE PETITS OBJECTS</b></p>		<p><b>Détection des pastilles de verre et des cartes circuit en verre ACL</b></p>  <p>Spot visible émetteur 150 µm de diamètre 50 mm 6 mm de diamètre 15 mm de diamètre maxi.</p> <p><b>Modèle à barrage conventionnel</b></p>	<p>Détection : 4 m <b>CAPTEUR RÉFLEX</b></p>  <p>Détection : 4 m <b>CAPTEUR RÉFLEX</b></p> 	<p>- Grâce à son amplificateur miniature peut atteindre des portées jusqu'à 1 m.</p> <p>- Une hyper DEL produit un faisceau puissant de haute précision de 0,8 mm de diamètre.</p>	<p>- Alimentation : 12-24 V courant continu.</p> <p>- <math>\theta</math> ambiante : -25 à 55 °C.</p> <p>- Dimensions : 16 x 12 x 3 mm</p> <p>- Diamètre du spot : 0,8 mm.</p>	<p>- Contrôle de passage de petits objets.</p> <p>- Comptage des "pattes" de circuits imprimés.</p> <p>- Comptage des composants.</p>
<p><b>CELLULES PHOTOÉLECTRIQUES</b></p> <p><b>DÉTECTION DE PRODUITS TRANSPARENTS</b></p>		<p><b>Détection des pastilles de verre et des cartes circuit en verre ACL</b></p>  <p>Réflecteur Pastilles de verre</p>	<p>Détection : 100 mm et 1 m <b>A FAISCEAU FIN RÉFLEXION DIFFUSE</b></p>  <p>Détection : 90 ± 30 m <b>DISTANCE RÉGLABLE</b></p>	<p>- Modification de l'intensité lumineuse en cas de détection de divers objets transparents.</p> <p>- La distance de détection de chaque modèle a été réglée en fonction de la portée nominale.</p>	<p>- Alimentation : 10-30 V courant continu.</p> <p>- <math>\theta</math> ambiante : 0 à 40 °C.</p> <p>- Dimensions : 42 x 21 x 12 mm</p>	<p>- Détection de bouteilles.</p>
<p><b>CELLULES LASER PHOTOÉLECTRIQUES AVEC AMPLIFICATEURS NUMÉRIQUES EXTERNES</b></p> <p><b>DÉTECTION D'OBJETS BRILLANTS</b></p>		<p>Types de faisceaux émis :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- E3C.LD11 : — taille spot —————</li> <li>- E3C.LD21 : — ligne —————</li> <li>- E3C.LD31 : — à zone —————</li> </ul>	<p>Détection : 500 mm et 2 m <b>RÉTRORÉFLÉCHISSANT</b></p>  <p>Détection : 25 mm <b>FOURCHE EN BARRAGE</b></p> 	<p>- Les 3 types de faisceaux assurent une détection longue distance pratique de 1 000 mm.</p>	<p>- Alimentation : 12-24 V courant continu.</p> <p>- <math>\theta</math> ambiante : -10 à +55 °C.</p> <p>- Portée 1 m.</p> <p>- Spot laser réglable</p>	<p>- Contrôle dépose de colle.</p> <p>- Contrôle de positionnement d'un bras de robot.</p>

CELLULES PHOTOÉLECTRIQUES

APTITUDES → TYPE ↓	FORME ↓	FIXATION ET MODE DE COMMANDE ↓	PRINCIPE ↓	PRÉCISION ↓	CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES ↓	APPLICATIONS ↓
<b>CELLULES PHOTOÉLECTRIQUES</b>  <b>DÉTECTION DU NIVEAU DE LIQUIDE</b>	 <b>E32-D</b>	 <b>FONCTIONNEMENT</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dans l'air, la différence entre l'indice de réfraction de la section en Téflon et celui de l'air est plus importante.</li> <li>- Dans le fluide, la lumière se propage (peu de différence entre l'indice de réfraction du Téflon et celui de l'air).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Répétabilité de 0,5 mm (dans de l'eau pure).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'utilisation du Téflon offre une excellente résistance à l'huile et aux produits chimiques.</li> <li>- Capable de détecter des fluides haute température, tels que l'acide sulfurique dans une verre de nettoyage. (- 40 à + 200 °C).</li> <li>- Haute précision de répétabilité.</li> <li>- Utilise un mécanisme de prévention des éclaboussures.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Détection de niveau dans cuve (huile de lubrification).</li> <li>- Détection du niveau des huiles à haute température.</li> </ul>
<b>CELLULES PHOTOÉLECTRIQUES</b>  <b>DÉTECTION DE LA DIFFÉRENCE DE NIVEAU</b>	 <b>E32-L</b>	 <b>INSTALLATION CORRECTE</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Détecte des différences de niveaux de 4 mm.</li> <li>- Précision de répétabilité : 1 mm.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Température d'utilisation : - 40 à + 70 °C.</li> <li>- Rayon de courbure maximum : 10 mm.</li> <li>- Indice de protection : IP 60.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Installation sur de petites canalisations et qui peuvent être utilisés dans des atmosphères combustibles.</li> <li>- Détection de niveau du produit chimique avec raccord de tube.</li> </ul>
<b>CELLULES PHOTOÉLECTRIQUES</b>  <b>DÉTECTION DE MARQUAGE</b>	 <b>E3MV</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'inclinaison est nécessaire pour un bon fonctionnement.</li> </ul> 	<b>OBJET À DÉTECTER</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Temps de réponse : - ON : 50 µs maxi. - OFF : 70 µs maxi.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diode d'émission verte.</li> <li>- Portée : 1 cm.</li> <li>- Fonction d'apprentissage (reconnaissance, par la cellule, d'un paramètre).</li> <li>- Poids : 10 g.</li> <li>- Indice de protection : IP 67.</li> <li>- <math>\theta</math> ambiante : - 20 à 55 °C.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contrôle de marques.</li> <li>- Détecte les objets laminés ou dispersant de la lumière.</li> <li>- Fonctionne en auto-apprentissage en définissant automatiquement la valeur seuil au moment de l'appui sur une commande à distance, pendant que la pièce se déplace.</li> </ul>
<b>CELLULES PHOTOÉLECTRIQUES CYLINDRIQUES FILETÉES</b>  <b>DÉTECTION DE PROXIMITÉ</b>	 <b>E3 F2</b>	 <b>Réfléchissant</b>  <b>Réflexion directe</b>	 <b>DÉTECTEUR E3 F2</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Objets détectables : - 11 à 56 mm</li> <li>- Temps de réaction : - 30 ms</li> <li>- Temps de remise à zéro : - 100 ms</li> <li>- Source lumineuse : DEI infrarouge.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alimentation : 10-30 V courant continu ou 24-250 V ~.</li> <li>- Taille : <math>\varnothing</math> M 18.</li> <li>- Portée : 7 m.</li> <li>- Type polarisé autoréfléchissant : 2 m.</li> <li>- Longue portée (30 cm) avec ajusteur des sensibilités pour la réflexion directe.</li> <li>- Indice de protection : IP 67.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Applications de base : - contrôle de passage : présence/absence.</li> <li>- Détection de substrats de cristaux liquides dans des fours.</li> <li>- Détection de wafers à hautes températures.</li> <li>- Détection des marques d'enregistrement.</li> <li>- Détection d'étiquettes...</li> </ul>

APTITUDES → TYPE ↓	FORME ↓	FIXATION ET MODE DE COMMANDE ↓	PRINCIPE ↓	PRÉCISION ↓	CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES ↓	APPLICATIONS ↓
<b>CAPTEURS DE MESURE DES LARGEURS</b>  <b>LASER INTELLIGENTS</b>	  <b>ZX-L</b>	Faisceau horizontal  Horizontal      Vertical	– Laser de télémétrie fonctionnant par triangulation.	1 µm	– Portée : 2 m en barrage 50 cm en direct. – Logiciel de paramétrage – Tracé de courbes – Data logging : remontée – Valeurs sous Excel.	– Comptage de feuilles – Epaisseur d'objets – Contrôle de l'excentricité. – Mesures de hauteur.
<b>CAPTEURS DE VISION</b>  <b>MESURE ET INSPECTION</b>	  <b>V 150</b>	 Caméra Tube d'extension Objectifs Distance de détection WD (mm) Champ vision L (mm)	– Caméra de vision (CCD) – L'image est traitée dans un contrôleur dédié, incluant des fonctions calculatoires.	– 1/100 de la surface vue, égal 1/100 du champ visuel.	– Calcul en niveau de gris (analyse du gris). – 16 campagnes de 16 fenêtres. – Calcul : surface / centre inertie / angle.	– Contrôle de formes – Contrôle présence/absence – Positionnement de pièces – Contrôle d'inclinaison.
<b>CODEURS ROTATIFS INCRÉMENTAL ET ABSOLU</b>	  <b>E6C3</b>	Plats vote A Plats vote B Synchro Z   <b>Codeur incrémental</b>	 Diague en binaire naturel de 3 bits il introduit des fausses combinaisons transitoires Diague en code de Gray de 3 bits il est bien adapté pour les codeurs absolus  <b>Codeur absolu</b>	– Résolution : 10 à 2 000 $\text{mm}^{-1}$ . – Contraintes : – radiale : 80 N. – axiales : 80 N. – Une impulsion par tour.	– Contrôle de positionnement – Contrôle de déplacement : – calcul de longueurs.	– Contrôle de positionnement – Contrôle de déplacement : – calcul de longueurs.
<b>CAPTEURS DE PRESSION</b>	  <b>OMRON E8M5</b>			– Haute précision sans erreur. – Très sensibles capables de détecter de très faibles différences de pression d'air.	– Plage : 0 à 1 MPa – Sortie linéaire : 1-5 V. – Alimentation : 24 V courant continu. – Compact et léger. – Réglage facile.	– Calcul de pression. – Idéal pour les bras de robots et autres composants mobiles. – Contrôle de la pression à l'échappement de bacs individuels de nettoyage. – Contrôle de la pression d'un jet de flux. – Contrôle d'aspiration de produits.

**Note :** Pour d'autres types de détecteurs, capteurs et pour des compléments d'informations, se reporter au DVD ROM OMRON associé à l'ouvrage.

# 20.16. LES AUXILIAIRES DE COMMANDE ET DE SIGNALISATION

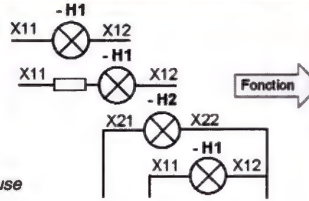
(D'après SCHNEIDER ELECTRIC)

## 20.16.1. FORMES, SYMBOLES ET FONCTION D'USAGE

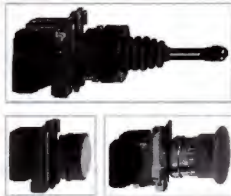


Représentation graphique

Voyant de signalisation  
Colonne lumineuse

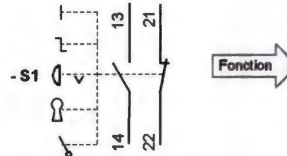


Signaler une position  
ou un état  
Avertir  
Baliser un circuit

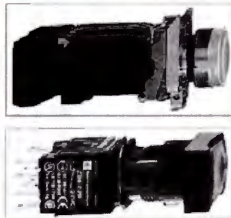


Représentation graphique

Manipulateur  
Bouton poussoir  
Arrêt d'urgence

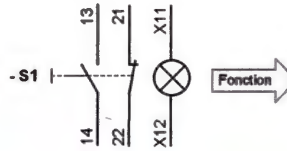


Commander  
Sélectionner une  
fonction  
Arrêter en cas  
d'urgence



Représentation graphique

Bouton poussoir  
lumineux



Signaler un état  
Commander  
Sélectionner une  
fonction

## 20.16.2. ÉLÉMENTS DE CHOIX DES AUXILIAIRES DE COMMANDE ET DE SIGNALISATION (EN 60 204-1)

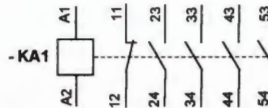
Couleur de la tête de commande	Fonction (Signification)	Action	Exemple d'application	Remarque
ROUGE	Urgence	Action en cas de danger	- Arrêt d'urgence. - Initialisation de la fonction d'urgence.	Pour marche/mise sous tension et arrêt/mise hors tension le ROUGE est interdit.
JAUNE	Anormal	Action en cas de conditions anormales.	- Intervention pour supprimer des conditions anormales. - Intervention pour remettre en route un cycle automatique interrompu.	Pour arrêt/mise hors tension et marche/mise sous tension le JAUNE est interdit.
VERT	Sûr	Action en cas de situation sûre ou pour la préparation des conditions normales.	- Intervention pour supprimer des conditions anormales. - Intervention pour remettre en route un cycle automatique interrompu.	- Pour arrêt/mise hors tension et réarmement le VERT est interdit. - Pour marche/mise sous tension le VERT est autorisé.
BLEU	Obligatoire	Actions en cas de conditions nécessitant une action obligatoire.	Intervention de réarmement.	
BLANC	Marche/mise sous tension (préférentielle) Arrêt/mise hors tension	Action pour l'initialisation générale des fonctions, sauf l'arrêt d'urgence.		- Pour le réarmement le BLANC est autorisé. - La même couleur BLANCHE peut servir à différentes commandes si elles sont différenciées par un code.
GRIS	Marche/mise sous tension Arrêt/mise hors tension		Intervention spécifique	- Pour le réarmement le GRIS est autorisé. - La même couleur GRISE peut servir à différentes commandes si elles sont différenciées par un code.
NOIR	Marche/mise sous tension Arrêt/mise hors tension (préférentielle)		Intervention assignée.	- Pour le réarmement le NOIR est autorisé. - La même couleur NOIRE peut servir à différentes commandes si elles sont différenciées par un code.

Couleur de la tête du voyant	Fonction (Signification)	Signalisation	Exemple d'application	Action de l'opérateur
<b>ROUGE</b>	<b>Urgence</b>	Condition dangereuse.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pression, température en dehors des limites de sécurité.</li> <li>- Chute de tension.</li> <li>- Coupure.</li> <li>- Surcourse au-delà de la position d'arrêt.</li> </ul>	Action immédiate pour traiter une condition dangereuse (actionner l'arrêt d'urgence, par exemple)
<b>JAUNE</b>	<b>Anormal</b>	Condition anormale entraînant une condition critique.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pression, température dépassant une limite normale.</li> <li>- Déclenchement d'un dispositif de protection.</li> </ul>	Surveillance ou intervention (rétablir la fonction désirée, par exemple).
<b>VERT</b>	<b>Normal</b>	Condition normale.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Autorisation de démarrer.</li> <li>- Signalisation des limites normales de travail.</li> </ul>	Optionnelle.
<b>BLEU</b>	<b>Obligatoire</b>	Indication d'une condition qui requiert l'action de l'opérateur.	Demande pour entrer des valeurs présélectionnées.	Action obligatoire.
<b>BLANC</b>	<b>Neutre</b>	D'autres conditions peuvent être utilisées chaque fois qu'il y a un doute sur l'utilisation des couleurs ROUGE, JAUNE, VERT et BLEU.	Information générale.	Surveillance.
CHOIX DU TYPE D'APPAREIL DANS UNE GAMME DONNÉE	<b>TYPES</b>		<b>UTILISATIONS USUELLES</b>	
	<b>Bouton affleurant</b>		Pour une utilisation courante.	
	<b>Bouton capuchonné</b>		Pour améliorer la protection en ambiance particulièrement poussiéreuse.	
	<b>Bouton coup-de-poing</b>		Pour une intervention d'urgence (ou pour une manipulation répétitive : travail avec la paume de la main plutôt qu'avec le doigt).	
	<b>Bouton tournant à manette</b>		Pour une sélection de fonctions, de mouvements avec affichage.	
	<b>Bouton tournant à serrure</b>		Pour une intervention réservée au personnel spécialisé ou un verrouillage électrique d'une fonction ou d'une machine.	
	<b>Bouton poussoir lumineux</b>		Pour regrouper sous un encombrement réduit, les fonctions commande et signalisation.	

## 20.17. LES CONTACTEURS AUXILIAIRES

(D'après SCHNEIDER ELECTRIC)

### 20.17.1. FORME, SYMBOLE ET FONCTION D'USAGE



Relais auxiliaire 1 « O » + 4 « F »



Interface partie commande et partie opérative  
Relayer les capteurs

### 20.17.2. DÉFINITION

- Dans un équipement, les contacteurs auxiliaires assurent les fonctions :
  - d'automatismes (relais d'automatisme),
  - d'interface entre partie commande et partie opérative (automates programmables, carte de contrôle).

**20.17.3.  
LES  
CONTACTEURS  
AUXILIAIRES  
(EXEMPLE DE  
FICHE  
TECHNIQUE)**

CARACTÉRISTIQUES DU CIRCUIT DE COMMANDE					
Type de contacteur auxiliaire		CAD2	CAD	CAD (basse consommation)	
Température de l'air sec ambiant	de stockage de fonctionnement (à $U_c$ )	- 60 °C à + 80 °C - 40 °C à + 70 °C		- 60 °C à + 80 °C - 40 °C à + 70 °C	
Position de fonctionnement		Inclinaison de 30° maximum rotation de 90° ou 180°			
Tension assignée de commande	(V)	12 à 690 (50/60 Hz)	12 à 440	5 à 72 ---	
Consommation moyenne à 20 °C et $U_c$	CA appel (50/60 Hz) cos $\varphi$	(VA)	70	5,4	2,4
	maintien cos $\varphi$	(VA)	8	5,4	0,8
Dissipation thermique	CA	(V)	690	690	0,3
Limite de tension	à la retombée ( $U_c$ )		0,3 à 0,6	0,1 à 0,25	0,1 à 0,25
Temps de fonctionnement à $U_c$ et $t_a = 20$ °C	Entre excitation bobine et ouverture contact « O » et fermeture contact « F »		4 à 19 ms 12 à 22 ms	35 à 45 ms 50 à 55 ms	45 ms 60 à 70 ms
	Entre désexcitation bobine et ouverture contact « F » et fermeture contact « O »		4 à 12 ms 6 à 17 ms	6 à 14 ms 20 ms	10 à 15 ms 25 ms
Durée de vie mécanique	Millions de manœuvres		30	30	30

CARACTÉRISTIQUES DES CONTACTS					
Tension d'emploi $U_b$		(V)	690		
Courant thermique : $I_{th}$	( $t_a \leq 40$ °C)	(A)	10		
Fréquence du courant d'emploi		(Hz)	25 à 400		
Protection contre les courts-circuits Courant de surcharge	Fusible gG	(A)	10		
	admissible pendant 1 s	(A)	100		
	0,5 s	(A)	120		
	0,1 s	(A)	140		
Durée de l'impulsion (accrochage)	Bloc à accrochage	(ms)	100		
Nombre de contacts	Bloc additif (« O » ou « F »)		4		
Bloc temporisé	Bloc additif		1 « O » + 1 « F » de 0,1 à 180 s		

**20.17.4.  
CONDITIONS  
D'UTILISATION  
DES CONTACTS  
DES  
CONTACTEURS  
AUXILIAIRES**

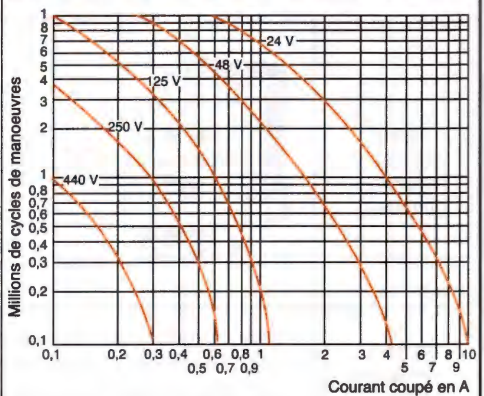
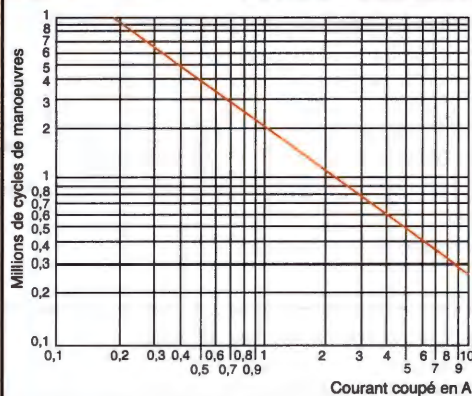
**Courant alternatif catégorie AC-14 et AC-15 :**  
Durabilité électrique (valable jusqu'à 3 600 cycles de manœuvres par heure) sur charge inductive telle que :  
La puissance établie par la bobine de l'électroaimant (cos  $\varphi = 0,7$ ) = 10 fois la puissance coupée établie (cos  $\varphi = 0,4$ )

**Courant continu catégorie DC-13 :**  
Durabilité électrique (valable jusqu'à 1 200 cycles de manœuvres par heure) sur charge inductive telle que :  
La constante de temps de la bobine de l'électroaimant, sans réduction de consommation, augmente avec la puissance.

**Puissance d'emploi des contacts :**

**Puissance d'emploi des contacts :**

Millions de cycles de manœuvres	V	24	48	115	230	400	440	600	V	24	48	125	250	440
		VA	60	120	280	560	960	1 050		1 440	VA	120	90	75
1	VA	60	120	280	560	960	1 050	1 440	VA	120	90	75	68	61
3	VA	16	32	80	150	280	300	420	VA	70	50	38	33	28
10	VA	4	8	20	40	70	80	100	VA	25	18	14	12	10



# 20.18. LES AUTOMATES PROGRAMMABLES INDUSTRIELS

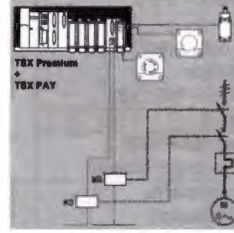
(API)

(D'après SCHNEIDER ELECTRIC)

## 20.18.1. FORME, SYMBOLE ET FONCTION D'USAGE

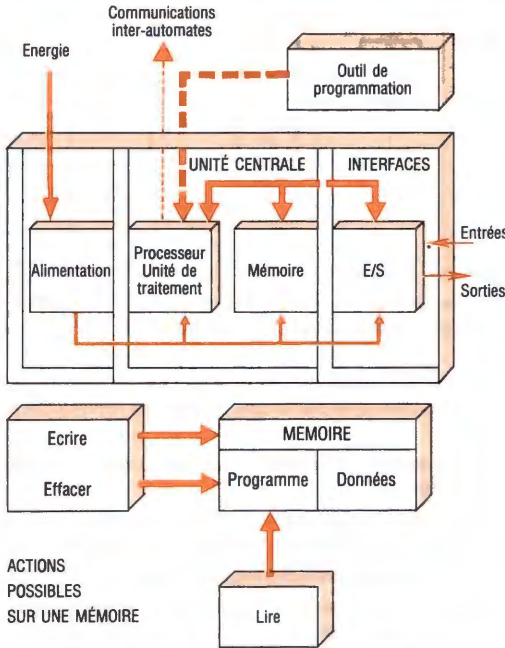


Représentation graphique  
Automate pilotant des modules de sécurité (§ 20.19.)



Fonction  
Traiter les données  
Analyser les entrées  
Commander les sorties

## 20.18.2. ARCHITECTURE ET LIAISONS D'UN AUTOMATE PROGRAMMABLE



– L'automate programmable est un système à micro-processeur. Le processeur dialogue avec les entrées/sorties (E/S), la mémoire l'outil de programmation et éventuellement avec le réseau de communication.

– La mémoire contient sous forme binaire, les informations indispensables au bon fonctionnement de l'automate (PROGRAMME ET DONNÉES). On peut lire, écrire, effacer sur une mémoire.

## 20.18.3. ALIMENTATION CONNEXIONS LIAISONS

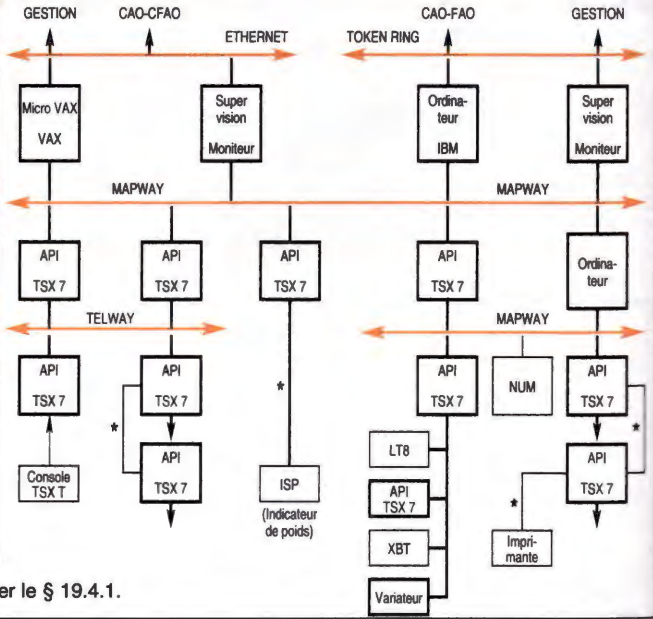
- **ALIMENTATION DES AUTOMATES PROGRAMMABLES :**
  - L'alimentation électrique des automates doit être conforme aux règles de la norme NFC 15-100.
  - Certaines applications exigent une alimentation spécifique, éventuellement sécurisée.
  - Les fluctuations de la tension ne doivent pas dépasser les limites prévues par la norme NFC 63-850.
- **RACCORDEMENTS DES ENTRÉES/SORTIES :**
  - Les raccordements doivent être effectués par bornes ou par conducteurs.
  - Les circuits de raccordement seront constitués par des conducteurs appartenant aux séries normalisées (cas usuels) ou par des conducteurs blindés, torsadés (capteurs à faible niveau de tension).
  - L'alimentation des circuits des Entrées/Sorties de l'automate doit être séparée (double isolation) des circuits internes.

## 20.18.4. CRITÈRES À RETENIR POUR LE CHOIX D'UN AUTOMATE PROGRAMMABLE

- |  |  |   |
|--|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>ALIMENTATION :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– tension,</li> <li>– puissance,</li> <li>– isolement,</li> <li>– filtrage,</li> <li>– raccordement à la terre.</li> </ul> </li> <li>– <b>ENTRÉES :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– nombre et nature,</li> <li>– tension et courant,</li> <li>– filtrage,</li> <li>– raccordement</li> <li>– débrouillabilité,</li> <li>– visualisation,</li> <li>– points communs,</li> <li>– alimentation des entrées.</li> </ul> </li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>SORTIES :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– nombre et nature,</li> <li>– tension,</li> <li>– puissance,</li> <li>– cadence de fonctionnement,</li> <li>– isolement,</li> <li>– pouvoir de coupure,</li> <li>– protection,</li> <li>– points communs,</li> <li>– raccordement,</li> <li>– débrouillabilité,</li> <li>– visualisation,</li> <li>– sortie de surveillance (chien de garde).</li> </ul> </li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>TEMPORISATION :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– nombre - gamme,</li> <li>– mode de réglage.</li> </ul> </li> <li>– <b>PROGRAMMATION :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– type de langage,</li> <li>– type de mémoire,</li> <li>– mode d'archivage,</li> <li>– mode de sauvegarde,</li> <li>– outil de programmation</li> <li>– outil d'exploitation</li> </ul> </li> <li>– <b>PÉRIPHÉRIQUES :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– connexions de l'automate (écran-imprimante),</li> <li>– connexions réseaux (interautomates).</li> </ul> </li> </ul> |
|--|--|---|

**20.18.5. COMMUNICATION**

<p><b>NIVEAU : 3</b></p> <p>– <b>DIGITAL</b> Micro VAX, VAX Exploitation VMS</p> <p>– <b>IBM</b> Micro-ordinateur Exploitation : MS DOS – MS OS2</p>
<p><b>NIVEAU : 2</b></p> <p>– <b>Réseau MAPWAY</b> Bus à jetons 5 Mbits/s 64 équipements 700 m (coaxial)</p>
<p><b>NIVEAU : 1</b></p> <p>– <b>Réseau TELWAY</b> Bus géré par maître flottant Débit : 19,2 kbits/s 16 stations : 2 000 m</p> <p>– <b>Réseau UNI-TELWAY</b> Bus <i>Télé</i>mécanique Débit : 9,6 kbits/s 28 stations : 1 000 m</p> <p>– <b>LIAISON SÉRIE (*)</b> <b>SYNCHRONE</b></p>



Pour plus de précisions consulter le § 19.4.1.

**20.18.6. MISE EN SERVICE MAINTENANCE EXPLOITATION SÉCURITÉ**

- L'existence de voyants sur les circuits des Entrées/Sorties facilite le contrôle de leur bon raccordement et de leur bon fonctionnement.
- Les contrôles doivent être effectués avant de procéder aux essais sur site. Ils s'effectuent par forçage des Entrées/Sorties et permettent de contrôler la concordance de l'Entrée/Sortie et l'état du capteur/pré-actionneur.
  - Un test de pas à pas doit être effectué à la mise en service du système automatisé afin de rectifier le programme correspondant si nécessaire.
  - À l'issue de la période d'essai jugée satisfaisante, le programme enregistré sur mémoire vive doit être transféré en mémoire morte de façon à le rendre inviolable sauf par l'outil de programmation.
  - 90 % des pannes proviennent des capteurs/actionneurs et non de l'automate lui-même.
  - Les dispositifs d'aide au diagnostic, intégrés au programme, peuvent contribuer à localiser l'origine des incidents et permettre un dépannage rapide de l'installation automatisée.
  - Les fonctions de sécurité (sectionnement, arrêt d'urgence) doivent être assurées en amont ou en aval de l'automate.




**20.18.7. MODULES D'ENTRÉES/SORTIES PERMETTANT LA LIAISON ENTRE LES CAPTEURS/ACTIONNEURS ET L'AUTOMATE PROGRAMMABLE**

- Le synoptique Fig. 57 représente les principales possibilités de liaisons entre l'automate programmable industriel et les capteurs/actionneurs.
- LÉGENDE :**
- A : Capteur électromécanique, } 1. commun automate
  - B : Détecteur statique 2 fils } 2. commun capteur
  - C : Détecteur statique 3 fils
  - D : Détecteur analogique à seuils (2 dans ce cas) : chaque seuil active une entrée de l'API.
  - E : Entrée analogique/numérique : la résolution est fonction du nombre de bits utilisés pour le codage numérique.
  - F : Liaison série asynchrone : permet l'échange de séquences de bits transmis sur un réseau de communication (codeurs, lecteurs code à barres, capteurs de pesage, communication interautomates ou systèmes).
  - G : Alimentation d'un voyant.
  - H : Alimentation d'un micromoteur (1. Commun automate ; 2. commun actionneur).
  - I : Commande d'une bobine de contacteur
  - J : Commande des éléments d'un appareillage intégré (intégral).
  - K : Pilotage électromécanique d'un distributeur bistable.
  - M : Interfaces modulaires électropneumatiques permettant le pilotage pneumatique d'un distributeur bistable L.
  - N : Variateur de vitesse piloté par une tension analogique 3. (4 : Alimentation du variateur.)

Automate	Cartes E/S	Types	Exemples d'utilisation
	E	T.O.R. (Tout Ou Rien)	
	E	ANALOGIQUE	
	E/S	COMMUNI- CATION (Liaison série asynchrone)	
	S	T.O.R. (Tout Ou Rien)	
		T.O.R. (Tout Ou Rien)	
		T.O.R. (Tout Ou Rien)	
		T.O.R. (Tout Ou Rien)	
		T.O.R. (Tout Ou Rien)	
		ANALOGIQUE	

Fig. 57 - Interface Entrée/Sortie (E/S).

- Souplesse, efficacité et rapidité constituent des facteurs essentiels de compétitivité pour la fabrication de machines.  
 - Depuis les stations d'E/S intelligentes déportées et les micro-automates compacts CPM, jusqu'au mini-automate modulaire et miniaturisé et aux automates CS1 Duplex, toutes les solutions du constructeur intègrent la qualité, la fiabilité et la technologie évoluée sur les systèmes de contrôle qui répondent aux exigences de vitesse de traitement et de transparence.

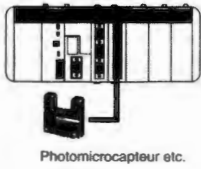
		MICRO API COMPACTS			MINI API MODULAIRES			API SPÉCIALISÉS	
TYPE →									
CARACTÉRISTIQUES ↓									
		CPM1A	CPM2A	CPM2C	CQM1H16	CJ1M	CJ1G/H	CS1G/H	CS1D
Intégré	E/S numériques	10 - 40	20 - 60	10 - 32	16	16		non	
	Entrées interruption	2 - 4	2 - 4	2 - 4	4	4		non	
	Entrées compteur	1 (5 kHz)			1 (5 kHz)	2 (100 kHz)		non	
	Sorties impulsionnelles	1 (2 kHz)			1 (1 kHz)	2 (100 kHz)		non	
Fonctions UC/ cartes optionnelles		Alimentation c.a. ou c.c. intégrée sur les modèles -A 2 paramètres analogiques sur les modèles -A Borniers amovibles sur le CPM2A 2nd port série standard sur tous les modèles CPM2			Cartes optionnelles de l'UC : 4 compteurs (500 kHz) 2 E/S impulsionnelles (50 Hz) 2 codeurs absolus 4 entrées analogiques + 2 sorties analogiques 4 paramètres analogiques 2 ports série	Choix de modèles avec et sans E/S intégrées	non	2 ports série Carte de régulation	Carte de régulation UC duplex, alimentation et communications
Nbre maxi. de points d'E/S numériques		10 - 100	80 - 120	106 - 192	256 - 512	160-640	960 - 2 560	960 - 5 120	5 120
Temps d'exécution (instructions de bit)		0,72 - 1,72 ms	0,26 - 0,64 ms	0,26 - 0,64 ms	0,375 ms	0,1 ms	0,04/0,02 ms	0,04/0,02 ms	0,02 ms
Mémoire programme		2 kMots	4 kMots	4 kMots	3 - 15 kMots	10 - 20 kpas	10 - 120 kPas	10 - 250 kPas	60 - 250 kPas
Mémoire données		1 kMots	2 kMots	2 kMots	3 - 12 kMots	32 kMots	64 - 256 kMots	64 - 448 kMots	128 - 448 kMots
Mémoire CompactFlash			non		Cassette mémoire spéciale				
E/S analogique		Jusqu'à 3 x 4 points Résolution 8 et 12 bits U, I, TC, Pt100		Jusqu'à 4 x (2 entrées + 1 sortie) Résolution 12 bits U, I, TC, Pt100	Jusqu'à 4 x 4 points Résolution 12 bits U, I, TC, Pt100	Jusqu'à 64 Mo Jusqu'à 20 x 8 points Résolution 12 bits U, I, TC, Pt100	Jusqu'à 36 x 8 points Résolution 13 bits U, I, TC, Pt100	Jusqu'à 80 x 8 points Résolution 13 bits ou 80 x 4 points résolution 16 bits U, I, TC, Pt100 traitement E/S	Jusqu'à 64 Mo Jusqu'à 75 x 8 points Résolution 13 bits ou 75 x 4 points résolution 16 bits U, I, TC, Pt100 traitement E/S
Cartes spéciales		non			Carte de régulation de température Carte de relais de sécurité	Régulation de température Compteurs grande vitesse (500 kHz) Commande de position Macro de protocole Carte de capteur RFID	Régulation de température Entrée encodeur SSI Compteurs grande vitesse (500 kHz) Commande de position Commande du mouvement Commande de processus Macro de protocole Carte de capteur RFID		
Réseaux industriels		Communication série			Communication série Controller Link	Ethernet (100 BASE-Tx) Controller Link	Ethernet (100 BASE-Tx) Controller Link		
Maîtres réseaux de terrain		non		CompoBus/S	CompoBus/S AS-Interface	DeviceNet PROFIBUS-DP CompBus/s	DeviceNet PROFIBUS-DP CAN/CANopen CompBus/s		
Bus de terrain		DeviceNet CompoBus/S PROFIBUS-DP		DeviceNet CompoBus/S	DeviceNet PROFIBUS-DP	DeviceNet PROFIBUS-DP	DeviceNet PROFIBUS-DP CAN/CANopen		

# 20.18.9. EXEMPLES DE FONCTIONNALITÉS D'UN MINI-API MODULAIRE CQM1H

(D'après OMRON)

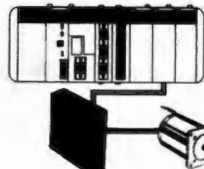
## - Mini-automate modulaire dédié à la commande polyvalente des machines.

- Traitement des entrées d'interruption



Photomicrocapteur etc.

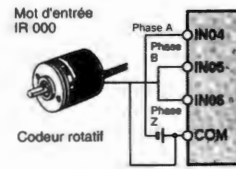
- Capteurs à grande vitesse internes



Commande de moteur pas à pas

Moteur pas à pas

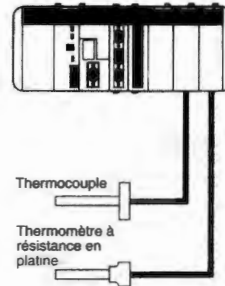
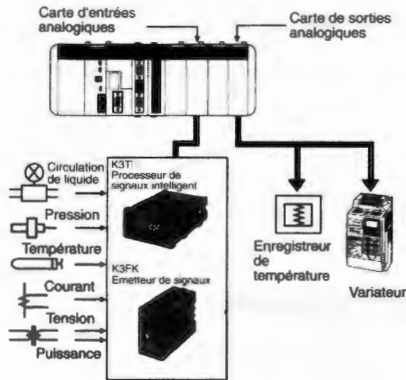
- Sortie impulsionnelle et fréquence de changement



- Carte d'entrées analogiques : elle peut traiter quatre signaux de capteurs ou d'équipements de mesure.
- Carte de sortie analogique unique : elle peut effectuer une conversion N/A à deux points ( $V = 0,5 \text{ ms}/2 \text{ points}$ )

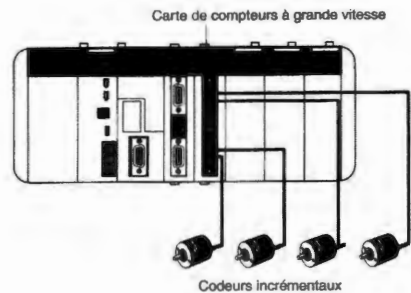
## Cartes de régulation

- Entrées thermocouples
- Entrées de thermomètre à résistance en platine.



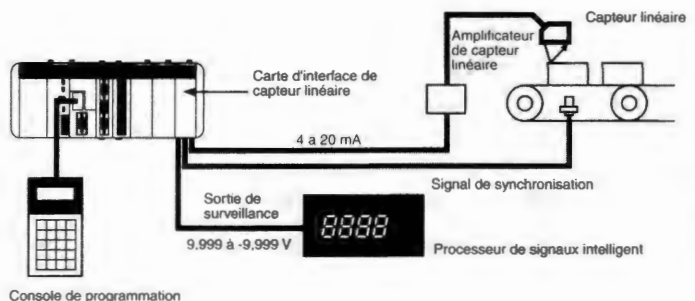
## - Cartes de compteurs à grande vitesse

- Carte interne qui comprend jusqu'à 4 entrées impulsionnelles grande vitesse pouvant atteindre 500 kHz et qui peut exécuter des tâches en fonction du nombre d'impulsions. (voir configuration ci-contre).



## - Carte capteur linéaire

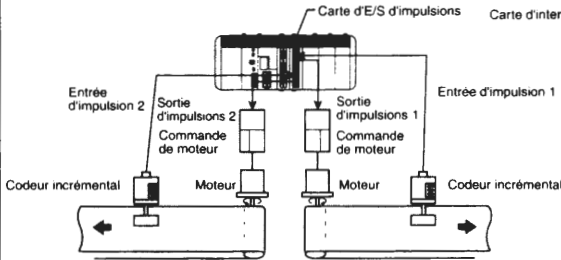
- Ces cartes mesurent de manière rapide et précise les entrées de tension ou de courant en provenance de capteurs linéaires et convertissent les mesures en données numériques pour le traitement comparatif des décisions. On peut également synchroniser le traitement interne à l'aide de signaux de synchronisation externe (voir configuration ci-contre).



# EXEMPLES DE FONCTIONNEMENT D'UN MINI-API MODULAIRE CQM1H

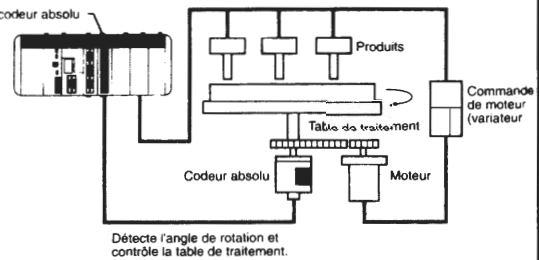
## - Carte de positionnement

- La carte d'E/S impulsionnelles est une carte interne qui prend en charge deux entrées impulsionnelles et deux sorties impulsionnelles.



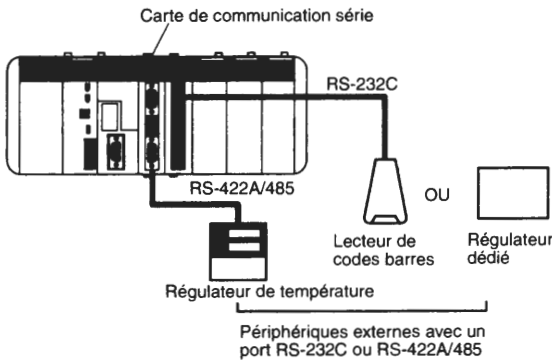
## - Carte codeur absolu

- C'est une carte interne qui permet d'entrer des données de positionnement directement à partir de codeurs rotatifs absolus.



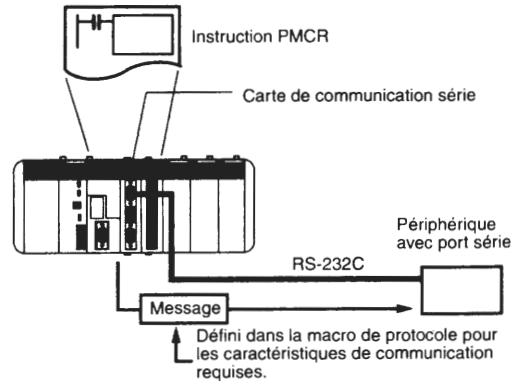
## - Carte de positionnement série

- Cette carte interne est équipée de deux portes permettant de connecter des ordinateurs hôtes, des terminaux opérateurs programmables, des périphériques externes série ou des périphériques de programmation autres qu'une console de programmation.



## - Macros protocole :

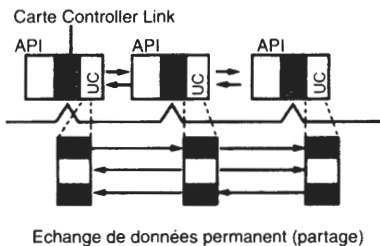
- Ils permettent de créer des protocoles de communication de données pour les caractéristiques de communication de périphériques externes munis de ports de communication série.



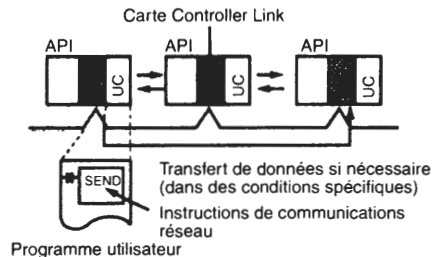
## - Carte inter - API controller link

- Controller link est un réseau d'usine qui permet d'envoyer et de recevoir de nombreuses données de manière simple et flexible entre les API du constructeur.
- Il prend en charge des liaisons de données qui autorisent le partage de données et un service de messagerie qui permet d'envoyer et de recevoir des données en cas de besoin.
- Il offre la possibilité de configurer les zones de liaison de données comme on le souhaite pour créer un système de lien de données flexibles et utiliser, de manière efficace, les zones de données.

### - Liaisons de données



### - Service de messagerie

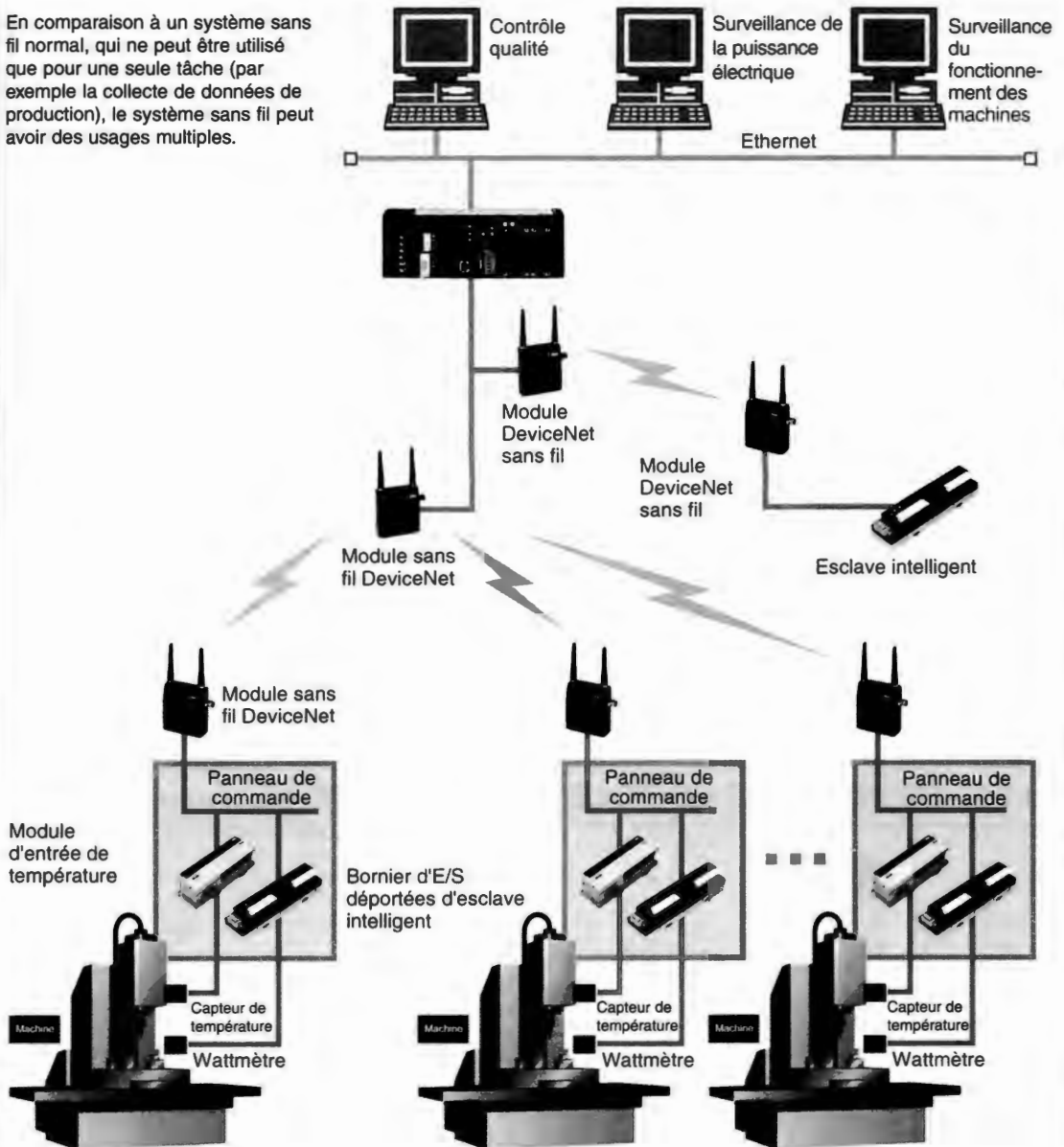


## 20.18.10. EXEMPLE DE CONFIGURATION D'UNE COMMUNICATION SANS FIL

(D'après OMRON)

Les communications sans fil réduisent la maintenance, accélèrent la mise en place de lignes de production et permettent d'économiser de l'espace.

En comparaison à un système sans fil normal, qui ne peut être utilisé que pour une seule tâche (par exemple la collecte de données de production), le système sans fil peut avoir des usages multiples.



### a) Liaison par câble

- Les systèmes d'automatisation industrielle traditionnels nécessitent tout un ensemble de câbles différents, de boîtes de jonction et d'armoires de commande.
- Le **réseau filaire** simplifie le câblage parce qu'il n'utilise qu'un seul câble à deux paires torsadées pour le courant et les données.

### - b) Communication sans fil.

- Le réseau fonctionne avec des interfaces sans fil sur la bande de fréquence standard 2,4 GHz,
- Cette interface est la solution idéale sans fil entre deux segments de bus **DeviceNet** (voire plus), en particulier s'il est difficile d'utiliser un équipement à câbler.

### Choix des bases automatés TSX 37-10

Alimentation	Module d'entrées/sorties intégré dans le 1 <sup>er</sup> emplacement				Raccordement		Référence
	Nombre d'entrées		Nombre de sorties		Connecteur	Bornier	
	24 V CC	110/220 V CA	Statiques 24 V CC 0,5 A	Relais			
24 V CC	16		12			x	TSX 37 10 128DT1
	16		12		x		TSX 37 10 128DTK1
		16		12		x	TSX 37 10 128DR1
110/240 V CA			32		x		TSX 37 10 164DTK1
		16		12		x	TSX 37 10 028AR1
				12		x	TSX 37 10 028DR1

### Choix des modules à implanter

Type de module à implanter	Nombre de modules maximum (1)				Format		Raccordement	
	1	2	3	4	Standard	Demi	Connecteur	Bornier

### Entrées/sorties tout ou rien

8 E				x			x	x
12 E				x			x	x
32 E			x (2)		x			x
4 S				x			x	x
8 S				x			x	x
32 S			x (2)		x			x
16 E/S				x			x	x
28 E/S			x (2)		x			x
64 E/S		x (2)			x			x
Module de sécurité Preventa				x			x	x
Bus AS-i	x (3)						x	x

### Entrées/sorties analogiques

4 E et 8 E		x					x	x
2 S et 4 S		x					x	x

### Voies de comptage

1 voie		x					x	x
2 voies		x					x	x

(1) : Avec mini bac d'extension TSX RKZ 02

(2) : Y compris le module format standard positionné dans le 1<sup>er</sup> emplacement de l'automate

(3) : Les modules extension d'entrées/sorties TOR à distance et le coupleur de bus AS-i s'intègrent à la position 4 qui rend leur utilisation exclusive.

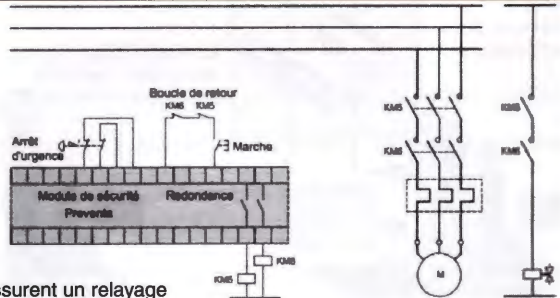
20.18.11.  
AUTOMATE TYPE  
TSX MICRO  
(EXEMPLE DE  
FICHE  
TECHNIQUE)

## 20.19. LES MODULES LOGIQUES DE SÉCURITÉ (D'après SCHNEIDER ELECTRIC)

20.19.1.  
FORME,  
SYMBOLE ET  
FONCTION  
D'USAGE



Représentation  
graphique



Les modules de sécurité *PREVENTA* assurent un relayage intermédiaire éliminant les risques :

- d'un défaut du circuit de commande (entrées)
  - d'un défaut du circuit de puissance (sorties)
  - d'un défaut d'un composant interne du module de sécurité.
- KM5 et KM6 sont des contacteurs à contacts liés mécaniquement et les circuits de sécurité sont indépendants.

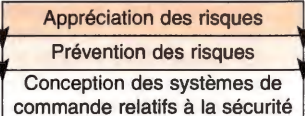
Fonction

Assurer la sûreté et la  
disponibilité des  
fonctions de sécurité

20.19.2.  
DÉMARCHE  
GÉNÉRALE  
POUR ATTEINDRE  
LA SÉCURITÉ

La mise en œuvre des moyens de sécurité garantissant le respect des exigences essentielles des directives passe par l'analyse des risques.

Les étapes conduisant vers la sécurité sont déclinées ci-contre :



**20.19.3.  
APPRÉCIATION  
ET  
PRÉVENTION  
DU RISQUE**

**Appréciation du risque selon la norme EN 1050 (Fig. 58)**

**Cette norme vise trois objectifs :**

- réduire ou éliminer le risque,
- choisir le bon niveau de sécurité,
- assurer la protection des personnes.

**Détermination des limites de la machine :**

- pendant toutes les phases de sa vie (installation, utilisation, démontage),
- dans des conditions normales d'utilisation et de fonctionnement,
- dans des conditions abusives d'exploitation ou de dysfonctionnement,
- en tenant compte du niveau de formation et d'expérience des intervenants.

**Identification des phénomènes dangereux :**

- mécaniques (écrasement, choc,...),
- électriques,
- physico-chimiques (projection de substances dangereuses, brûlures).

**Estimation du risque**

Analyse pour chaque situation dangereuse de :

- la gravité de la lésion ou du dommage (**facteur S**),
- la fréquence et la durée d'exposition dans la zone (**facteur F**),
- la possibilité d'éviter ou de limiter le phénomène dangereux (**facteur P**).

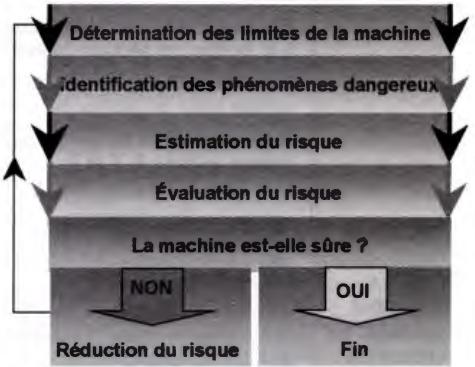
**Évaluation du risque :**

- comparaison par rapport à la réduction attendue du risque,
- vérification du niveau de sécurité atteint.

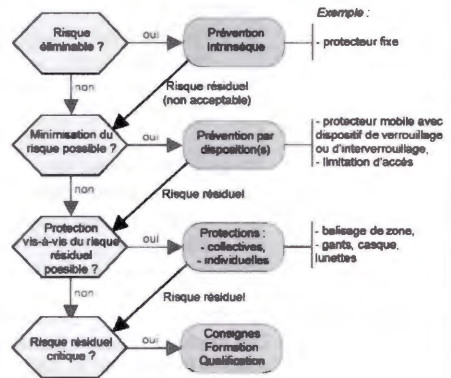
**Prévention des risques selon la norme EN 292-1 (Fig. 59)**

La prévention consiste à éliminer ou diminuer le risque :

- éliminer le risque lorsque cela est possible (objectif : « 0 » accident et « 0 » panne). Seule la prévention intrinsèque permet d'éliminer totalement le risque.
- diminuer le risque avec comme objectif de le rendre acceptable quand il n'est pas possible de l'éliminer par des protections individuelles, collectives ou des mesures de sécurité.



**Fig. 58 – Appréciation du risque**



**Fig. 59 – Démarche générale de prévention des risques**

**20.19.4.  
LES  
CATÉGORIES  
DES  
SYSTÈMES DE  
COMMANDE**

L'objectif du concepteur est de garantir que les défauts des parties d'un système de commande relatives à la sécurité ou des perturbations extérieures ne peuvent pas conduire à une situation dangereuse sur la machine. La norme EN 954-1 définit cinq catégories d'un niveau croissant de performances suivant le tableau ci-dessous :

Catégories	Base principale de sécurité	Exigence du système de commande	Comportement en cas de défaut	Structure typique d'un circuit en cas de défaut	Commentaires
B	Par la sélection des composants conformes aux normes pertinentes.	Contrôle correspondant aux règles de l'art en la matière.	Perte possible de la fonction sécurité.		Perte possible de la fonction de sécurité.
1	Par la sélection des composants conformes aux normes pertinentes.	Utilisation de constituants et de principes éprouvés.	Perte possible de la fonction sécurité. Probabilité plus faible qu'en B.		Pas de redondance sur E. Pas de redondance interne assurée par un relais lié mécaniquement. Pas de redondance sur S.
2	Par la structure des circuits de sécurité.	Test par cycle. La périodicité du test doit être adaptée à la machine et à son applicateur.	Défaut détecté à chaque test.		Redondance ou pas sur les entrées. La boucle de retour permet d'assurer un test cyclique sur la sortie.
3	Par la structure des circuits de sécurité.	Un défaut unique ne doit pas conduire à la perte de la fonction de sécurité. Ce défaut doit être détecté si cela est raisonnablement faisable.	Fonction de sécurité garantie sauf en cas d'accumulation de défauts.		Redondance sur les E. Redondance sur les S.
4	Par la structure des circuits de sécurité.	Un défaut unique (ou une accumulation de défauts) ne doit pas mener à la perte de la fonction de sécurité. Ce défaut doit être détecté dès, ou avant la prochaine sollicitation de la fonction de sécurité.	Fonction de sécurité toujours garantie.		Redondance sur les E. Redondance sur les S. La boucle de retour permet d'assurer un test cyclique sur la sortie.

**20.19.5.  
DÉMARCHE  
CONDUISANT AU  
CHOIX D'UN  
SYSTÈME DE  
COMMANDE**

Une matrice établit la correspondance entre les cinq niveaux résultant de l'estimation du risque et les cinq catégories de systèmes de commande.

Elle permet au concepteur de déterminer lui-même la catégorie du système de commande correspondant à la fonction de sécurité concernée.

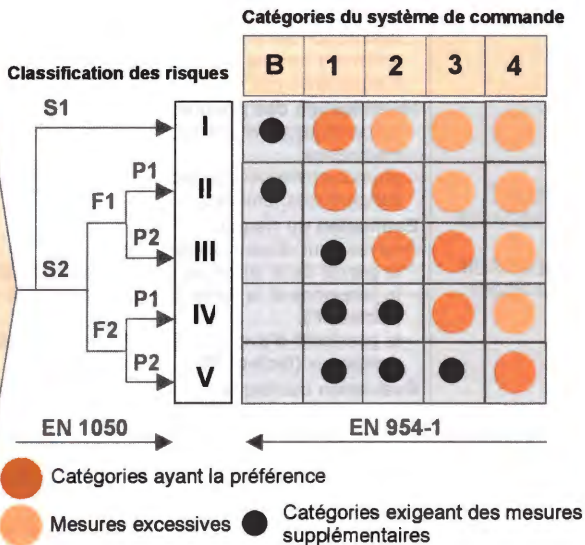
L'évaluation des risques est une opération très complexe et, pour une machine donnée, elle peut être différente selon les parties de la machine étudiée.

Tableau de choix du système de commande selon EN 1050 et EN 954-1 en fonction des facteurs de risques estimés **S, F et P**.

**Gravité de lésion :**  
**S1** – lésion légère (réversible)  
**S2** – lésion sérieuse (normalement irréversible) y compris le décès

**Fréquence et/ou durée d'exposition au phénomène dangereux :**  
**F1** – rare à assez fréquent et/ou de courte durée  
**F2** – fréquent à continu et/ou longue durée

**Possibilité d'éviter le phénomène dangereux :**  
**P1** – possibilité sous certaines conditions  
**P2** – rarement possible



**20.19.6.  
LES MODULES  
LOGIQUES DE  
SÉCURITÉ**

Les modules logiques de sécurité sont des appareils qui s'intègrent dans les circuits de commande pour assurer la sûreté et la disponibilité des fonctions de sécurité. Leur câblage interne est réalisé en redondance et leur logique est autocontrôlée.

Les modules de sécurité sont des éléments nécessaires pour assurer sans risque de défaillance la fonction de sécurité. Ils permettent de détecter les défauts de fonctionnement qu'une simple installation ne permet pas d'éviter.

Ils effectuent à chaque cycle de fonctionnement une série de tests qui permet de détecter toute défaillance des dispositifs de protection et des circuits associés. C'est ainsi qu'ils détectent :

- tout défaut de court-circuit sur le câblage des organes de commande,
- tout collage d'un contact électrique dans un organe de service,
- la mise en court-circuit d'un contact de bouton d'arrêt d'urgence,
- le grippage d'un bouton d'impulsion de mise en marche,
- un courant de fuite à la terre.

L'association de la redondance et de l'autocontrôle dans certains modules de sécurité permet le classement des circuits de commande en catégorie 4. Après un premier défaut, l'autocontrôle signale le défaut et incite au dépannage tandis que la redondance permet d'assurer la fonction de sécurité.

Les principales fonctions que les modules de sécurité peuvent surveiller sont :

- l'arrêt d'urgence,
- les protecteurs mobiles (dispositifs de verrouillage et d'interverrouillage),
- les commandes bimanuelles, les barrières immatérielles,
- la détection de vitesse nulle, la rupture d'arbre de chaîne,
- les tapis et bords sensibles...

**20.19.7.  
LES FONCTIONS  
DE SÉCURITÉ  
EXEMPLE DE  
L'ARRÊT  
D'URGENCE**

L'arrêt d'urgence est destiné à parer à des risques ou à des phénomènes dangereux en train d'apparaître ou à atténuer des risques existants pouvant porter atteinte à des personnes, à la machine ou au travail en cours. Il peut être déclenché par une action humaine unique quand la fonction d'arrêt normal ne convient pas.

Les arrêts ou dispositifs d'arrêt d'urgence doivent provoquer l'arrêt des processus dangereux dans un temps aussi court que possible, mais sans créer de risque supplémentaire. Ils doivent répondre à la norme EN 418 qui définit les exigences de sécurité :

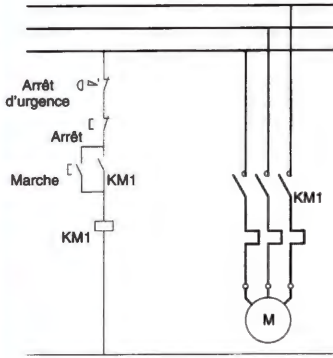
- la fonction d'arrêt d'urgence doit être disponible et fonctionner à tout instant, quel que soit le mode de marche,
- les contacts des dispositifs d'arrêt d'urgence doivent être à manœuvre positive d'ouverture (NF).

**20.19.8.  
REDONDANCE  
ET  
AUTOCONTRÔLE**

**Action sur le circuit de commande sans relaiage intermédiaire :**

L'arrêt d'urgence est réalisé uniquement avec des composants électromécaniques câblés. Il agit directement sur le circuit de commande de la machine.

Cette disposition est suffisante lorsque le risque estimé correspond aux catégories de systèmes de commande **B** ou **1**.

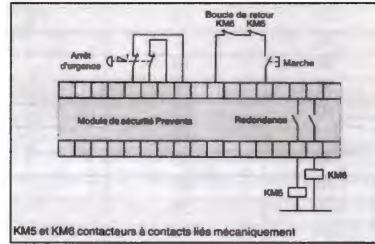


**Action sur le circuit de commande avec relaiage intermédiaire :**

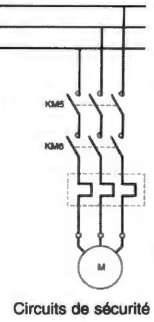
Les modules de sécurité **PREVENTA** permettent d'assurer un relaiage intermédiaire fiable en éliminant les risques :

- d'un défaut du circuit de commande (entrées),
- d'un défaut du circuit de puissance (sorties),
- d'un défaut d'un composant interne du module de sécurité

Fonction redondance : doublage des circuits.  
Fonction d'autocontrôle : intégration de relais à contacts liés mécaniquement à l'ouverture et à la fermeture.



KM5 et KM6 contacteurs à contacts liés mécaniquement



Circuits de sécurité

**20.19.9.  
ARRÊT  
D'URGENCE  
CATÉGORIE 3**

**Fonction-description :**

Mise en fonctionnement du moteur par appui sur **S3** qui ferme les sorties de sécurité du module **PREVENTA**.

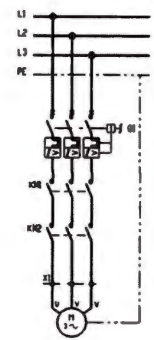
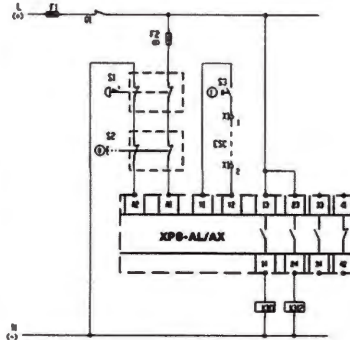
Arrêt du moteur par action sur **S1** ou sur **S2** qui ouvre les sorties de sécurité du module **PREVENTA**.

**Surveillance de défaut :**

Redondance des contacts de **S1** et de **S2**, des contacteurs **KM1** et **KM2**.

Il n'y a pas de surveillance de ces composants ni du bouton **S3**.

**ESC** : conditions de démarrage externes



**20.19.10.  
ARRÊT  
D'URGENCE  
CATÉGORIE 4**

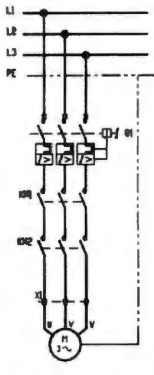
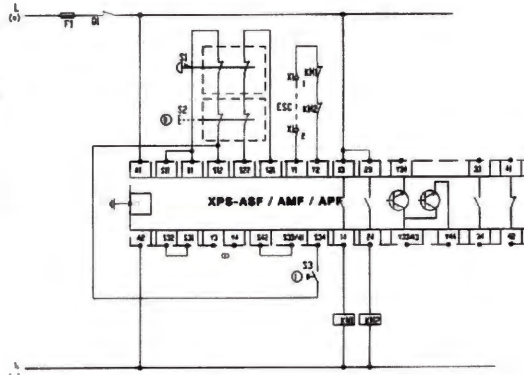
**Fonction-description :**

Mise en fonctionnement du moteur par appui sur **S3** qui ferme les sorties de sécurité du module **PREVENTA**. Arrêt du moteur par action sur **S1** ou sur **S2** qui ouvre les sorties de sécurité du module **PREVENTA**.

**Surveillance de défaut :**

Redondance des contacts de **S1** et de **S2**, des contacteurs **KM1** et **KM2**. Surveillance de défaut par le module **PREVENTA** :

- premier défaut sur **S1** ou sur **S2**,
- défaut de **S3**,
- défaut de **KM1** ou de **KM2** par la technique des contacts liés mécaniquement,
- court-circuit dans le câblage de **S1** et **S2**.



(1) : avec surveillance du bouton marche

**ESC** : conditions de démarrage externes

# 20.20. SÉLECTIVITÉ ET COORDINATION

## 20.20.1. SÉLECTIVITÉ ENTRE CARTOUCHES FUSIBLES (d'après LEGRAND)

Amont calibre cartouche gG (A)	Aval calibre maximum (A) en fonction de la classe et de la tension pour obtenir une sélectivité		Amont calibre cartouche aM (A)	Aval calibre maximum (A) en fonction de la classe et de la tension pour obtenir une sélectivité	
	aM	gG		aM	gG
2			2	1	1
4	1	1	4	2	4
6	2	2	6	2	6
8	2	2	8	4	8
10	2	4	10	6	10
12	2	4	12	6	12
16	4	6	16	10	16
20	6	10	20	12	20
25	8	16	25	12	25
32	10	20	32	20	32
35	12	20	36	20	32
40	12	25	40	25	32
50	16	32	50	25	40
63	20	40	63	40	50
80	25	50	80	50	63
100	36	63	100	63	80
125	40	80	125	80	100
160	63	100	160	100	125
200	80	125	200	125	160
250	125	160	250	160	160
315	125	200	315	200	200
400	160	250	400	250	250
500	200	315	500	315	315

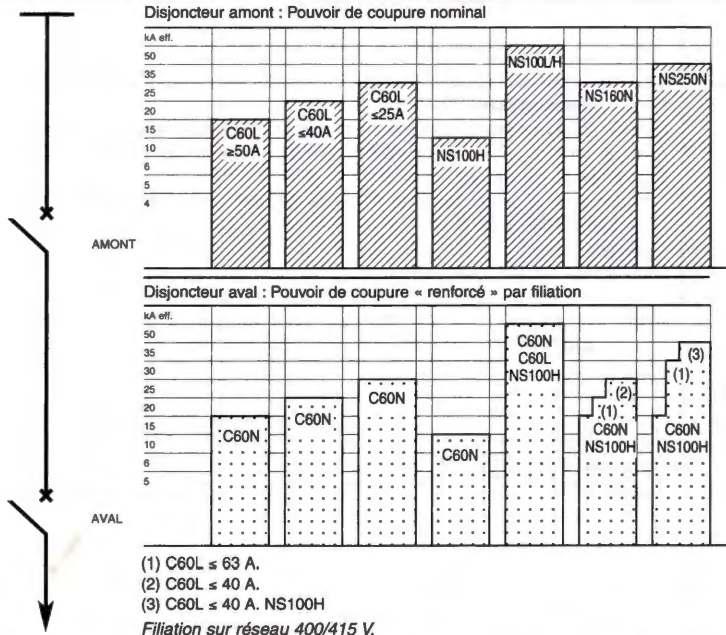
**Note :** Le rapport de sélectivité est de 2 pour les calibres inférieurs à 16 A et de 1,6 à partir du calibre 16 A pour les fusibles gG.

**Exemples :** – On désire assurer la sélectivité par fusibles par rapport à une cartouche gG 20.

Tension d'alimentation 230 V 50 Hz.

- Le tableau ci-dessus donne : pour un fusible placé en amont : – cartouche fusible aM 20
- cartouche fusible gG 32
- pour un fusible placé en aval : – cartouche fusible aM 6
- cartouche fusible gG 10.

## 20.20.2. FILIATION ENTRE DISJONCTEURS (d'après SCHNEIDER ELECTRIC)



La filiation est l'utilisation du pouvoir de limitation du disjoncteur amont pour installer en aval des disjoncteurs moins performants. Elle peut se réaliser avec des disjoncteurs installés dans des coffrets, armoires ou tableaux différents. La filiation ne peut être donnée que par les constructeurs.

**20.20.3.**  
**SÉLECTIVITÉ**  
**ENTRE**  
**DISJONCTEURS**  
*(d'après*  
**SCHNEIDER**  
**ELECTRIC)**

AMONT	C50L courbe C													NS 100 H Courbe C				NS 100 H Courbe D				NS 160 N Courbe D				NS 250 N Courbe D			
AVAL I <sub>n</sub> (A)	2	3	4	6	10	16	20	25	32	40	50	63	50	63	80	100	50	63	80	100	80	100	125	160	160	200	250		
limite sélect. (A)					120	150	188	240	300	375	473	375	473	600	750	600	756	960	1200	A	B	C	D	E	T	T			
10																													
16																													
20																													
25																													
32																						F	G	A	H	C	I	T	
40																													
50																													
63																													
limite sélect. (A)	15	23	30	45	75	120	150	188	240	300	375	473	375	473	600	750	500	756	960	1200	A	B	C	D	E	T	T		
1																													
2																													
3																													
4																													
6																													
10																													
16																													
20																													
25																													
32																							F	G	A	H	C	I	T
40																													
50																													
63																													
limite sélect. (A)		23	30	45	75	120	150	188	240	300	375	473	375	473	600	750	500	756	960	1200	A	B	C	D	E	K	T		
1																													
2																													
3																													
4																													
6																													
10																													
16																													
20																													
25																													
32																							F	G	A	H	E	T	T
40																													
50																													
63																													
limite sélect. (A)					120	150	188	240	300	375	473	375	473	600	750	500	756	960	1200	A	B	C	D	E	K	T			
10																													
16																													
20																													
25																													
32																							G	L	M	N	H	O	T
40																													
50																							F	G	A	H	C	I	T
63																													
limite sélect. (A)	15	23	30	45	75	120	150	188	240	300	375	473	375	473	600	750	500	756	960	1200	A	B	C	D	E	T	T		
1																													
2																													
3																													
4																													
6																													
10																													
16																													
20																													
25																													
32																							G	L	M	N	H	O	T
40																													
50																							F	G	A	H	C	I	T
63																													
limite sélect. (A)																750				1200	560	P	Q	L	L	R	S		
50																													
63																													
80																													
100																													
limite sélect. (A)																				1200			Q	L	L	R	S		
50																													
63																													
80																													
100																													

(A) : 2 500 A (E) : 5 000 A (I) : 6 500 A (N) : 4 500 A (R) : 2 600 A  
 (B) : 2 800 A (F) : 1 600 A (K) : 15 000 A (O) : 7 500 A (S) : 4 200 A  
 (C) : 3 500 A (G) : 1 800 A (L) : 2 000 A (P) : 1 200 A (T) : sélectivité totale  
 (D) : 6 000 A (H) : 4 000 A (M) : 2 700 A (Q) : 1 400 A

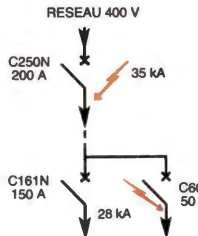
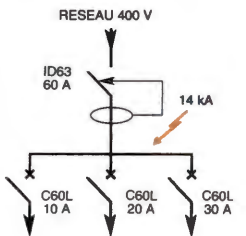
Il y a sélectivité entre le disjoncteur amont et le disjoncteur aval lorsque leur point de concours se trouve dans la zone ombrée.

	Zone de réglage du relais (A)		Fusibles gG aM		Zone de réglage du relais (A)		Fusibles gG aM		Zone de réglage du relais (A)		Fusibles gG aM	
<b>20.20.4. COORDINATION FUSIBLES/RELAIS THERMIQUES</b>	0,1 à 0,16	2	0,25	9 à 13	25	16	80 à 125	200	125			
	0,16 à 0,25	2	0,5	12 à 18	32	20	95 à 125	200	125			
	0,25 à 0,40	2	1	17 à 25	50	25	100 à 160	250	160			
	0,40 à 0,63	2	1	23 à 32	63	40	125 à 200	315	200			
	0,63 à 1	4	2	28 à 36	80	40	160 à 250	400	250			
	1 à 1,6	4	2	30 à 40	100	40	200 à 315	500	315			
	1,25 à 2	6	4	37 à 50	100	63	250 à 400	630	400			
	1,6 à 2,5	6	4	48 à 65	100	63	315 à 500	800	500			
	2,5 à 4	10	6	55 à 70	100	63	400 à 630	800	630			
	4 à 6	16	8	63 à 80	125	80	500 à 800	1 000	800			
5,5 à 8	20	12	80 à 93	160	100	630 à 1 000	1 250	1 000				
7 à 10	20	12	75 à 105	160	100							

La coordination fusible + relais thermique est illustrée courbes ③ et ④ § 20.1.3. Fig. 3.

AVAL → INTERRUPTEUR		ID'CLIC25	ID'CLIC40	ID'CLIC63	ID 25	ID 40	ID 63	ID 80	ID 100			
<b>20.20.5. COORDINATION FUSIBLES OU DISJONCTEURS / INTERRUPTEURS (D'après SCHNEIDER ELECTRIC)</b>	AMONT FUSIBLE gG (A)	16			100							
		20	8		100	100						
		25		8	100	100						
		32				80	80					
		40					50					
		50			10		30	30				
		63					20	20				
		80					10	10				
		100				10	10	10	10			
	DISJONCTEUR	C50N C60L NS100H				16/8 * 45/25 *	16/8 * 45/20 *	16/8 * 30/15 *				
								5	5			
AVAL → INTERRUPTEUR		ID 25	ID 40	ID 63	ID 80	ID 100	NS 100 NA	NS 160 NA	NS 250 NA	NS 400 NA		
AMONT DISJONCTEUR (ou AVAL /INTERRUPTEUR si tous les appareils se trouvent dans le même tableau)	C60N C60L NS100H NS160N NS250N NS400N	8 25	8 20	8 15		5 5			25 35	25 35	35	35
FUSIBLE aM (A)							250	315	630	1 200		
$I_{cc \text{ max}}$ (kA)							100	100	100	100	100	100
FUSIBLE gG (A)		100	100	100	100	100	315	400	630	630	630	630
$I_{cc \text{ max}}$ (kA)		10	10	10	10	10	100	100	100	100	100	100

\* Le premier chiffre est donné pour un appareil bipolaire, le second pour un appareil tétrapolaire. Le tableau indique le courant de court-circuit maximal en kA pour lequel l'interrupteur est protégé.

<p><b>20.20.6. EXEMPLES</b></p> <p><b>Exemple 1 :</b> (§ 20.20.2.)</p>  <p>Un disjoncteur <b>NS250N</b> (<math>PdC = 33 \text{ kA}</math>) installé en tête de l'installation <math>3 \times 400 \text{ V}</math> permet l'installation d'un <b>C60L</b> (<math>PdC = 15 \text{ kA}</math>) sur le départ 50 A (pour un <math>I_{cc}</math> aval de 28 A) et un (<math>PdC = 25 \text{ kA}</math>) sur le départ 150 A.</p>	<p><b>Exemple 2 :</b> (§ 20.20.3.)</p> <p>La zone ombrée garantit la sélectivité entre disjoncteur amont et disjoncteur aval.</p> <p>La sélectivité entre un <b>NS 160 N</b> réglé à 160 A en amont et un <b>C60N</b> courbe <b>C</b> réglé à 40 A en aval est-elle assurée ?</p> <p>Il y a sélectivité dans la limite de 4 kA</p> <p><b>Exemple 3 :</b> (§ 20.20.3.)</p> <p>La sélectivité entre un <b>C60L</b> courbe <b>C</b> réglé à 50 A en amont et un <b>C60N</b> courbe <b>B</b> réglé à 50 A en aval est-elle assurée ?</p> <p>Il n'y a pas sélectivité car l'intersection ligne-colonne correspondante se trouve dans la zone blanche.</p>	<p><b>Exemple 4 :</b> (§ 23.20.5.)</p>  <p>Un tableau alimente 3 départs 30 A, 20 A et 10 A. <math>I_{cc} = 14 \text{ kA}</math>. Schéma <b>TT</b>.</p> <p>L'interrupteur différentiel situé dans ce tableau sera du type <b>ID 63</b> et les disjoncteurs de départ du type <b>C60L</b>.</p>
--	--	---

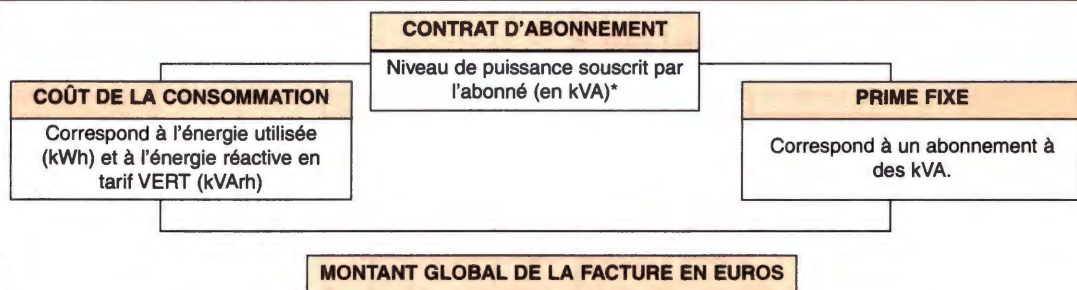
# 21. LA GESTION DE L'ÉNERGIE ACTIVE ET RÉACTIVE

## 21.1. LA TARIFICATION

### 21.1.1. LE CONTRAT

- Le **CONTRAT D'ABONNEMENT** est un document établi avec **EDF**, fixant les conditions de la fourniture d'énergie.
- Le choix de l'abonnement est lié à la puissance, au nombre et aux conditions d'utilisation des appareils.

### 21.1.2. LE PRINCIPE DE LA TARIFICATION



\* Le niveau de puissance souscrit par l'abonné détermine le choix du tarif et le montant de la prime fixe correspondante. C'est un abonnement à des kVA qui ne préjuge pas de l'énergie consommée.

### 21.1.3. LES ÉLÉMENTS DE TARIFICATION

- C'est la connaissance de la consommation de l'abonné en cours de journée et de la maîtrise qu'il en a, qui lui permet de choisir : le tarif, l'option, la version.
- Leur choix peut conduire à un gain économique important.
- Les tarifs : BLEU, JAUNE et VERT déterminent le niveau maximal de puissance souscrite.

### 21.1.4. OPTION E.J.P. (Effacement Jour de Pointe : EDF ne le propose plus depuis le 01.01 1996)

- Permet de bénéficier d'un tarif avantageux en dehors des **396 heures** de pointe durant lesquelles l'abonné accepte de réduire sa consommation par délestage de sa charge ou en recourant à une autre forme ou source d'énergie de remplacement.
- Ces périodes de pointe sont étalées sur **22 jours aléatoires**, consécutifs ou non, en période d'hiver, à raison de 18 heures par jour (entre 7 h du matin et 1 h le matin suivant).
- Durant ces 22 jours le coût du kWh est très élevé (tarifs, § 21.3).

## 21.2. GUIDE DE CHOIX D'UN MODE DE TARIFICATION

ÉLÉMENTS TYPE	RÉSEAUX	PUISSANCE CONCERNÉES		VERSIONS (Utilisations)	UTILISATION ET REMARQUES
			OPTIONS		
Tarif BLEU	BT	3 à 36	- Petites fournitures 3 kVA - Base - Heures creuses - Tempo	-	- Logements - locaux professionnels - Professionnels et commerciaux
Tarif JAUNE	BT	36 à 250	- Base - E.J.P.	- longues - moyennes  - longues	- Petites et moyennes entreprises - tertiaire - Réseau triphasé : 4 périodes tarifaires et éventuellement 22 jours avec E.J.P. Chaque option, chaque version comporte : - une prime fixe annuelle - des prix du kWh différents suivant les saisons et les moments de la journée
Tarif VERT A5	BT ou HT		- Base - E.J.P.	- courtes - moyennes - longues - très longues - moyennes - très longues	- Industrie - Chaque tarif comporte : - une prime fixe annuelle - des prix du kWh différents suivant les saisons et les moments de la journée

## 21.3. INFORMATIONS SUR LES DONNÉES TARIFAIRES EDF EN FONCTION DES CONTRATS

(Tarifs EDF au 01/02/2005)

TARIFS	PUISSANCES SUSCRITES  (kVA)	CLIENTS DOMESTIQUES, AGRICOLES ET PROFESSIONNELS										
		OPTION BASE		OPTION HEURES CREUSES			OPTION TEMPO					
		Redevance abonnem <sup>1</sup>	Prix de l'énergie	Redevance abonnem <sup>1</sup>	Prix de l'énergie (cents € par kWh)		Redevance abonnem <sup>1</sup>	Prix de l'énergie (cents € par kWh)				
		(€ par an)	(cents € par kWh)	(€ par an)	HEURES PLEINES	HEURES CREUSES	(€ par an)	JOURS BLEUS	JOURS BLANCS	JOURS ROUGES		
<b>BLEU</b> de 3 à 36 kVA (Tarif TTC)	Petites fournitures 3 kVA	23,88	12,91	-	-	-	-	-	-	-		
	6	60,84	10,58	105,24	10,58	6,45	-	-	-	-		
	9	119,88	10,58	189,12	10,58	6,45	162,36	4,47 en	9,09 en	16,83 en		
	12	172,08	10,58	272,88	10,58	6,45	222,36	Heures	Heures	Heures		
	15	224,28	10,58	356,76	10,58	6,45	222,36	Ceuses	Ceuses	Ceuses		
	18	276,60	10,58	440,52	10,58	6,45	222,36	et	et	et		
	24	461,88	10,58	737,04	10,58	6,45	409,08	5,55 en	10,76 en	47,03 en		
	30	647,16	10,58	1 033,44	10,58	6,45	409,08	Heures	Heures	Heures		
	36	832,44	10,58	1 329,96	10,58	6,45	549,72	Pleines	Pleines	Pleines		
<b>JAUNE</b> de 36 à 250 kVA (Tarif HT)	VERSIONS TARIFAIRES 	OPTION BASE					OPTION EFFACEMENT JOUR DE POINTE					
		COURTS UTILISATIONS	MOYENNES UTILISATIONS	LONGUES UTILISATIONS	TRÈS LONGUES UTILISATIONS	DÉPASSEMENT	COURTES UTILISATIONS	MOYENNES UTILISATIONS	LONGUES UTILISATIONS	TRÈS LONGUES UTILISATIONS	DÉPASSEMENT	
	Prime fixe annuelle en € par kVA	-	15,84	47,76	-	10,77 € par heure	-	-	47,76	-	10,77 € par heure	
	HIVER	Pointe mobile	-	-	-	-	-	-	26,253	-	-	
		Heures Pleines	-	11,297	7,728	-	-	-	5,243	-	-	
	ÉTÉ	Heures Pleines	-	2,857	2,721	-	-	-	2,721	-	-	
		Heures Creuses	-	2,280	2,143	-	-	-	2,143	-	-	
	<b>VERT A5</b> moins de 10 000 kVA (Tarif HT)	Prime fixe annuelle en € par kVA	16,80	39,60	66,60	108,36	-	-	39,60	-	108,36	-
		HIVER	Pointe	19,863	13,556	9,512	5,361	3,25 €/kW	-	-	-	-
			Pointe mobile	-	-	-	-	-	-	20,368	-	7,136
Heures Pleines			8,917	6,831	5,482	4,127	1,08 €/kW	-	4,508	-	3,417	1,08 €/kW
ÉTÉ		Heures Pleines	3,084	2,486	2,625	2,470	27,1 €/kW	-	2,846	-	2,470	27,1 €/kW
		Heures Creuses	2,105	1,906	1,712	1,575	27,1 €/kW	-	1,906	-	1,575	27,1 €/kW
Énergie réactive en cents € kVAh	1,754 en heures de pointe et heures pleines d'hiver seulement					1,754 en heures de pointe et heures pleines d'hiver seulement						

### Note :

#### - Tarif JAUNE :

Le coefficient de puissance réduite de la prime annuelle fixe est de 0,20 ; 0,36 ; 0,44 et 0,52 suivant l'option et la version.

#### - Tarif VERT :

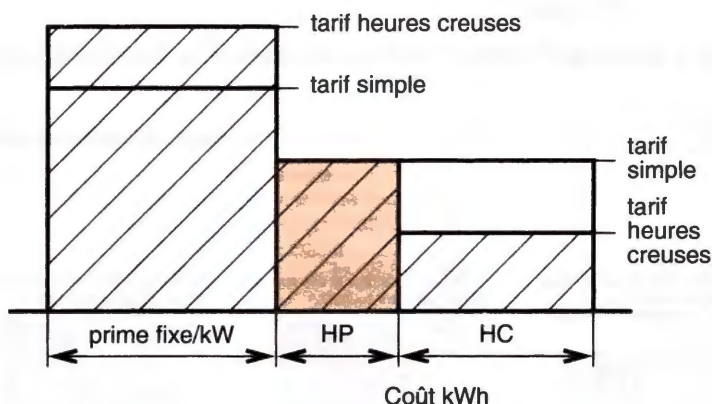
Le coefficient de puissance réduite de la prime annuelle fixe est de 0,06 ; 0,08 ; 0,15 ; 0,18 ; 0,31 ; 0,33 ; 0,76 et 0,77 suivant l'option et la version.

## 21.4. ÉLÉMENTS PERMETTANT LA VÉRIFICATION DU CHOIX D'UNE VERSION TARIFAIRE EDF

– Le tarif BLEU comporte trois options au choix de l'abonné :

OPTION BASE	OPTION HEURES CREUSES		OPTION TEMPO	
	HEURES PLEINES	HEURES CREUSES	HEURES CREUSES	HEURES PLEINES
de 3 à 36 kVA	de 6 à 36 kVA		9-12-16-18-24-30-36 kVA	
un seul tarif en fonction de la puissance souscrite		de 22 h à 6 h ou de 12 h à 14 h et de 0 h à 6 h	suivant les jours BLEUS BLANCS ROUGES (voir page suivante)	

### COMPARAISON TARIF SIMPLE ET TARIF HEURES CREUSES



21.4.1.  
TARIF BLEU  
DE 3 À 36 kVA

### EXEMPLE DE PUISSANCES SOUSCRITES SELON LES BESOINS DU CLIENT

PUISSANCES SOUSCRITES	DOMESTIQUE ET AGRICOLE			PROFESSIONNEL			MODE DE RACCORDEMENT	INTENSITÉ ADMISSIBLE (A)	
	OPTION			OPTION				MONO 230 V	TRI 400 V
	BASE	HC	TEMPO	BASE	HC	TEMPO			
3 kVA (petites fournitures)	•						monophasé exclusivement	15	
6 kVA	•	•		•	•		monophasé dans la plupart des cas, triphasé en cas de contraintes liées au réseau de distribution, ou en cas d'utilisation de moteurs triphasés.	30	10
9 kVA	•	•	•	•	•	•		45	15
12 kVA	•	•	•	•	•	•		60	20
15 kVA	•	•	•	•	•	•		75	25
18 kVA	•	•	•	•	•	•		90	30
24 kVA	•	•	•	•	•	•	triphasé		40
30 kVA	•	•	•	•	•	•			50
36 kVA	•	•	•	•	•	•			60

## TARIF BLEU – OPTION TEMPO

Jours « BLEU » 300 jours		Jours « BLANC » 43 jours		Jours « ROUGE » 22 jours entre le 1 <sup>er</sup> nov et le 31 mars	
HC	HP	HC	HP	HC	HP
4,47	5,55	9,09	10,76	16,83	47,03
PRIX DE L'ÉNERGIE (en cents € par kWh)					

Prix faible

Prix élevé

Nota : les prix des abonnements varient en fonction des puissances souscrites.

### – CHOIX D'UN CONTRAT EN TARIF BLEU EN FONCTION DE LA PUISSANCE NÉCESSAIRE

Choisissez la puissance adaptée à vos besoins

#### 9 niveaux de puissance proposés

En plus de l'éclairage, vous utilisez les appareils électroménagers courants (réfrigérateur, téléviseur, aspirateur...)



**Puissance à souscrire 3 kW**

En plus de l'éclairage et des appareils électroménagers courants,



vous désirez faire fonctionner **UN** appareil important à la fois.



lave-linge

cuisinière

lave-vaisselle

**6 kW**

En plus de l'éclairage et des appareils électroménagers courants,



vous désirez faire fonctionner **DEUX** appareils importants en même temps.



lave-linge

cuisinière

lave-vaisselle

**9 kW**



Vous avez une habitation entièrement équipée à l'électricité (cuisine, eau chaude, chauffage) ou vous disposez d'appareils électriques nombreux et importants



**12 à 36 kW**

3 kW : option base – petites fournitures  
De 6 à 36 kW, 2 options tarifaires : option base, option heures creuses  
De 9 à 36 kW, option tempo

#### – Remarque :

La puissance nécessaire n'est pas la somme des puissances de chacun des appareils (les appareils ne fonctionnent pas simultanément) mais seulement la puissance réellement utilisée par les appareils qui fonctionnent en même temps.

## 21.4.2. TARIF VERT A5 – MOINS DE 10 000 kVA – TENSION DE 5 000 À 30 000 V

### OPTION BASE

- version courtes utilisations
- version moyennes utilisations
- version longues utilisations
- version très longues utilisations

### OPTION E.J.P.

- version moyennes utilisations
- version très longues utilisations

### SI LA PUISSANCE EST CONSTANTE DANS TOUTES LES PÉRIODES TARIFAIRES :

Le choix est guidé par le nombre d'heures d'utilisation annuelle de la puissance maximum souscrite, c'est-à-dire par le rapport entre les consommations annuelles dans toutes les périodes tarifaires et la puissance maximum souscrite.

DURÉE D'UTILISATION	CHOISIR :
Inférieure à 2 000 h	La version courtes utilisations
Entre 2 000 et 3 500 h	La version moyennes utilisations
Entre 3 500 et 6 300 h	La version longues utilisations
Supérieure à 6 300 h	La version très longues utilisations

### SI LA PUISSANCE SOUSCRITE EST DIFFÉRENTE SELON LES PÉRIODES TARIFAIRES :

- Il convient de chiffrer à l'aide de barèmes de prix, les dépenses annuelles correspondant aux versions tarifaires voisines et de choisir celle pour laquelle la dépense est minimum.

#### Exemple :

– Puissance souscrite : 200 kW	
– Consommations annuelles :	
– Pointe	80 000 kWh
– Heures pleines d'hiver	400 000 kWh
– Heures creuses d'hiver	50 000 kWh
– Heures pleines d'été	600 000 kWh
– Heures creuses d'été	50 000 kWh
	1 180 000 kWh

- Dépenses annuelles à la version moyennes utilisations (A)
- Dépenses annuelles à la version longues utilisations (B)
- Choisir la version longues utilisations si (B) est inférieur à (A)

### FACTEUR DE PUISSANCE

- Si au cours d'un mois, apparaît une facture d'énergie réactive, la proportion d'énergie réactive consommée par rapport à la quantité d'énergie active est supérieure à 40 %.
- Obligation, pour réduire la facture, d'installer des condensateurs.

### TARIFS OPTION BASE

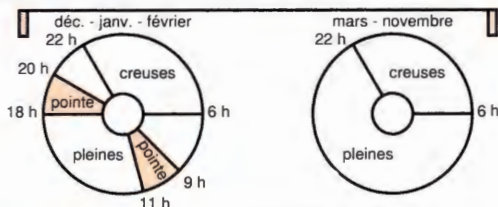
- 5 prix de kWh suivant les saisons et les moments de la journée :
  - 2 saisons :
    - Hiver : de novembre à mars
    - Été : d'avril à octobre.
  - Chaque jour (1) :
    - Heures pleines de 6 h à 22 h (de 7 h à 23 h pendant l'horaire d'été)
    - Heures creuses de 22 h à 6 h (de 23 h à 7 h pendant l'horaire d'été).
- En plus, en décembre, janvier et février, tous les jours sauf le dimanche, il existe une période tarifaire supplémentaire dite de période de pointe pendant 2 h le matin et 2 h le soir (2).

	HIVER		ÉTÉ	
POINTE	HEURES PLEINES	HEURES CREUSES	HEURES PLEINES	HEURES CREUSES

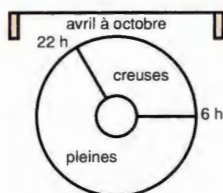
(1) Par exception, le dimanche ne comprend que des heures creuses.

(2) Varient suivant les particularités régionales.

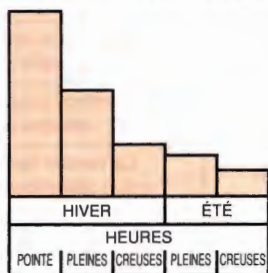
### HIVER



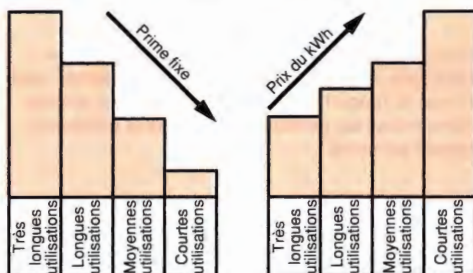
### ÉTÉ



#### COMPARAISON DES PRIX DU kWh DANS CHACUNE DES CINQ PÉRIODES TARIFAIRES



#### COMPARAISON ENTRE LES PRIMES FIXES ET LES PRIX DE kWh DES QUATRE SAISONS



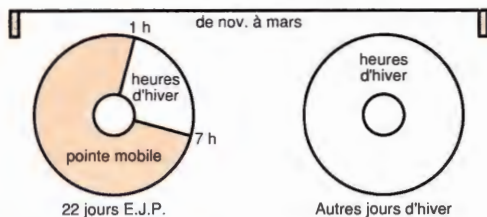
#### OPTION E.J.P.

- DEUX SAISONS : - Hiver : de novembre à mars.  
- Été : d'avril à octobre.
- EN ÉTÉ :  
- Heures pleines de 6 h à 22 h (de 7 h à 23 h pendant l'horaire d'été).  
- Heures creuses de 22 h à 6 h (de 23 h à 7 h pendant l'horaire d'été).
- EN HIVER :  
- Heures de pointe mobiles de 18 h consécutives (approximativement de 7 h à 1 h du matin) pendant 22 jours d'hiver (les jours où la demande d'électricité est la plus forte).  
- Heures d'hiver pour toutes les autres heures de la saison d'hiver.

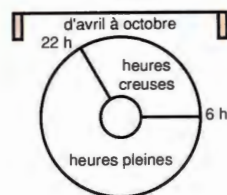
#### AU TOTAL QUATRE PÉRIODES TARIFAIRES :

	HIVER	ÉTÉ	
POINTE	HEURES D'HIVER	HEURES PLEINES	HEURES CREUSES

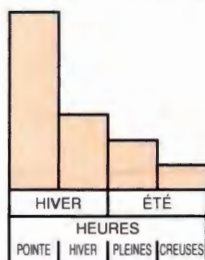
### HIVER



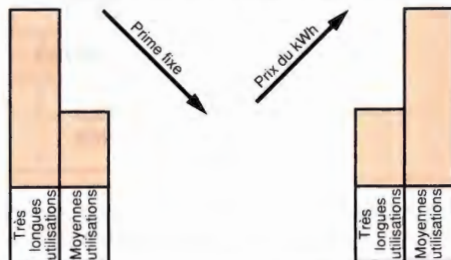
### ÉTÉ



#### COMPARAISON DES PRIX DU kWh DANS CHACUNE DES QUATRE PÉRIODES TARIFAIRES



#### COMPARAISON ENTRE LES PRIMES FIXES ET LES PRIX DU kWh DES DEUX VERSIONS



### 21.4.3. TARIF JAUNE DE 36 À 250 KVA

- version utilisations moyennes
- version utilisations longues
- version effacement jours de pointe

#### SI LA PUISSANCE EST CONSTANTE DANS TOUTES LES PÉRIODES TARIFAIRES :

Le choix est guidé par le nombre d'heures d'utilisation annuelle de la puissance maximum souscrite, c'est-à-dire le rapport entre les consommations annuelles dans toutes les périodes tarifaires et la puissance maximum souscrite.

DURÉE D'UTILISATION	CHOISIR :
Inférieure à 2 000 h	La version utilisations moyennes
Supérieure à 2 000 h	La version utilisations longues

#### SI LA PUISSANCE SOUSCRITE EST DIFFÉRENTE SELON LES PÉRIODES TARIFAIRES :

Il convient de chiffrer, à l'aide des barèmes de prix, les dépenses annuelles correspondant aux versions tarifaires voisines et de choisir celle pour laquelle la dépense est minimum.

##### Exemple :

- Puissance souscrite : 150 kVA	
- Consommations annuelles :	
- Heures pleines d'hiver	100 000 kWh
- Heures creuses d'hiver	15 000 kWh
- Heures pleines d'été	200 000 kWh
- Heures creuses d'été	10 000 kWh
	<hr/>
	325 000 kWh

- Dépenses annuelles au tarif utilisations moyennes **(A)**.
- Dépenses annuelles au tarif utilisations longues **(B)**.
- Choisir le tarif utilisations longues si **(B)** est inférieur à **(A)**.

#### FACTEUR DE PUISSANCE

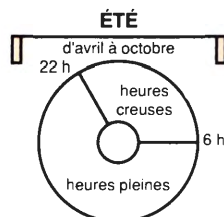
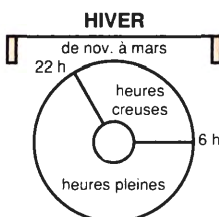
- Un mauvais facteur de puissance entraîne un surcroît de puissance souscrite, donc une majoration de prime fixe.
- Obligation, pour réduire la facture, d'installer des condensateurs.

#### PRIX DE kWh DIFFÉRENTS SUIVANT LES SAISONS ET LES MOMENTS DE LA JOURNÉE

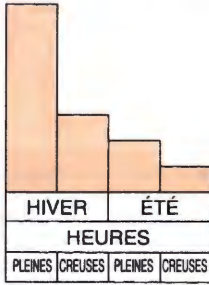
- Deux saisons : - Hiver : de novembre à mars.  
- Été : d'avril à octobre.
- Chaque jour (y compris le dimanche) : - Heures pleines pendant 16 heures.  
- Heures creuses pendant 8 heures

#### AU TOTAL QUATRE PÉRIODES TARIFAIRES :

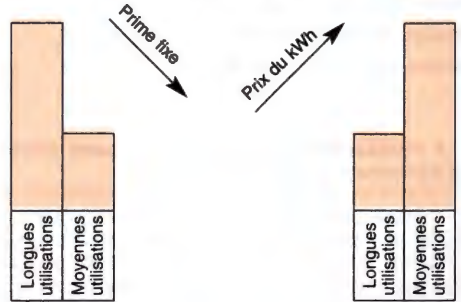
HIVER		ÉTÉ	
HEURES PLEINES	HEURES CREUSES	HEURES PLEINES	HEURES CREUSES



**COMPARAISON DES PRIX DU kWh DANS CHACUNE DES QUATRE PÉRIODES TARIFAIRES**



**COMPARAISON ENTRE LES PRIMES FIXES ET LES PRIX DE kWh DES DEUX TARIFS**



**TROIS VERSIONS TARIFAIRES AU CHOIX :**

**Utilisations moyennes**

HIVER		ÉTÉ	
HEURES PLEINES	HEURES CREUSES	HEURES PLEINES	HEURES CREUSES

sans possibilité d'effacement de puissance.

**Utilisations longues**

POINTE	HIVER		ÉTÉ	
	HEURES PLEINES	HEURES CREUSES	HEURES PLEINES	HEURES CREUSES

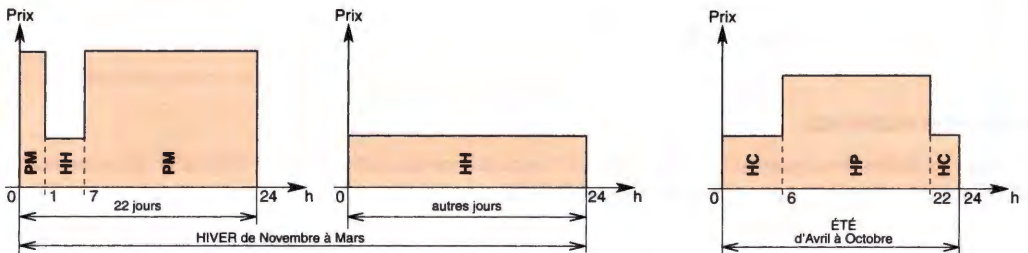
avec une possibilité d'effacement de puissance :  
 - soit en pointe,  
 - soit en pointe et heures pleines d'hiver,  
 - soit en hiver.

**Effacement jours de pointe**

POINTE MOBILE	HIVER		ÉTÉ	
	HEURES HIVER	HEURES PLEINES	HEURES PLEINES	HEURES CREUSES

avec possibilité d'effacement de puissance :  
 - soit en pointe mobile,  
 - soit en hiver.

**OPTION EJP**



**TABLEAU DES PRIX TARIF JAUNE (2005) OPTION BASE**

Versions	Prime fixe annuelle (€ par kVA)	Prix de l'énergie (cents €/kWh)			
		HPH	HCH	HPE	HCE
Utilisations longues	47,76	7,728	5,491	2,721	2,143
Utilisations moyennes	15,84	11,297	7,583	2,857	2,280
Dépassement en €/heure	10,77				

**OPTION EJP**

Versions	Prime fixe annuelle (€ par kVA)	Prix de l'énergie (cents €/kWh)			
		PM	HH	HPE	HCE
Utilisations longues	47,76	26,253	5,243	2,721	2,143
Dépassement en €/heure	10,77				

HPH : Heures Pleines Hiver  
 HCH : Heures Creuses Hiver  
 HPE : Heures Pleines Été

HCE : Heures Creuses Été  
 PM : Pointe Mobile  
 HH : Heures Hiver



# Électricité de France

## FACTURE

EDF. R.C.S. PARIS B 552.081.317  
N.I.T.V.A. FR 03.552.081.317

Facture sur relevé  
N° 02183 00024 DU 02/02/2006

Nom et adresse du lieu de consommation :

Votre service local :  
EDF GDF SERVICES  
EDF ENTREPRISES LORCA  
BP 112  
VILLERS LES NANCY CEDEX  
Tél. renseignements : 03 83 41 66 28  
Tél. dépannage : 03 83 41 66 28  
EDF ENTREPRISE  
MONTANT PRÉLEVÉ

Nom et adresse du destinataire de la facture :

À PARTIR DU

Notre référence :  
051 02825 056059 00 12

**223,92 €**

**18/02/2006**

<b>TARIF VERT A5 COURTES UTILISATIONS CONTRAT SEUIL STANDARD</b>	<b>MONTANTS (€)</b>
--	-------------------------

**PRIMES FIXES, REDEVANCES ET FRAIS DIVERS**

Prime fixe janvier (minorée de 4,0 % pour contrat de 6 ans)	67,20
Dépassement HPH : 40 kW x 1,08	43,20

**ÉNERGIE ACTIVE (6 = 1 + 2 + 3 + 4 + 5)**

Période tarifaire	Consommation enregistrée <sup>1</sup>	Consommation accessoire <sup>2</sup>	Pertes Fer <sup>3</sup>	Pertes Joules	Consommation en décompte <sup>5</sup>	Consommation à facturer <sup>6</sup>	PUHT en cents d'€	
HPE	1 587		240	15		1 842	3,084	26,81
HCE	1 080		192	10		1 282	2,105	26,99
<b>TOTAL</b>	<b>2 667</b>		<b>432</b>	<b>25</b>		<b>3 124</b>		

**ÉNERGIE RÉACTIVE (en kVarh) FACTURÉE SUR LA BASE TANGENTE PHI = 0,40**

Énergie réactive mesurée en P+HP	Énergie active mesurée en P+HP	Tangente phi Secondaire	Tangente phi Primaire	kVarh consommés	kVarh en franchise	kVarh à facturer	PUHT en cents d'€
821	1 587	0,516	0,606	1 116	736		1,754

MINORATION (0,30 %)	- 0,58
---------------------	--------

<b>TOTAL GÉNÉRAL HORS TAXES</b>	<b>193,62</b>
---------------------------------	---------------

**CALCUL DES TAXES**

TAXE DÉPARTEMENTALE : 2,30 % sur 30 % de 193,62 €	1,34
TVA 5,50 % sur : 65,99 €	3,68
TVA 19,6 % sur : 128,97 €	25,28
<b>TOTAL TVA PAYÉE SUR LES DÉBITS</b>	<b>28,92</b>

<b>MONTANT PRÉLEVÉ EN EUROS</b>	<b>223,92</b>
---------------------------------	---------------

**AUCUN ESCOMPTE N'EST ACCORDÉ POUR PAYEMENT ANTICIPÉ**

Les rubriques précédées d'un \* ne sont pas soumises aux taxes locales, celles précédées de \*\* ne sont pas taxables

**17.4.4.  
EXEMPLE DE  
FACTURE EDF  
TARIF VERT  
A5 COURTES  
UTILISATIONS**

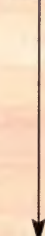
## 21.5. LA COMPENSATION DE L'ÉNERGIE RÉACTIVE

### 21.5.1. DÉMARCHE DE DÉTERMINATION DE LA VALEUR D'UNE BATTERIE DE CONDENSATEURS EN VUE D'AMÉLIORER LE FACTEUR DE PUISSANCE

DONNÉES



BESOIN



ÉLÉMENTS DE CHOIX (à prendre en compte)

EXEMPLES DE DÉTERMINATION D'UNE BATTERIE DE CONDENSATEURS

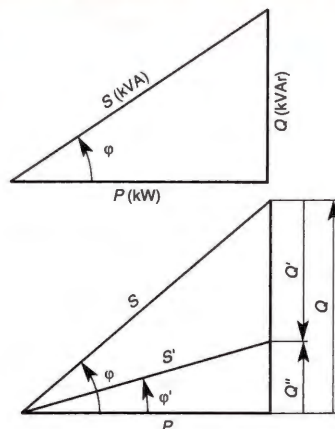
La PUISSANCE RÉACTIVE entraîne :

- une surcharge ou un surdimensionnement des installations (lignes,...)
- des pertes actives plus importantes dans les installations
- une augmentation des montants de la facture EDF

$$\cos \varphi = \frac{P}{S}$$

Nécessité d'améliorer le facteur de puissance

- diminution de l'énergie réactive  $Q$
- augmentation du  $\cos \varphi$
- diminution de la puissance apparente
- diminution des pertes actives
- diminution des pénalités EDF
- $\varphi$  = déphasage initial
- $\varphi'$  = déphasage après amélioration
- $Q$  = énergie réactive initiale
- $Q'$  = énergie réactive compensatrice
- $Q''$  = énergie réactive résiduelle améliorée



Diagrammes des puissances

- L'énergie active moyenne consommée
- L'énergie réactive moyenne consommée
- Le facteur de puissance ( $\cos \varphi$ ) moyen
- Les factures EDF (pénalités).

- Les caractéristiques des condensateurs d'amélioration du  $\cos \varphi$
- Le coût des condensateurs et de leur installation,
- Le bilan économique de l'opération.

MÉTHODE GÉNÉRALE PAR LES CALCULS (POUR UNE INSTALLATION EXISTANTE)

- Faire l'examen des puissances actives et réactives consommées à chaque niveau de l'installation.
- Par des mesures à intervalles réguliers (toutes les demi-heures) au niveau du disjoncteur général :
  - tensions  $U$  ( $U_1$ ,  $U_2$  et  $U_3$ ) - intensités  $I$  ( $I_1$ ,  $I_2$  et  $I_3$ ) - cosinus  $\varphi$  ( $\varphi_1$ ,  $\varphi_2$  et  $\varphi_3$ )
- Ces valeurs permettent de calculer, pour chaque période, les valeurs des puissances  $S$ ,  $P$  et  $Q$ , ainsi que la tangente  $\varphi$  de l'installation.

$$\text{Puissance réactive } Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$

$$\text{Tangente } \varphi = \frac{Q}{P}$$

- **Exemple** : puissance active calculée : 110 kW  
 $\tan \varphi$  calculée = 1,  $\tan \varphi$  souhaitée = 0,3  $\Rightarrow \cos \varphi$  souhaité = 0,987

Puissance réactive des condensateurs à installer

$$Q = P (\tan \varphi - 0,3) = 110 (1 - 0,3) = 77 \text{ kVAr soit } \boxed{Q = 80 \text{ kVAr}}$$

MÉTHODE SIMPLIFIÉE PAR LECTURE D'ABAQUES ET TABLEAUX (POUR UNE INSTALLATION EXISTANTE)

- Faire l'examen des puissances actives et réactives consommées à chaque niveau de l'installation. (tableau § 21.5.2. Facteur de puissance des appareils les plus courants.)
- Le tableau § 21.5.5. (Puissance des condensateurs kVAr par kW de charge) permet de déterminer directement la valeur de la batterie de condensateurs à installer.

MÉTHODE GÉNÉRALE PAR LES CALCULS, LES ABAQUES ET LES TABLEAUX (POUR UN AVANT-PROJET)

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

$$\cos^2 \varphi = \frac{1}{1 + \tan^2 \varphi}$$

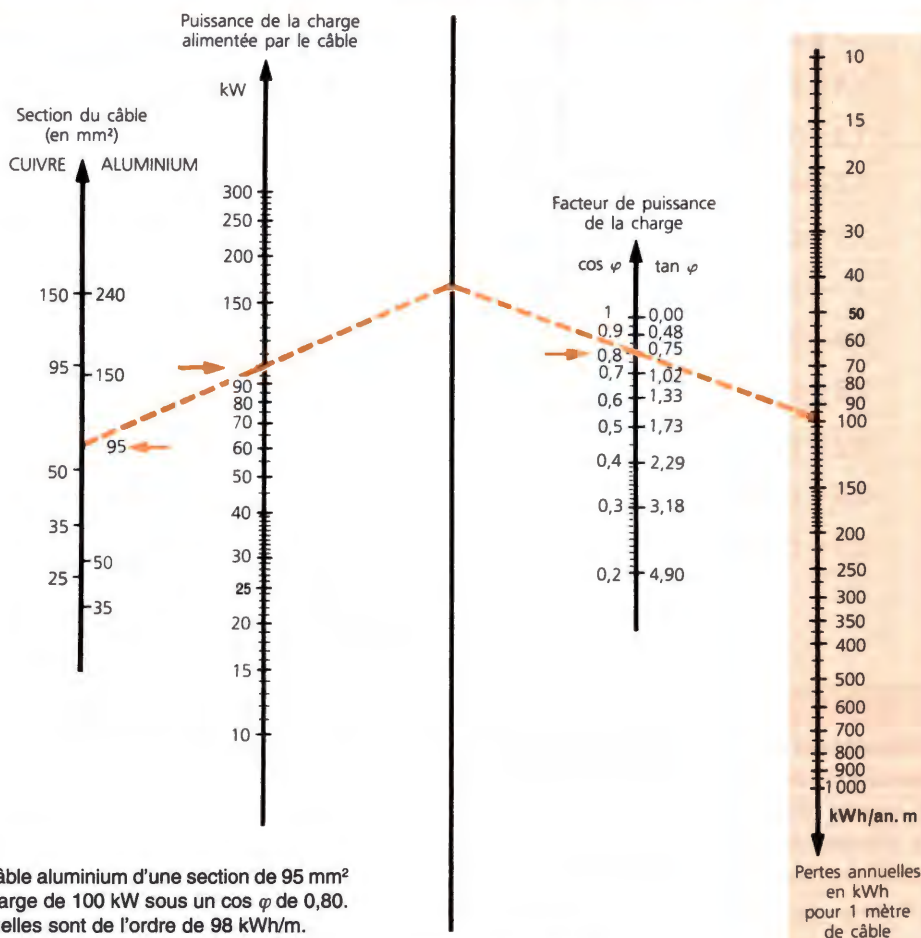
- Conversion des  $\tan \varphi$  en  $\cos \varphi$  et réciproquement (§ 21.5.5.).
- Facteur de puissance des appareils les plus courants (§ 21.5.2.).
- Estimation des pertes actives par mètre de câble (§ 21.5.3.).
- Puissance des condensateurs en kVAr à installer par kW de charge pour relever les  $\cos \varphi$  (§ 21.5.5.).

**Note** : On considère qu'il faut relever le facteur de puissance à  $\cos \varphi = 0,93$  pour supprimer les pénalités et compenser les pertes usuelles en énergie réactive de l'installation.

## 21.5.2. FACTEURS DE PUISSANCE DES PRINCIPAUX APPAREILS ÉLECTRIQUES ET COEFFICIENTS MULTIPLICATEURS

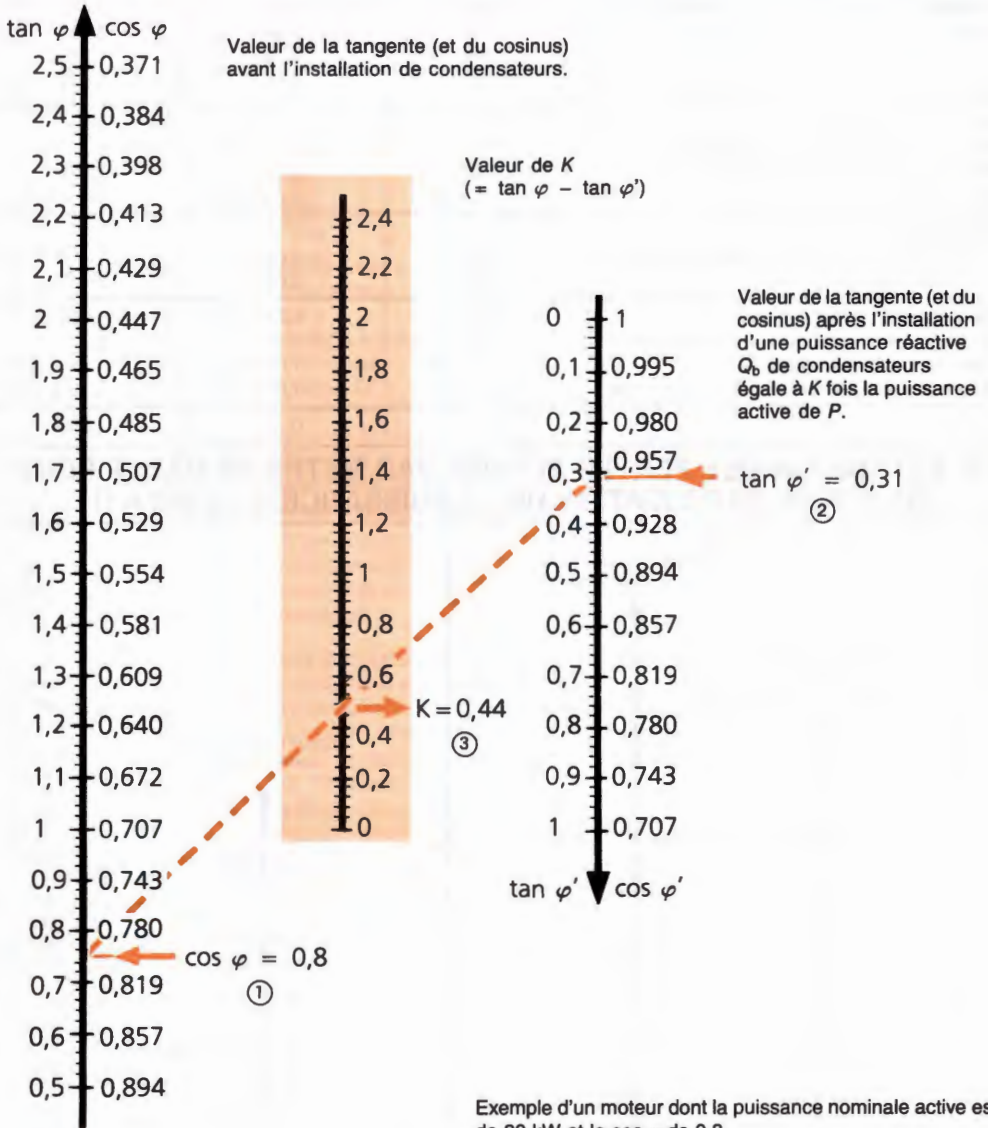
appareil	$\cos \varphi$	$\tan \varphi$	coefficients $k \varphi = 1/\cos \varphi$
- moteur asynchrone ordinaire	chargé à 0 %	0,17	5,80
	25 %	0,55	1,52
	50 %	0,73	0,94
	75 %	0,80	0,75
	90 %	0,85	0,62
- lampes à incandescence	$\approx 1$	$\approx 0$	1
- lampes à fluorescence non compensées	$\approx 0,5$	$\approx 1,73$	2
- lampes à fluorescence compensées (0,93)	0,93	0,39	1,075
- lampes à décharge	0,4 à 0,6	2,29 à 1,33	2,5 à 1,66
- fours à résistance	$\approx 1$	$\approx 0$	1
- fours à induction avec compensation intégrée	$\approx 0,85$	$\approx 0,62$	1,175
- fours à chauffage diélectrique	$\approx 0,85$	0,62	1,175
- machine à souder à résistance	0,8 à 0,9	0,75 à 0,48	1,25 à 1,10
- postes statiques monophasés de soudage à l'arc	$\approx 0,5$	$\approx 1,73$	2
- groupes rotatifs de soudage à l'arc	0,7 à 0,9	1,02 à 0,48	1,42 à 1,10
- transformateurs-redresseurs de soudage à l'arc	0,7 à 0,8	1,02 à 0,75	1,42 à 1,25
- fours à arc	0,8	0,75	1,25

## 21.5.3. ESTIMATION DES PERTES ACTIVES PAR MÈTRE DE CÂBLE POUR UNE DURÉE D'UTILISATION DE LA PUISSANCE DE 2 500 h (1)



(1) Pour une durée d'utilisation différente le résultat doit être corrigé en faisant une règle de trois.

## 21.5.4. DÉTERMINATION DE LA PUISSANCE RÉACTIVE DES CONDENSATEURS À INSTALLER POUR PASSER DE $\tan \varphi$ à $\tan \varphi'$ POUR UNE PUISSANCE ACTIVE $P$



$Q_b = KP$

Exemple d'un moteur dont la puissance nominale active est de 30 kW et le  $\cos \varphi$  de 0,8.

Pour ramener la tangente à une valeur de 0,31, il faut installer une puissance réactive en condensateurs égale à  $K \cdot P$ , soit :  $Q_b = 0,44 \times 30 = 13,2$  kVar

Positionner ① et ② lire la réponse en ③

### DÉTERMINATION DE LA PUISSANCE RÉACTIVE DE LA BATTERIE DE CONDENSATEURS PAR LE CALCUL

Puissance active du moteur : 30 kW à  $\cos \varphi$  de 0,8  $\Rightarrow \tan \varphi : 0,75$

$\tan \varphi'$  souhaité : 0,31

$\cos \varphi'$  souhaité correspondant : 0,957

Puissance des condensateurs à installer :  $Q_b$

$Q_b = P (\tan \varphi - \tan \varphi') = 30 (0,75 - 0,31) = 13,2$  kVar

## 21.5.5. PUISSANCE RÉACTIVE kVAr À INSTALLER PAR kW POUR ÉLEVER LE FACTEUR DE PUISSANCE

- Les condensateurs améliorent le FACTEUR DE PUISSANCE uniquement sur la partie de l'installation située en amont de leur point de raccordement, ils seront répartis au plus près des principaux appareils consommateurs d'énergie réactive.

avant compensation		puissance du condensateur en kVAr à installer par kW de charge pour relever le facteur de puissance (cos φ) ou la tan φ à une valeur donnée (K)													
		tan φ	0,75	0,59	0,48	0,46	0,43	0,40	0,36	0,33	0,29	0,25	0,20	0,14	0,0
tan φ	cos φ	cos φ	0,80	0,86	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	1
2,29	0,40	1,557	1,691	1,805	1,832	1,861	1,895	1,924	1,959	1,998	2,037	2,085	2,146	2,288	
2,22	0,41	1,474	1,625	1,742	1,769	1,798	1,831	1,840	1,896	1,935	1,973	2,021	2,082	2,225	
2,16	0,42	1,413	1,561	1,681	1,709	1,738	1,771	1,800	1,836	1,874	1,913	1,961	2,022	2,164	
2,10	0,43	1,356	1,499	1,624	1,651	1,680	1,713	1,742	1,778	1,816	1,855	1,903	1,964	2,107	
2,04	0,44	1,290	1,441	1,558	1,585	1,614	1,647	1,677	1,712	1,751	1,790	1,837	1,899	2,041	
1,98	0,45	1,230	1,384	1,501	1,532	1,561	1,592	1,628	1,659	1,695	1,737	1,784	1,846	1,988	
1,93	0,46	1,179	1,330	1,446	1,475	1,502	1,533	1,567	1,600	1,636	1,577	1,725	1,786	1,929	
1,88	0,47	1,130	1,278	1,397	1,425	1,454	1,485	1,519	1,532	1,588	1,629	1,677	1,758	1,881	
1,83	0,48	1,076	1,228	1,343	1,370	1,400	1,430	1,464	1,497	1,534	1,575	1,623	1,684	1,826	
1,78	0,49	1,030	1,179	1,297	1,326	1,355	1,386	1,420	1,453	1,489	1,530	1,578	1,639	1,782	
1,73	0,50	0,982	1,232	1,248	1,276	1,303	1,337	1,369	1,403	1,441	1,481	1,529	1,590	1,732	
1,69	0,51	0,936	1,087	1,202	1,230	1,257	1,291	1,323	1,357	1,395	1,435	1,483	1,544	1,686	
1,64	0,52	0,894	1,043	1,160	1,188	1,215	1,249	1,281	1,315	1,353	1,393	1,441	1,502	1,644	
1,60	0,53	0,850	1,000	1,116	1,144	1,171	1,205	1,237	1,271	1,309	1,349	1,397	1,458	1,600	
1,56	0,54	0,809	0,959	1,075	1,103	1,130	1,164	1,196	1,230	1,268	1,308	1,356	1,417	1,559	
1,52	0,55	0,769	0,918	1,035	1,063	1,090	1,124	1,156	1,190	1,228	1,268	1,316	1,377	1,519	
1,48	0,56	0,730	0,879	0,996	1,024	1,051	1,085	1,117	1,151	1,189	1,229	1,277	1,338	1,480	
1,44	0,57	0,692	0,841	0,958	0,986	1,013	1,047	1,079	1,113	1,151	1,191	1,239	1,300	1,442	
1,40	0,58	0,665	0,805	0,921	0,949	0,976	1,010	1,042	1,076	1,114	1,154	1,202	1,263	1,405	
1,37	0,59	0,618	0,768	0,884	0,912	0,939	0,973	1,005	1,039	1,077	1,117	1,165	1,226	1,368	
1,33	0,60	0,584	0,733	0,849	0,878	0,905	0,939	0,971	1,005	1,043	1,083	1,131	1,192	1,334	
1,30	0,61	0,549	0,699	0,815	0,843	0,870	0,904	0,936	0,970	1,008	1,048	1,096	1,157	1,299	
1,27	0,62	0,515	0,665	0,781	0,809	0,836	0,870	0,902	0,936	0,974	1,014	1,062	1,123	1,265	
1,23	0,63	0,483	0,633	0,749	0,777	0,804	0,838	0,870	0,904	0,942	0,982	1,030	1,091	1,233	
1,20	0,64	0,450	0,601	0,716	0,744	0,771	0,805	0,837	0,871	0,909	0,949	0,997	1,058	1,200	
1,17	0,65	0,419	0,569	0,685	0,713	0,740	0,774	0,806	0,840	0,878	0,918	0,966	1,007	1,169	
1,14	0,66	0,388	0,538	0,654	0,682	0,709	0,743	0,775	0,809	0,847	0,887	0,935	0,996	1,138	
1,11	0,67	0,358	0,508	0,624	0,652	0,679	0,713	0,745	0,779	0,817	0,857	0,905	0,966	1,108	
1,08	0,68	0,329	0,478	0,595	0,623	0,650	0,684	0,716	0,750	0,788	0,828	0,876	0,937	1,079	
1,05	0,69	0,299	0,449	0,565	0,593	0,620	0,654	0,686	0,720	0,758	0,798	0,840	0,907	1,049	
1,02	0,70	0,270	0,420	0,536	0,564	0,591	0,625	0,657	0,691	0,729	0,769	0,811	0,878	1,020	
0,99	0,71	0,242	0,392	0,508	0,536	0,563	0,597	0,629	0,663	0,701	0,741	0,783	0,850	0,992	
0,96	0,72	0,213	0,364	0,479	0,507	0,534	0,568	0,600	0,634	0,672	0,712	0,754	0,821	0,963	
0,94	0,73	0,186	0,336	0,452	0,480	0,507	0,541	0,573	0,607	0,645	0,685	0,727	0,794	0,936	
0,91	0,74	0,159	0,309	0,425	0,453	0,480	0,514	0,546	0,580	0,618	0,658	0,700	0,767	0,909	
0,88	0,75	0,132	0,282	0,398	0,426	0,453	0,487	0,519	0,553	0,591	0,631	0,673	0,740	0,882	
0,86	0,76	0,105	0,255	0,371	0,399	0,426	0,460	0,492	0,526	0,564	0,604	0,652	0,713	0,855	
0,83	0,77	0,079	0,229	0,345	0,373	0,400	0,434	0,466	0,500	0,538	0,578	0,620	0,687	0,829	
0,80	0,78	0,053	0,202	0,319	0,347	0,374	0,408	0,440	0,474	0,512	0,552	0,594	0,661	0,803	
0,78	0,79	0,026	0,176	0,292	0,320	0,347	0,381	0,413	0,447	0,485	0,525	0,567	0,634	0,776	
0,75	0,80		0,150	0,266	0,294	0,321	0,355	0,387	0,421	0,459	0,499	0,541	0,608	0,750	
0,72	0,81		0,124	0,240	0,268	0,295	0,329	0,361	0,395	0,433	0,473	0,515	0,582	0,724	
0,70	0,82		0,083	0,214	0,242	0,269	0,303	0,335	0,369	0,407	0,447	0,489	0,556	0,698	
0,67	0,83		0,072	0,188	0,216	0,243	0,277	0,309	0,343	0,381	0,421	0,463	0,530	0,672	
0,65	0,84		0,046	0,162	0,190	0,217	0,251	0,283	0,317	0,355	0,385	0,437	0,504	0,645	
0,62	0,85		0,020	0,136	0,164	0,191	0,225	0,257	0,291	0,329	0,369	0,417	0,478	0,620	
0,59	0,86			0,109	0,140	0,167	0,198	0,230	0,264	0,301	0,343	0,390	0,450	0,593	
0,57	0,87			0,083	0,114	0,141	0,172	0,204	0,238	0,275	0,317	0,364	0,424	0,567	
0,54	0,88			0,054	0,085	0,112	0,143	0,175	0,209	0,246	0,288	0,335	0,395	0,538	
0,51	0,89			0,028	0,059	0,086	0,117	0,149	0,183	0,230	0,262	0,309	0,369	0,512	
0,48	0,90				0,031	0,058	0,089	0,121	0,155	0,192	0,234	0,281	0,341	0,484	

# 21.6. GUIDE DE CHOIX D'UNE INSTALLATION DES CONDENSATEURS

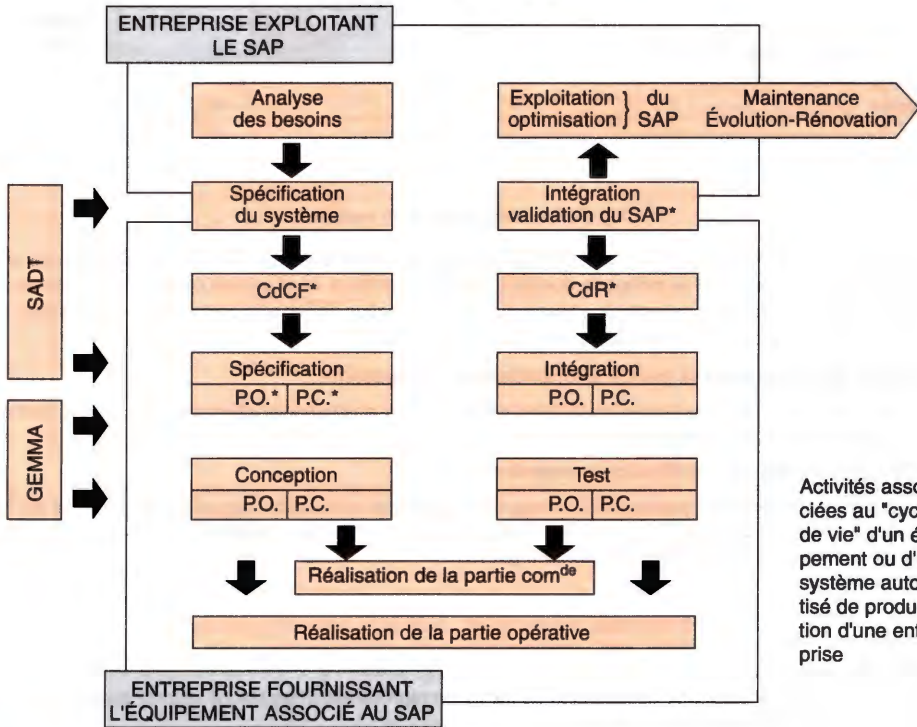
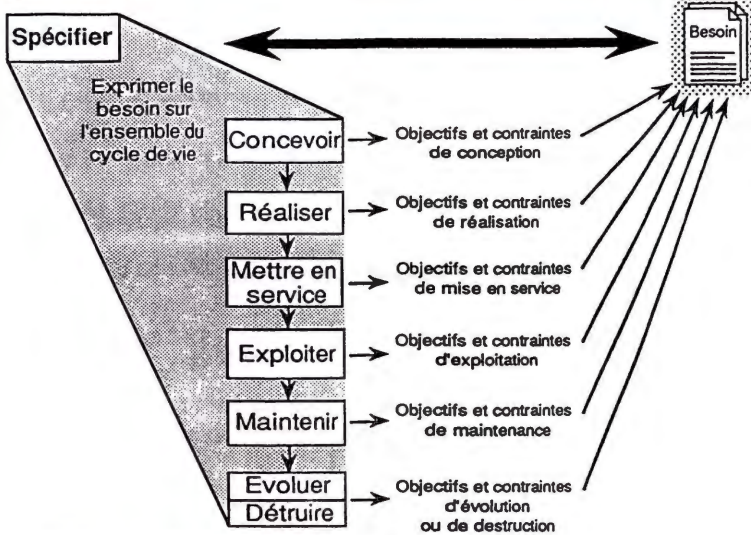
(D'après SCHNEIDER ELECTRIC)

APTITUDES → TYPE ↓	PRINCIPE ↓	INTÉRÊT ↓	REMARQUES ↓	SCHÉMA
COMPENSATION AUTOMATIQUE	Installées en tête de l'ensemble de la distribution BT ou d'un secteur important les batteries de condensateurs sont divisées en gradins. La valeur du cos $\varphi$ est détectée par un relais varométrique.	Permet l'adaptation immédiate de la compensation aux variations de la charge et évite ainsi le renvoi d'énergie réactive sur le réseau EDF et les surtensions sur les circuits d'éclairage en marche à faible charge.	Règles pratiques : - si la puissance des condensateurs est < 15 % de la puissance du transformateur, choisir des condensateurs fixes ; - si la puissance des condensateurs est > 15 % de la puissance du transformateur, choisir les condensateurs à régulation automatique.	<p>récepteurs</p> <p>RELAIS VAR</p> <p>compensation automatique à 2 gradins</p>
COMPENSATION GLOBALE	La batterie est raccordée en tête d'installation et assure une compensation pour l'ensemble de l'installation. Elle reste en service de façon permanente pendant la marche normale de l'usine.	Dimensionnement faible de la batterie. Amortissement rapide, de plus : - supprime les pénalités (tarif VERT) ; - diminue la puissance apparente en l'ajustant aux besoins réels (tarif JAUNE) ; - soulage le poste de transformation.	- Le courant réactif est présent au niveau 1 jusqu'aux récepteurs. - Les pertes par effet joule dans les câbles situés en aval et leur dimensionnement ne sont pas de ce fait diminués. - Lorsque la charge est stable et continue, une compensation globale convient.	
COMPENSATION PARTIELLE	La batterie est raccordée au tableau de distribution et fournit l'énergie réactive par atelier à un groupe de récepteurs. Une grande partie de l'installation est soulagée, en particulier les câbles d'alimentation de chaque atelier.	- Supprime les pénalités (tarif VERT). - Soulage le poste de transformation. - Optimise une partie du réseau, le courant réactif n'étant pas véhiculé entre les niveaux 1 et 2.	- Le courant réactif est présent au niveau 2 jusqu'aux récepteurs. - Les pertes par effet joule dans les câbles sont ainsi diminuées. - Risque de surcompensation par suite des variations de charge importantes. - Solution conseillée lorsque l'installation est étendue et comporte des régimes de charge différents dans les ateliers.	
COMPENSATION LOCALE	La batterie est raccordée directement à chaque récepteur de type inductif. La puissance de la batterie est ≈ 25 % de la puissance du moteur. Un complément en tête de l'installation n'est pas à exclure (transformateur).	- Supprime les pénalités. - Soulage le poste de transformation. - Diminue le dimensionnement des câbles et réduit les pertes par effet joule.	- Le courant réactif n'est plus présent dans les câbles de l'installation. - Solution conseillée lorsque la puissance de certains récepteurs est importante par rapport à la puissance totale. - C'est la solution qui présente le plus d'avantages.	

# 22. LES COMMANDES DE SYSTÈMES

## 22.1. STRUCTURATION DES SYSTÈMES AUTOMATISÉS

Cycle de vie d'un système automatisé



Activités associées au "cycle de vie" d'un équipement ou d'un système automatisé de production d'une entreprise

**GRAFCET** : Le grafcet se situe pratiquement à toutes les étapes du cycle de vie d'un système.

\* **Légende :**

**SAP** : Systèmes Automatisés de Production

**CdCF** : Cahier des Charges Fonctionnel

**CdR** : Cahier de Recette

**PO** : Partie opérative

**PC** : Partie commande

## 22.2. LE GRAFCET (GRAPHE COMMANDE ÉTAPE/TRANSITION) (NFC 03-190) EN 60848 : 2002

### 22.2.1. LANGAGE DE SPÉCIFICATION GRAFCET POUR DIAGRAMMES FONCTIONNELS EN SÉQUENCE

#### Principes généraux.

##### – Contexte

La réalisation d'un système automatisé requiert, notamment, une **description liant les effets aux causes**. Pour cela on décrira l'aspect logique du comportement souhaité du système.

Le **GRAFCET** a pour objet de spécifier le comportement de la partie séquentielle des systèmes (Fig. 1)

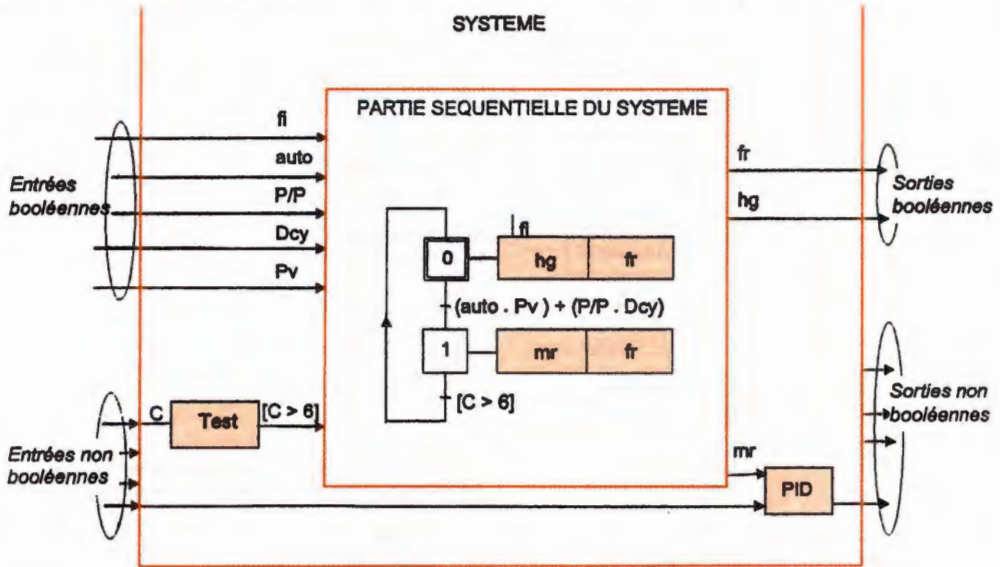


Fig. 1 – Partie séquentielle du système

**Note** : La partie séquentielle du système est caractérisée par ses **variables d'entrée**, ses **variables de sortie** et son comportement. Cette partie séquentielle ne comporte que des variables d'entrées et de sorties booléennes, toutefois le langage de spécification **GRAFCET** permet par extension (exemple : évaluation d'un prédicat\* ou affectation d'une valeur numérique à une variable) de décrire le comportement de variables non booléennes

#### Représentation graphique de la partie séquentielle d'un système.

\* **Prédicat** : prédire les états futurs des sorties en fonction de l'état actuel des variables d'entrées à un instant donné (ne s'applique que dans le cas des systèmes séquentiels).

##### – Le GRAFCET, un langage de spécification comportementale :

Dans le **GRAFCET** plusieurs étapes peuvent être actives simultanément, la situation étant alors caractérisée par l'ensemble des étapes actives à l'instant considéré. Les conditions d'évolution d'un ensemble d'étapes vers un autre sont alors portées par une ou plusieurs transitions, caractérisées chacune par :

- ses étapes en amont,
- ses étapes en aval,
- sa réceptivité associée.

##### – GRAFCET, présentation sommaire :

Le **GRAFCET** est utile pour concevoir des grafjets donnant une représentation graphique et synthétique du comportement des systèmes. La représentation (Fig. 2) distingue :

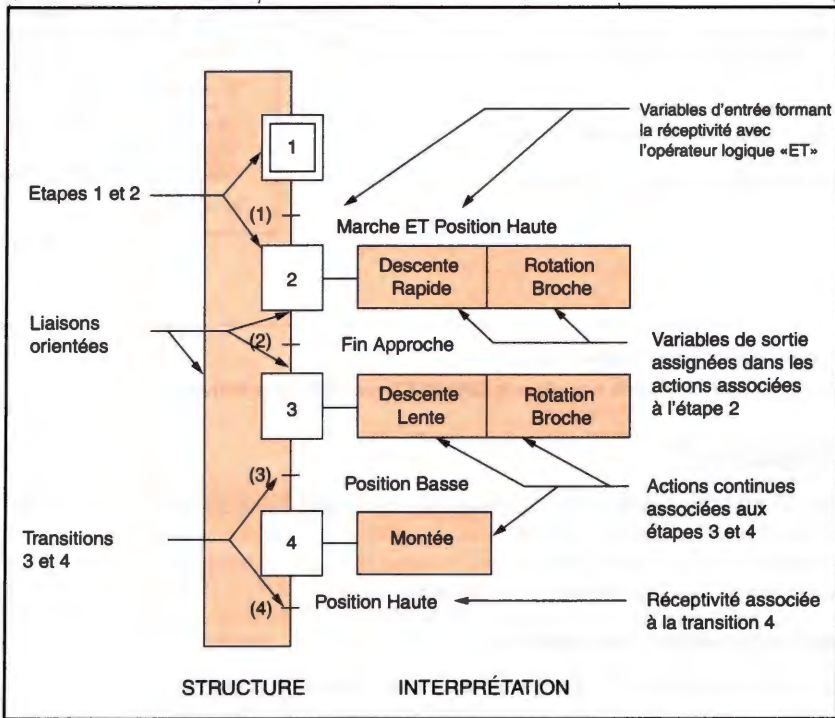
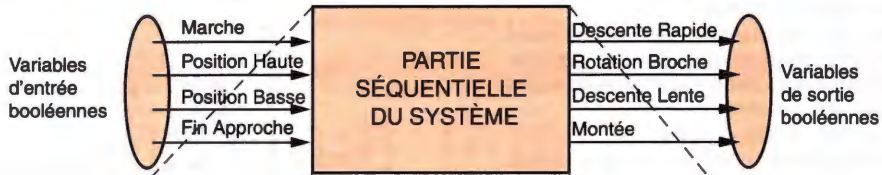
- la **structure**, qui permet de décrire les évolutions possibles entre les situations,
- l'**interprétation**, qui fait la relation entre les variations d'entrées, la structure et les variables de sorties (des règles d'évolution, d'assignation et d'affectation sont nécessaires pour réaliser cette interprétation).

#### Événements internes.

– Seuls certains événements d'entrée peuvent se produire à partir d'une situation donnée. La conjonction d'une situation et d'un événement d'entrée pouvant se produire à partir de celle-ci s'appelle un événement interne. Cette notion est principalement utilisée par le spécificateur pour conditionner une affectation de sortie à un ensemble d'événements internes.

### Modes de sortie.

– Les actions permettent d'établir le lien entre l'évolution du grafcet et les sorties. Deux modes de sortie, mode continu ou mode mémorisé, décrivent comment les sorties dépendent de l'évolution et des entrées du système.



**Fig. 2 – Éléments de structure et d'interprétation utilisés dans un grafcet pour décrire le comportement de la partie séquentielle d'un système défini par ses variables d'entrée et de sortie.**

### Application des règles d'évolution.

– L'interprétation intuitive de l'évolution, dite « pas à pas », désigne la démarche progressive qui permet, sur occurrence d'un événement d'entrée et à partir de la situation antérieure, de déterminer, par application successive des règles d'évolution sur chaque transition, la situation postérieure à l'événement considéré. Cette facilité d'interprétation est un artifice autorisant une spécification indirecte de l'évolution, mais le spécificateur doit prendre garde au fait que le franchissement des transitions situées sur ce chemin n'implique pas l'activation effective des situations intermédiaires.

– **\*Évolution fugace** : évolution caractérisée par le **franchissement** de plusieurs **transitions** successives à l'occurrence d'un unique événement d'entrée.

– **\*Transition** : élément du langage **GRAF CET**, une transition indique la possibilité d'évolution d'activité entre deux ou plusieurs **étapes**.

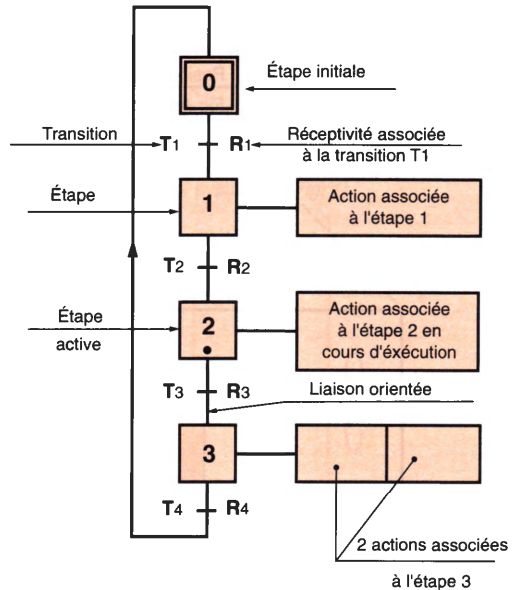
**Note** : cette évolution possible s'accomplit par le **franchissement de la transition**.

– **\*Réceptivité** : élément du langage **GRAF CET** associé à une transition, la réceptivité exprime le résultat d'une **expression booléenne**.

**Note** : une réceptivité est soit vraie, soit fausse.

### Éléments de base.

- Le **GRAF CET** est un modèle de représentation des systèmes logiques. C'est un diagramme fonctionnel qui décrit l'évolution séquentielle (par étape) des processus automatisés.
- Il est composé d'un ensemble :
  - d'**étapes** qui caractérisent un comportement invariant d'une partie ou de la totalité du système. Suivant l'évolution du processus, chaque étape peut être active (•) ou inactive
  - d'**actions** associées aux étapes : Elles traduisent ce qui doit être fait chaque fois que les étapes auxquelles elles sont associées sont actives.
  - de **transitions** : Elles indiquent la possibilité d'évolution entre étapes. Cette évolution s'accomplit par le franchissement de la transition.
  - de **réceptivités** associées aux transitions : Ce sont des propositions logiques ; vraies (= 1), fausses (= 0)
  - de **liaisons orientées** : Elles relient les étapes aux transitions et les transitions aux étapes. Elles précisent le sens de lecture (haut vers le bas).

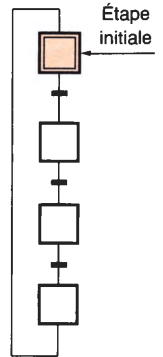


### Règles fondamentales d'évolution du processus.

- Les règles précisent les conditions dans lesquelles le **GRAF CET** évolue (étapes **actives** ou **inactives**)

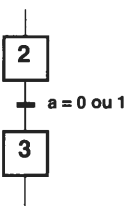
#### Première règle : initialisation

- La situation initiale du **GRAF CET** caractérise l'état dans lequel se trouve la partie opérative au début du fonctionnement de la partie commande
- Elle correspond aux étapes actives à l'initialisation.
- L'**étape initiale** est représentée sur le **GRAF CET** par un **double carré**.



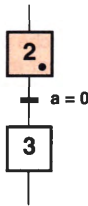
#### Deuxième règle : franchissement d'une transition

- Le franchissement d'une transition ne s'effectue que lorsque cette transition est **validée**, c'est-à-dire lorsque l'**étape** précédente est active et que la **condition de transition (réceptivité)** associée à cette étape est **vraie**.
- Lorsque ces deux conditions d'évolution sont réunies, la **transition** devient **franchissable** et est alors **obligatoirement franchie**.



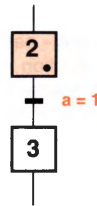
#### Transition non validée

La transition 2 → 3 est non validée car l'étape 2 est inactive.



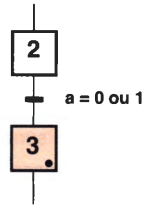
#### Transition validée

La transition 2 → 3 est validée (étape 2 active) mais elle n'est pas franchissable ( $a = 0$ ).



#### Transition franchissable

La condition de transition est vraie ( $a = 1$ ). La transition devient franchissable.



#### Transition franchie

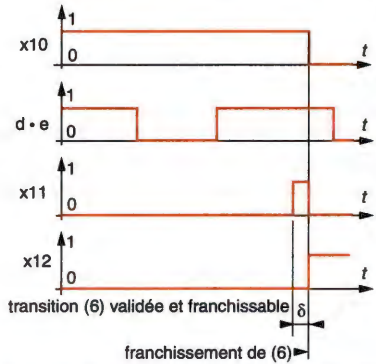
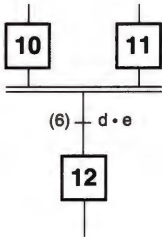
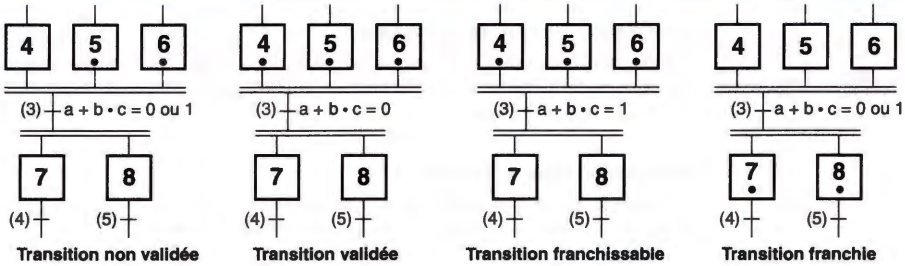
Le franchissement de la transition entraîne l'activation de l'étape 3 et la désactivation de l'étape 2.

### Troisième règle : évolution des étapes actives

Le franchissement provoque simultanément :

- La **désactivation** de toutes les étapes immédiatement précédentes reliées à cette transition,
- et l'**activation** de toutes les étapes immédiatement suivantes reliées à cette transition.

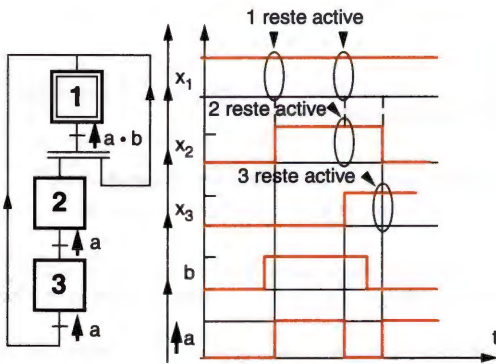
### Quatrième règle : plusieurs transitions simultanément franchissables sont simultanément franchies



chronogramme d'évolution possible du GRAFCET

### Cinquième règle : Si, au cours du fonctionnement, une étape active est simultanément activée et désactivée alors elle reste active.

**Note :** Le front montant d'une variable logique, qui se note par le «  $\uparrow$  » devant une variable booléenne, indique que ce front montant n'est vrai qu'au passage de la valeur 0 à la valeur 1 de la variable concernée. Le front descendant d'une variable logique, qui se note par le «  $\downarrow$  » devant une variable booléenne, indique que ce front descendant n'est vrai qu'au passage de la valeur 1 de la variable concernée.

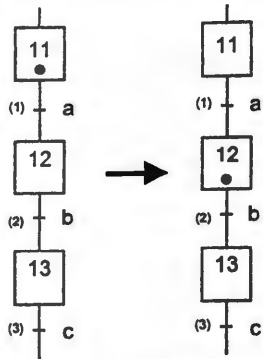


### Événements d'entrée

- Les règles d'évolution montrent que, seul un changement des valeurs des variables d'entrée, est susceptible de provoquer l'évolution d'un grafcet. Ce changement, appelé « **événement d'entrée** » doit être défini par la valeur antérieure et la valeur postérieure de toutes les variables d'entrées pour caractériser cet **événement unique**. Dans la pratique, on ne spécifie que des **ensembles d'événements** d'entrée caractérisés par le changement d'état (front montant ou front descendant) d'une ou plusieurs variables booléennes d'entrée.

**– Évolution non fugace**

– Dans le cas général, l'évolution est non fugace, c'est-à-dire que l'événement d'entrée ne provoque qu'un seul pas d'évolution (le franchissement simultané d'une ou plusieurs transitions)



**Exemple : « Évolution non fugace »**

Situation antérieure : étape 11 active,  $a = 0$ ,  $b = 0$  et  $c = 0$ .

**Interprétation intuitive de l'évolution :**

Le changement de valeur de « a » provoque le franchissement de la transition (1) et l'activation de l'étape 12, la transition (2) n'est pas franchissable car  $b = 0$ , donc la situation postérieure est : **étape 12 active.**

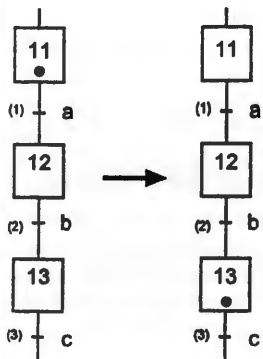
**Interprétation vraie de l'évolution :**

L'occurrence de l'un des événements d'entrée tels que la valeur de « a » passe de 0 à 1, conduit directement à la situation postérieure : **étape 12 active.**

**– Évolution fugace**

– Dans certains cas, l'application des règles d'évolution peut conduire à franchir successivement des transitions (en plusieurs pas d'évolution) si les réceptivités associées aux transitions postérieures sont déjà vraies lors du franchissement de la ou des premières transitions considérées. L'évolution correspondante, dite **fugace**, utilise le chemin parcouru pour indiquer comment on passe d'une situation antérieure à une situation postérieure.

– Les étapes intermédiaires correspondantes, dites étapes **instables**, ne sont pas activées, mais on considère qu'elles ont été « **virtuellement** » activées et désactivées le long du chemin d'évolution intuitive, et de même que les transitions correspondantes ont été « **virtuellement** » franchies.



**Exemple : « Évolution fugace »**

Situation antérieure : étape 11 active,  $a = 0$ ,  $b = 1$  et  $c = 0$ .

**Interprétation intuitive de l'évolution :**

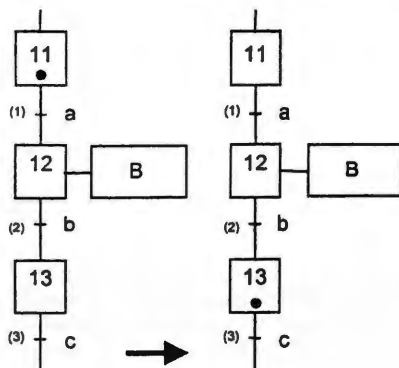
Le changement de valeur de « a » provoque le franchissement de la transition (1) et l'activation virtuelle de l'étape 12, la transition (2) est ensuite **virtuellement** franchie, car  $b = 1$ , pour aboutir à la situation postérieure : **étape 13 active.**

**Interprétation vraie de l'évolution :**

L'occurrence de l'un des événements d'entrée tels que la valeur de « a » passe de 0 à 1, conduit directement à la situation postérieure : **étape 13 active.**

**– Conséquence d'une évolution fugace sur les assignations**

– L'assignation d'une valeur de sortie par une action continue associée à une étape, qui à l'occasion d'une **évolution fugace** est une étape instable, n'est pas effective puisque l'étape n'est pas réellement activée.



**Exemple : « Action continue associée à une étape instable »**

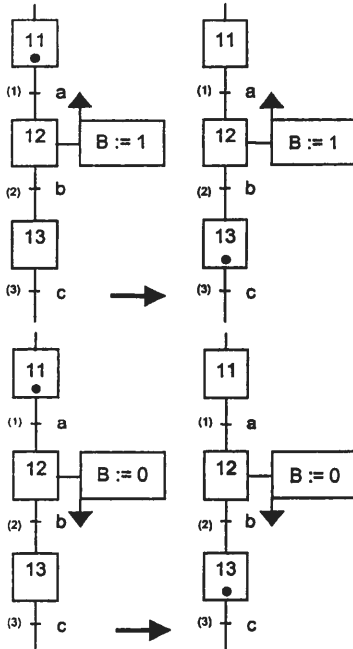
Situation antérieure : étape 11 active,  $a = 0$ ,  $b = 1$  et  $c = 0$ .

L'occurrence de l'un des événements d'entrée tels que la valeur de « a » passe de 0 à 1, conduit directement à la situation postérieure : **étape 13 active.**

La situation antérieure (étape 11 active) et la situation postérieure (étape 13 active) assignent à la valeur 0 la variable de sortie B. L'étape instable 12 n'étant pas réellement activée, l'assignation à la valeur 1 de B n'est pas effective au cours de cette **évolution fugace.**

– **Conséquence d'une évolution fugace sur les affectations.**

- L'affectation à une valeur déterminée d'une sortie par une action mémorisée (symbole 26) associée à une étape, qui à l'occasion d'une évolution fugace est une étape instable, est effective puisque cette affectation est associée aux événements déclenchant cette évolution



**Exemple 1 : « Action mémorisée associée à l'activation d'une étape instable »**

Situation antérieure : étape 11 active,  $a = 0$ ,  $b = 1$  et  $c = 0$ .

L'occurrence de l'un des événements d'entrée tels que la valeur de « a » passe de 0 à 1, conduit directement à la situation postérieure : **étape 13 active.**

L'affectation de la valeur 1 à la variable de sortie B se fait sur occurrence d'un des événements internes ayant pour conséquence l'activation réelle ou virtuelle de l'étape 12.

**Exemple 2 : « Action mémorisée associée à la désactivation d'une étape instable »**

Situation antérieure : étape 11 active,  $a = 0$ ,  $b = 1$  et  $c = 0$ .

L'occurrence de l'un des événements d'entrée tels que la valeur de « a » passe de 0 à 1 conduit directement à la situation postérieure : **étape 13 active.**

L'affectation de la valeur 0 à la variable de sortie B se fait sur occurrence d'un des événements internes ayant pour conséquence la désactivation réelle ou virtuelle de l'étape 12.

– **Comparaison entre les deux modes de sortie**

- Le choix du mode de sortie dépend des habitudes et des méthodologies, toutefois l'attention des spécificateurs est attirée sur les importantes différences entre les deux modes.

– **Détermination de la valeur des sorties**

- **En mode continu, toutes** les sorties sont assignées selon la situation, à la **valeur vraie** pour les sorties désignées explicitement dans les actions associées aux étapes actives, à la **valeur fausse** pour les autres qui sont désignées implicitement par omission (voir règle à assignation)
- **En mode mémorisé, seules** les sorties affectées sont modifiées à la **valeur indiquée**, les valeurs des autres sorties mémorisées restent inchangées (voir règle d'affectation).

– **Analyse de la valeur des sorties d'un grafcet à un instant donné**

- **En mode continu**, la connaissance de la situation et de la valeur des entrées **suffit** pour déterminer la valeur des sorties.
- **En mode mémorisé**, la connaissance de la situation et de la valeur des entrées **ne suffit pas**, il faut connaître également les évolutions antérieures pour déterminer la valeur des sorties.

– **Actions relatives à une évolution fugace**

- **En mode continu**, les actions associées à une étape instable **ne sont pas prises** en compte car cette étape n'est pas activée.
- **En mode mémorisé**, les actions associées à des événements correspondant à une évolution fugace **sont prises** en compte car les événements déclenchant cette évolution se produisent.

– **Conflit éventuel sur la valeur des sorties**

- **En mode continu**, les principes de l'assignation **permettent d'éviter** tout conflit d'assignation sur une même sortie.
- **En mode mémorisé**, les principes de l'affectation **ne permettent pas d'éviter** les éventuels conflits d'affectation sur une même sortie. Le spécificateur doit alors s'assurer lui-même que deux affectations contradictoires ne peuvent pas se produire simultanément.

## 22.2.2 REPRÉSENTATION GRAPHIQUE DES ÉLÉMENTS

– Les éléments du **GRAFSET** possèdent une représentation symbolique qui permet, en les associant correctement, de réaliser des diagrammes fonctionnels clairs et synthétiques.

**Note 1 :** Seule la représentation globale des symboles est imposée, les dimensions et les éléments de détail (épaisseur des traits, police de caractère, etc.) sont laissés libres aux utilisateurs.

**Note 2 :** Les représentations en trait pointillé indiquent le contexte du symbole.

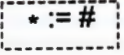

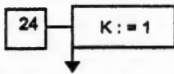
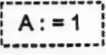
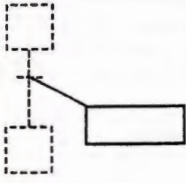
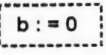
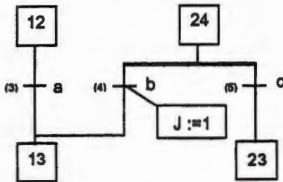
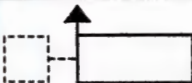
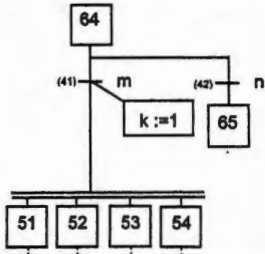
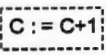
N°	Symbole	Description	N°	Symbole	Description
<b>TABLEAU 1 – Étapes</b>					
1		Étape <b>Exemple 1 :</b> « Étape 2 » <b>Exemple 2 :</b> « Étape 3 active »			
2	X*	<b>Variable d'étape :</b> l'Etat actif ou inactif d'une étape peut être représenté par 1 ou 0 dans laquelle * doit représenter le repère de l'état considéré. <b>Exemple :</b> « variable d'étape de l'étape 8 » X 8			
3		<b>Étape initiale :</b> – Les règles du symbole 1 sont applicables – Une étape initiale peut être « instable » <b>Exemple :</b> « étape initiale 12 »	9		<b>Synchronisation en amont et/ou aval d'une transition :</b> Lorsque plusieurs étapes sont reliées à une même transition, les liaisons orientées d'entrée et/ou de sortie de ces étapes sont regroupées en amont ou en aval par le symbole de synchronisation représenté par deux traits parallèles horizontaux. <b>Exemple 1 :</b> – Transition d'une étape (12) vers plusieurs (13, 23, 33). – La transition (8) est validée lorsque l'étape (12) est active. <b>Exemple 2 :</b> – Transition de plusieurs étapes (18, 34, 45) vers l'étape (12) – La transition (6) n'est validée que lorsque toutes les étapes amont sont actives <b>Exemple 3 :</b> – Transition de plusieurs étapes (14, 28, 35) vers plusieurs étapes (15, 29, 36, 46) – La transition (14) n'est validée que lorsque toutes les étapes amont sont actives.
4		<b>Étape encapsulante :</b> contient d'autres étapes dites encapsulées. – Les règles des symboles 1 sont applicables – Propriétés et exemples d'utilisation de l'étape encapsulante voir tableau 10.			
5		<b>Étape encapsulante initiale :</b> – Elle contient, au moins, une étape encapsulée initiale.			
6	M*	<b>Macro-étape :</b> Représentation unique d'une partie détaillée de grafset, appelée <b>expansion</b> de la macro-étape. – Propriétés et exemples d'utilisation de la macro-étape voir tableau 11.			
<b>TABLEAU 2 – Transitions</b>					
7		<b>Transition entre deux étapes :</b> représentée par un trait perpendiculaire aux liaisons joignant deux étapes. – La transition est validée lorsque l'étape amont est active. – Il est possible de placer des transitions sur des segments de liaison horizontaux.	10		<b>Liaison orientée de haut en bas :</b> – Les voies d'évolution entre les étapes sont indiquées par des liaisons orientées reliant les étapes aux transitions et les transitions aux étapes. – Les liaisons orientées sont horizontales ou verticales. Des liaisons obliques sont toutefois permises pour plus de clarté au diagramme. – Les croisements de liaisons verticales et horizontales sont admis, s'il n'existe aucune relation entre ces liaisons. <b>Exemple :</b> Les trois représentations ci-dessous sont admises, mais les (2) et (3) sont recommandées.
8		<b>Repère de transition :</b> La transition peut comporter un repère, placé généralement à sa gauche, qu'il ne faut pas confondre avec la réceptivité associée à la transition. – L'astérisque doit être remplacé par le repère alphanumérique de la transition.			

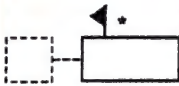
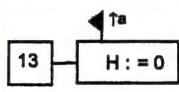
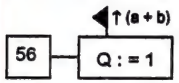
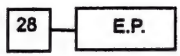
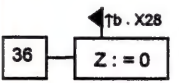
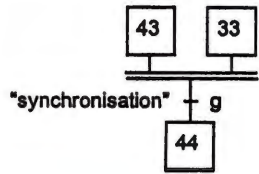
N°	Symbole	Description	N°	Symbole	Description
<b>TABLEAU 3 – Liaisons orientées</b>					
11		<b>Liaisons orientées de bas en haut :</b> – Par convention le sens d'évolution est toujours du haut vers le bas. – Des flèches peuvent être utilisées si cette convention n'est pas respectée ou si leur présence peut apporter une meilleure compréhension.			
12		<b>Repère de liaison :</b> Lorsqu'une liaison orientée doit être interrompue (par exemple dans le cas d'une représentation sur plusieurs pages), le repère de l'étape de destination ainsi que le repère de la page à laquelle elle apparaît, doivent être indiqués.	14		Etape 83
<b>TABLEAU 4 – Réceptivités associées aux transitions</b>					
13		<b>Réceptivité associée à une transition :</b> – Une proposition logique, appelée réceptivité, qui peut être vraie ou fausse, est associée à chaque transition. – S'il existe une variable logique correspondante, elle est égale à 1 quand la réceptivité est vraie et égale à 0 quand la réceptivité est fausse. – La proposition logique formant la réceptivité est constituée d'une ou plusieurs variables (variable d'entrée, variable d'étape, valeur d'un prédicat...). – L'astérisque doit être remplacé par la description de la réceptivité associée à la transition sous forme d'un texte, d'une expression booléenne, ou à l'aide de symboles graphiques.			
		<b>Exemple 1 :</b> – Description de la réceptivité par un texte Portillon fermé (a) et (pas de pression (b) ou présence pièce (c))			
		<b>Exemple 2 :</b> – Réceptivité décrite par une expression booléenne. $a \cdot (\bar{b} + c)$			
15					– Cette notation est générale et s'applique à toute proposition logique, qu'il s'agisse d'une variable élémentaire ou d'une combinaison de plusieurs variables booléennes.  <b>Exemple 1 :</b> La réceptivité associée à la transition n'est vraie que lorsque « a » passe de l'état 0 à l'état 1. <b>Note :</b> En application de la règle d'évolution N° 2, la transition n'est franchie que sur un front montant de (a) postérieur à la validation de la transition par l'activité de l'étape 3.  <b>Exemple 2 :</b> La réceptivité associée à la transition n'est vraie que lorsque « a » est vraie ou que « b » passe de l'état 0 à l'état 1.
16		<b>Front descendant d'une variable logique :</b> – La notation ( $\downarrow$ ) indique que la réceptivité n'est vraie qu'au changement d'état de la variable * (front descendant : passage de la valeur 1 à la valeur 0). – Cette notation est générale et s'applique à toute proposition logique, qu'il s'agisse d'une variable élémentaire ou d'une combinaison de plusieurs variables booléennes.			
		<b>Exemple :</b> La réceptivité associée à la transition n'est vraie que lorsque le produit logique « a . b » passe de l'état 1 à l'état 0.			
17		<b>Réceptivité dépendante du temps :</b> – La notation ( $t_1/t_2$ ) indique que la réceptivité n'est vraie qu'après un temps $t_1$ depuis l'occurrence du front montant ( $\uparrow^*$ ) de la variable temporisée et redevient fausse après un temps $t_2$ depuis l'occurrence du front descendant ( $\downarrow^*$ ). – L'astérisque doit être remplacé par la variable que l'on désire temporiser, par exemple une variable d'étape ou une variable d'entrée. – $t_1$ et $t_2$ doivent être remplacés par leur valeur réelle exprimée dans l'unité de temps choisie. – La variable temporisée doit rester vraie pendant un temps égal ou supérieur à $t_1$ pour que la réceptivité puisse être vraie. – <b>Note :</b> Cette notation est celle de l'opérateur à retard défini par la CEI 60617-12			
14		<b>Réceptivité toujours vraie :</b> – La notation (1) indique que la réceptivité est toujours vraie. – <b>Note :</b> Dans ce cas, l'évolution est dite toujours fugace, le franchissement de la transition n'est conditionné que par l'activité de l'étape amont.			
15		<b>Front montant d'une variable logique :</b> – La notation ( $\uparrow$ ) indique que la réceptivité n'est vraie qu'au changement d'état de la variable * (front montant : passage de la valeur 0 à la valeur 1).			
		<b>Exemple :</b> La réceptivité associée à la transition n'est vraie que 3 s après que « a » passe de l'état 0 à l'état 1, elle ne redevient fausse que 7 s après que « a » passe de l'état 1 à l'état 0.			

N°	Symbole	Description	N°	Symbole	Description
<b>TABLEAU 4 – Réceptivités associées aux transitions</b>			<b>TABLEAU 5 – Actions continues</b>		
18		<p><b>Simplification usuelle du symbole 17</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– l'utilisation la plus courante est la temporisation de variable d'étape avec un temps <math>t_2</math> égal à zéro, ainsi la réceptivité devient fausse dès la désactivation de l'étape temporisée *.</li> <li>– L'astérisque doit être remplacé par le repère de l'étape que l'on désire temporiser.</li> <li>– L'étape temporisée doit rester active pendant un temps supérieur ou égal à <math>t_1</math> pour que la réceptivité puisse être vraie.</li> <li>– Il est possible d'utiliser cette notation lorsque l'étape temporisée n'est pas l'étape amont de la transition.</li> </ul> <p><b>Exemple :</b> La réceptivité associée à la transition sera vraie 4 s après l'activation de l'étape 27, et sera fausse du fait du franchissement de la transition qui désactive l'étape amont.</p> <p><b>Dans ce cas, la durée d'activité de l'étape 27 est de 4 s.</b></p>	20		<p><b>Action continue :</b> Une action continue est nécessairement associée à une étape.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Plusieurs actions peuvent être associées à une même étape.</li> <li>– Le symbole général rectangulaire, associé à une étape, désigne <b>toujours</b> une action continue.</li> </ul>
				<p><b>Valeur booléenne d'un prédicat :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– La notation (*) signifie que la valeur booléenne du prédicat constitue la variable de réceptivité. Ainsi si l'assertion * est vérifiée, le prédicat vaut 1, dans le cas contraire, il vaut 0.</li> <li>– L'astérisque doit être remplacé par l'assertion que l'on veut tester.</li> <li>– La valeur booléenne de prédicat peut être associée à d'autres variables logiques pour constituer une proposition logique de réceptivité.</li> </ul> <p><b>Exemple 1 :</b> La réceptivité associée à la transition est vraie lorsque l'assertion « C1 = 3 » est vérifiée.</p> <p><b>Exemple 1a :</b> La réceptivité associée à la transition est vraie lorsque la valeur courante du compteur « C1 = 3 ».</p> <p><b>Note :</b> La forme de l'assertion n'est pas imposée, par exemple un langage littéral peut être utilisé.</p> <p><b>Exemple 2 :</b> La réceptivité associée à la transition est vraie lorsque l'assertion « <math>t &gt; 8\text{ }^\circ\text{C}</math> » est vérifiée et que la variable booléenne <math>k</math> vaut 1, c'est-à-dire lorsque la température <math>t</math> est supérieure à la valeur <math>8\text{ }^\circ\text{C}</math> et que le niveau haut « <math>k</math> » est atteint.</p> <p><b>Exemple 3 :</b> La réceptivité associée à la transition est vraie lorsque la variable booléenne <math>b</math> vaut 1 ou que l'assertion « <math>R_1 = 24</math> » est vérifiée, c'est-à-dire lorsque la billette est en place « <math>b</math> », ou que le registre <math>R_1</math> n'a pas encore atteint la valeur 24.</p>	
19		<p><b>Condition d'assignation :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Une proposition logique, appelée condition d'assignation, qui peut être vraie ou fausse, conditionne toute action continue.</li> <li>– L'absence de notation signifie que la condition d'assignation est <b>toujours vraie</b>.</li> </ul>	22		

\* : valeur courante du compteur

N°	Symbole	Désignation	N°	Symbole	Désignation
22		<p>– L'astérisque doit être remplacé par la description de la condition d'assignation sous forme d'un texte, ou d'une expression booléenne entre des variables d'entrées et/ou des variables internes.</p> <p>– La condition d'assignation ne doit <b>jamais</b> comporter de front de variable (symboles 15 et 16), car l'action continue n'est évidemment pas mémorisée, l'assignation sur l'événement n'ayant aucun sens.</p> <p><b>Exemple 1</b> : La sortie <b>V2</b> est assignée à la valeur vraie lorsque l'étape 24 est active <b>et</b> lorsque la condition d'assignation (<b>d</b>) est vraie. Dans le cas contraire, la sortie <b>V2</b> est assignée à la valeur fausse.</p> <p>– Autrement dit (sous forme d'équation booléenne) : <b>V2 = X 24. d</b></p> <p><b>Note</b> : X 24 est la variable d'étape reflétant l'activité de l'étape 24.</p>	24		<p><b>Action retardée :</b></p> <p>– Action continue dont la condition d'assignation n'est vraie qu'après une durée <math>t_1</math> spécifiée depuis l'activation de l'étape associée *, dans le but de retarder l'assignation à la valeur <b>vraie</b> de la sortie correspondante.</p> <p><b>Exemple</b> : La sortie <b>B</b> est assignée à la valeur vraie lorsque 3 s se sont écoulées depuis l'activation de l'étape 27.</p>
		<p><b>Exemple 2</b> : La sortie <b>V2</b> est assignée à la valeur vraie lorsque l'étape 24 est active. Dans le cas contraire, la sortie <b>V2</b> est assignée à la valeur fausse.</p> <p>– Autrement dit (sous forme d'équation booléenne) : <b>V2 = X 24</b></p>			<p><b>Action limitée dans le temps :</b></p> <p>– Action continue dont la consignation d'assignation n'est vraie que pendant une durée <math>t_1</math> spécifiée depuis l'activation de l'étape * à laquelle elle est associée, dans le but de limiter la durée d'assignation à la valeur vraie de la sortie correspondante.</p> <p><b>Exemple 1</b> : La sortie <b>B</b> n'est assignée à la valeur <b>vraie</b> que pendant 6 s depuis l'activation de l'étape 28.</p>
23		<p><b>Condition d'assignation dépendante du temps :</b></p> <p>– La notation (<math>t_1^*/t_2</math>) indique que la condition d'assignation n'est vraie qu'après un temps <math>t_1</math> depuis l'occurrence du front montant (<math>\uparrow^*</math>, voir symbole 15) de la variable temporisée * et redevient fausse après un temps <math>t_2</math> depuis l'occurrence du front descendant (<math>\downarrow^*</math>, symbole 16).</p> <p>– L'astérisque doit être remplacé par la variable que l'on désire temporiser par exemple une variable d'étape ou une variable d'entrée. * <math>t_1</math> et <math>t_2</math> doivent être remplacés par leur valeur réelle exprimée dans l'unité de temps choisie.</p> <p>– La variable temporisée doit rester vraie pendant un temps égal ou supérieur à <math>t_1</math> pour que la condition d'assignation puisse <b>être vraie</b>.</p> <p><b>Exemple</b> : La condition d'assignation n'est vraie que 3 s après que « a » passe de l'état 1 à l'état 0.</p>	25		<p><b>Représentation équivalente :</b> on peut utiliser l'opérateur retard simplifié dans la réceptivité associée à la transition de l'étape aval (symbole 18).</p> <p><b>Exemple 2</b> : Représentation équivalente de l'exemple 1 à l'aide du symbole 18.</p> <p>– La sortie <b>B</b> n'est assignée à la valeur <b>vraie</b> que pendant 6 s depuis l'activation de l'étape 28.</p>
		<p>– La valeur de la sortie <b>B</b> dépend de l'activité de l'étape 27 et de la valeur de la condition d'assignation.</p>			

N°	Symbole	Description	N°	Symbole	Description
		– Une action mémorisée possède un libellé (symbole 26) qui décrit <b>comment</b> la variable de sortie est affectée à une valeur déterminée selon la règle d'affectation.			
<b>TABLEAU 6 : Actions mémorisées</b>					
		<b>Affectation de la valeur # à une variable * :</b> – Le libellé indique, dans une action mémorisée, la mise en valeur # d'une variable *, lorsque l'un des éléments associés à l'action se produit. – L'action mémorisée supportant cette affectation doit <b>obligatoirement</b> être associée à la description d'événements internes (symboles 27 à 30). – L'affectation peut être décrite de manière littérale à l'intérieur du rectangle d'action.	28		<b>Action à la désactivation :</b> – Action mémorisée associée à l'ensemble des événements internes qui ont chacun pour conséquence la désactivation de l'étape liée à cette action. – Le rectangle est complété, au côté gauche, d'une flèche symbolisant la désactivation de l'étape. <b>Exemple :</b>  – La variable booléenne <b>K</b> est affectée à la valeur <b>1</b> lorsque l'un des événements, conduisant à la désactivation de l'étape 24, se produit.
26		<b>Exemple 1 :</b> Mise à la valeur vraie d'une variable booléenne <b>A</b> .  – Le libellé <b>A := 1</b> permet de décrire l'affectation de la valeur <b>1</b> à une variable booléenne <b>A</b> lorsque l'un des événements associés à l'action se produit.			<b>Action au franchissement :</b> – Action mémorisée associée à l'ensemble des événements internes qui ont chacun pour conséquence le franchissement où la transition à laquelle l'action est reliée. – Le rectangle est complété par un trait oblique reliant l'action à la transition.
		<b>Exemple 2 :</b> Mise à la valeur fausse d'une variable booléenne « <b>b</b> ».  – Le libellé <b>b := 0</b> permet de décrire l'affectation de la valeur <b>0</b> à une variable booléenne « <b>b</b> » lorsque l'un des événements associés à l'action se produit.	29		<b>Exemple 1 :</b> La variable booléenne <b>J</b> est affectée à la valeur <b>1</b> lorsque l'un des événements conduisant au franchissement de la transition <b>4</b> , se produit. <b>Note 1 :</b> On ne peut obtenir aucun effet équivalent en associant une action à l'activation de l'étape <b>13</b> ou une action à la désactivation de l'étape <b>24</b> . 
		<b>Action à l'activation :</b> – Une action à l'activation est une action mémorisée associée à l'ensemble des événements internes qui ont chacun pour conséquence l'activation de l'étape liée à cette action. – La représentation traditionnelle de l'action par un rectangle est complétée, au côté gauche, d'une flèche symbolisant l'activation de l'étape.			<b>Exemple 2 :</b> La variable booléenne <b>K</b> est affectée à la valeur <b>1</b> lorsque l'un des événements conduisant au franchissement de la transition <b>41</b> , se produit. <b>Note 2 :</b> On peut obtenir un effet équivalent en associant une action identique à l'activation des étapes <b>51, 52, 53 ou 54</b> . 
27		<b>Exemple 3 :</b> Incrémementation d'un compteur. – Le libellé <b>C := C + 1</b> permet de décrire l'affectation de la valeur <b>C + 1</b> à une variable numérique <b>C</b> lorsque l'un des événements associés à l'action se produit. 			

N°	Symbole	Description	N°	Symbole	Description
<b>TABLEAU 7 – Commentaires associés</b>					
		<p><b>Action sur événement :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Action mémorisée associée à chacun des événements internes décrits par l'expression *, à condition que l'étape, à laquelle l'action est reliée, soit active.</li> <li>– Le rectangle est complété, sur le côté haut, d'un symbole indiquant que l'action est conditionnée à l'occurrence d'un des événements internes spécifié par l'expression*.</li> </ul>		«*»	<p><b>Commentaire :</b> Le commentaire relatif aux éléments graphiques d'un grafcet doit être placé entre guillemets.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– L'astérisque doit être remplacé par le commentaire.</li> </ul> <p><b>Exemple 1 :</b> commentaire « <b>étape d'attente</b> » relatif à l'étape 45.</p>
30		<p>Il est impératif que l'expression logique *, qui doit décrire un ensemble d'événements internes, comporte un ou plusieurs fronts de variables d'entrée.</p> <p><b>Exemple 1 :</b> La variable booléenne H est affectée à la valeur 0 lorsque l'un des événements, représentés par « ↑ a » se produit <b>et que simultanément</b> l'étape 13 est active.</p> <p><b>Note :</b> L'ensemble d'événements d'entrée représentés par l'expression « ↑ a » combiné avec l'activité de l'étape 13, représente effectivement un ensemble d'événements internes.</p>	31		<p><b>Exemple 2 :</b> commentaire « <b>estampage pièce</b> » relatif à l'action associée à l'étape 28.</p>
		<p><b>Exemple 2 :</b> la variable booléenne Q est affectée à la valeur 1 lorsque l'un des événements, représentés par « ↑ a + b » se produit <b>et que simultanément</b> l'étape 56 est active.</p>			<p><b>Exemple 3 :</b> commentaire « <b>synchronisation</b> » relatif à une transition.</p>
		<p><b>Exemple 3 :</b> la variable booléenne Z est affectée à la valeur 0 lorsque l'un des événements, représentés par « ↑ b » se produit <b>et que simultanément</b> les étapes 36 et 28 sont actives.</p>			

## 22.2.3. REPRÉSENTATION GRAPHIQUE DES STRUCTURES DE SÉQUENCE

### – Séquence



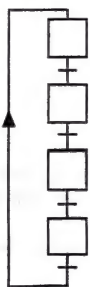
On appelle séquence une succession d'étapes telles que :

- chaque étape, excepté la dernière, ne possède qu'une seule transition aval,
- chaque étape, excepté la première, ne possède qu'une seule transition amont validée par une seule étape de la séquence.

**Note 1 :** La séquence est dite « **active** » si au moins une de ses étapes est active, elle est dite « **inactive** » lorsque aucune de ses étapes n'est active.

**Note 2 :** Le nombre d'étapes formant une séquence est aussi grand que l'on veut.

### – Cycle d'une seule séquence



Cas particulier de séquence rebouclée sur elle-même telle que :

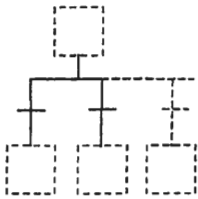
- chaque étape ne possède qu'une seule transition aval,
- chaque étape ne possède qu'une seule transition amont validée par une seule étape de la séquence.

**Note 1 :** Un cycle d'une seule séquence peut constituer un grafcet partiel.

**Note 2 :** Pour permettre l'activation de ses étapes, un cycle d'une seule séquence doit satisfaire au moins à l'une des conditions suivantes :

- posséder au moins une étape initiale,
- faire l'objet d'un ordre de forçage depuis un grafcet partiel de niveau supérieur,
- appartenir à une des encapsulations d'une étape encapsulante

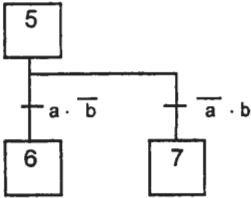
### Sélection de séquence.



La sélection de séquences exprime un choix d'évolution entre plusieurs séquences à partir d'une ou de plusieurs étapes. Cette structure se représente par autant de transitions validées simultanément qu'il peut y avoir d'évolutions possibles.

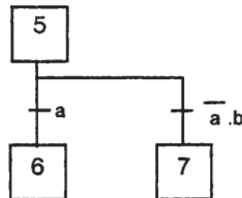
**Note :** L'exclusion entre les séquences n'est pas structurelle. Pour l'obtenir, le spécificateur doit s'assurer soit de l'incompatibilité mécanique ou temporelle des réceptivités, soit de leur exclusion logique.

#### - Séquence exclusion



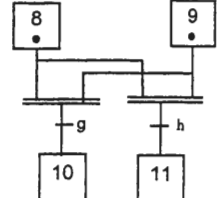
**Exemple 1 :** l'exclusion entre les séquences est obtenue par l'exclusion logique des deux réceptivités, si « a » et « b » sont simultanément vraies lorsque l'étape 5 est active, aucune des transitions n'est franchissable.

#### - Séquence prioritaire



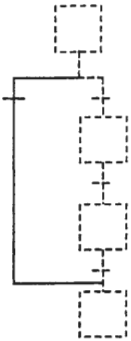
**Exemple 2 :** Séquence prioritaire  
Dans cet exemple, une priorité est donnée à la transition 5/6, qui est franchie lorsque « a » est vraie.

#### - Sélection entre deux évolutions :



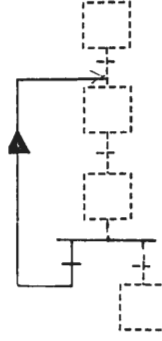
**Exemple 3 :** Sélection de séquence à partir d'une synchronisation de deux séquences amont.  
La sélection des séquences aval, par g et h, n'est possible que lorsque les deux transitions sont validées par l'activité simultanée des étapes 8 et 9 (symbole 9).

#### Saut d'étapes



Cas particulier de sélection de séquences, qui permet soit de parcourir la séquence complète soit de sauter une ou plusieurs étapes de la séquence lorsque par exemple, les actions associées à ces étapes deviennent inutiles.

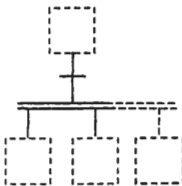
#### Reprise de séquence



Cas particulier de sélection de séquences, qui permet de recommencer la même séquence jusqu'à ce que, par exemple, une condition fixée soit obtenue.

**Note :** Il est possible, pour des raisons de représentation graphique, de placer des transitions sur des segments de liaison horizontaux (note 3 du symbole 7).

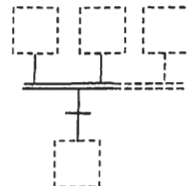
#### Activation de séquences parallèles



Le symbole 9 de synchronisation est utilisé dans cette structure pour indiquer l'activation simultanée de plusieurs séquences à partir d'une ou plusieurs étapes.

**Note :** Après leur activation simultanée, l'évolution des étapes actives dans chacune des séquences parallèles devient alors indépendante.

#### Synchronisation de séquences



Le symbole 9 de synchronisation est utilisé dans cette structure pour indiquer l'attente de la fin des séquences amont avant d'activer la séquence aval.

**Note :** La transition n'est validée que lorsque toutes les étapes amont sont actives.

**- Structures particulières :**

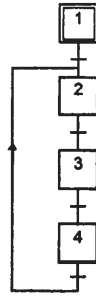
**Début de séquence par une étape source**



– Une étape source est une étape qui ne possède aucune transition amont.

**Note 1 :** Pour permettre l'activation de l'étape source, il convient de satisfaire au moins à l'une des conditions suivantes :

- que l'étape source soit initiale,
- que l'étape source fasse l'objet d'un ordre de forçage depuis un grafcet partiel de niveau supérieur (tableau 9)
- que l'étape source soit l'une des étapes activées d'une encapsulation (tableau 10)



**Exemple : Étape source initiale :**

L'étape source initiale 1 n'est active qu'à l'initialisation, les étapes 2, 3 et 4 forment un cycle d'une seule séquence.

**Note 2 :** Seule la structure du grafcet est représentée, son interprétation n'est pas décrite.

**- Fin de séquence d'une étape puits.**

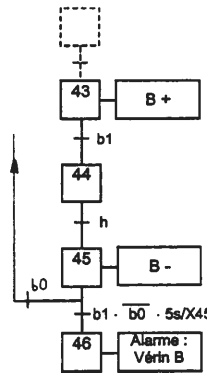


– Une étape puits est une étape qui ne possède aucune transition aval.

**Note 1 :** La désactivation de l'étape puits n'est possible que par l'un des deux moyens suivants :

- ordre de forçage depuis un grafcet partiel de niveau supérieur (tableau 9)
- la désactivation de l'étape encapsulante si l'étape puits y est encapsulée (tableau 10).

**Note 2 :** Il est possible qu'une étape soit à la fois source et puits, elle forme alors une séquence d'une seule étape utilisable pour exprimer un comportement combinatoire.



**- Exemple : Étape puits :**

– L'étape puits 46 n'est activée que si la condition «  $b1 \cdot b0$  » est vérifiée 5 s après l'activation de l'étape 45.

– La sortie « alarme » vérin B est alors assignée à la valeur vraie.

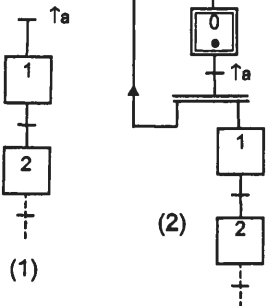
**- Début de séquence par une transition source**



\* Une transition source est une transition qui ne possède aucune étape amont. Par convention, la transition source est toujours validée et est franchie dès que sa réceptivité \* est vraie.

**Note 1 :** L'activation de l'étape aval d'une transition source est effective aussi longtemps que sa réceptivité associée reste vraie, indépendamment de l'état des réceptivités des transitions validées par cette étape (règle d'évolution N° 5 § 22.2.1.). Pour éviter une activation continue de l'étape aval de la transition source, il est souhaitable que la réceptivité associée ne soit vraie que lorsqu'un événement d'entrée ou un événement interne se produit. Pour cela, il convient que l'expression logique formant la réceptivité comporte toujours un front de variables d'entrée.

**Exemple : Transition source et structure équivalente :**



Les représentations (1) et (2) décrivent un comportement équivalent : l'étape 1 est activée chaque fois que la variable booléenne « a » passe de la valeur 0 à la valeur 1. La représentation (1) utilise la transition source, la représentation (2) utilise le symbole de synchronisation et un rebouclage pour maintenir l'étape initiale 0 active.

**Note 2 :** Le point dans l'étape 0 indique que cette étape reste active.

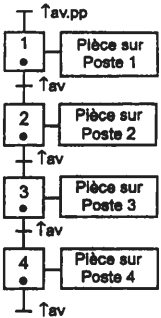
- Fin de séquence par une transition puits.



Une **transition puits** est une transition qui ne possède aucune étape aval.

**Note 1 :** Lorsque la **transition puits** est validée et que sa réceptivité associée \* est vraie, le franchissement de cette transition a pour unique conséquence de désactiver les étapes amont.

**Exemple :** structure de registre à décalage.



La structure d'un registre à décalage est une utilisation pertinente d'une **transition source** et d'une **transition puits**. Dans l'exemple, chaque étape active représente la présence d'une pièce sur le poste correspondant. La présence d'une pièce (pp) à l'entrée et l'avance du transfert entre postes (↑av) active l'étape 1 par le franchissement de la transition source. À chaque occurrence de l'avance du transfert (↑av), les transitions validées sont simultanément franchies, y compris le **transition puits** en aval de l'étape 4.

**Note 2 :** La représentation correspond au cas fréquent où toutes les étapes sont actives simultanément.

## 22.2.4. STRUCTURATION

La complexité des systèmes automatisés rend nécessaire de disposer de moyens pour structurer la spécification. Cette structuration, assistée ou non par des méthodologies adaptées, peut se limiter à un simple découpage de la spécification ou intégrer des notions de hiérarchie par forçage ou par encapsulation.

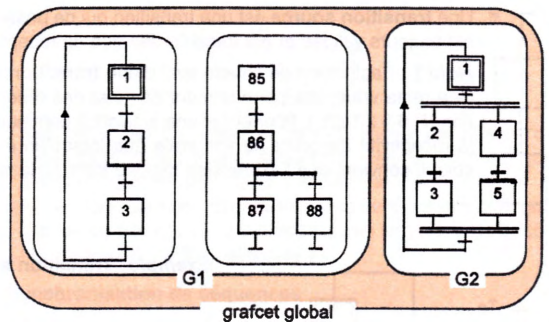
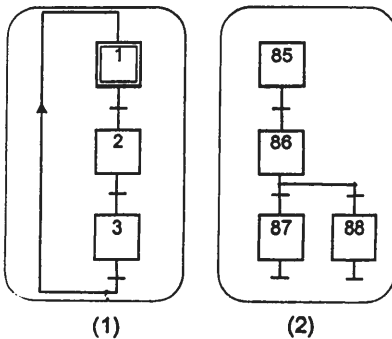
- Partition d'un grafcet

**Grafcet connexe**

- Structure de grafcet telle qu'il existe toujours une suite de liens (alternance d'étapes et de transitions) entre deux éléments quelconques, étape ou transition, de ce **grafcet**.

**Grafcet partiel**

- Constitué d'un ou plusieurs **grafcets connexes**, un **grafcet partiel** résulte d'une partition, selon des critères méthodologiques, de **grafcet global** décrivant le comportement de la partie séquentielle d'un système.



**Exemple :**

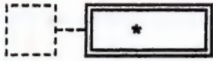
- Tous les éléments du cadre (1) constituent un **grafcet connexe**, puisque ses étapes et ses transitions sont réunies par une liaison orientée. Les éléments du cadre (2) constituent également un **grafcet connexe**.


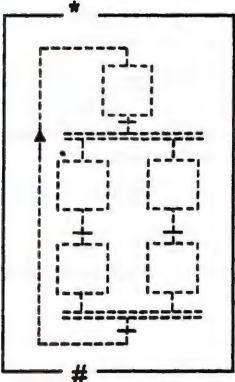


**Exemple :** partition d'un grafcet global

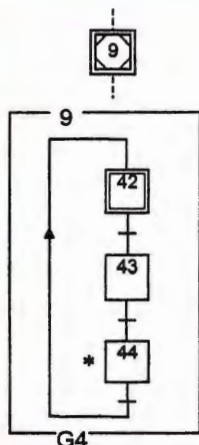
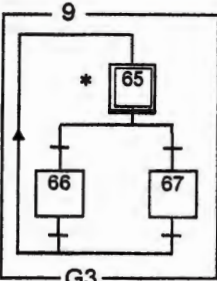
- Le **grafcet global** est constitué des **grafcets partiels G1 et G2**.  
 - Le **grafcet partiel G1** est constitué de deux **grafcets connexes**.

N°	Symbole	Description
<b>TABLEAU 8. Grafcet partiel</b>		
32	G*	<b>Désignation d'un grafcet partiel :</b> La lettre <b>G</b> désigne par convention un <b>grafcet partiel</b> . Il convient que l' <b>astérisque</b> soit remplacé par le nom du <b>grafcet partiel</b> .
33	XG*	<b>Variable de grafcet partiel :</b> Un <b>grafcet partiel</b> est dit actif lorsque l'une au moins de ses étapes est active, il est consé- quemment dit inactif lorsque aucune de ses étapes n'est active. L'état actif ou inactif d'un <b>grafcet partiel</b> peut être représenté respectivement par les valeurs logiques « 1 » ou « 0 » d'une variable <b>XG*</b> dans laquelle l'astérisque * doit être remplacé par le nom du <b>grafcet partiel</b> considéré. Il convient que l'astérisque soit remplacé par le nom du <b>grafcet partiel</b> . <b>Exemple :</b> XG1 désigne la variable du <b>grafcet partiel 1</b> .
34	G# {..., ...}	<b>Situation d'un grafcet partiel :</b> La situation d'un <b>grafcet partiel</b> est représentée par l'ensemble de ses étapes actives à l'in- stant considéré. La situation d'un <b>grafcet partiel #</b> se note G # {..., ...} avec entre accolades la liste des étapes actives caractérisant la situation du <b>grafcet partiel</b> à l'instant considéré. Il convient que le caractère # soit remplacé par le nom du <b>grafcet partiel</b> . <b>Exemple :</b> G12 {8, 9, 11} désigne la situation du grafcet partiel 12 à l'instant considéré, situa- tion dans laquelle seules les étapes 8, 9 et 11 sont actives.
35	G# {*}	<b>Situation courante d'un grafcet partiel :</b> L'astérisque représente, par défaut, la situation dans laquelle se trouve le <b>grafcet partiel #</b> à l'instant considéré. Il convient que le caractère # soit remplacé par le nom du <b>grafcet partiel</b> .
36	G# { }	<b>Situation vide d'un grafcet partiel :</b> Désigne la situation du <b>grafcet partiel #</b> lorsque aucune de ses étapes n'est active. Il convient que le caractère # soit remplacé par le nom du <b>grafcet partiel</b> .
37	G# {INIT}	<b>Situation initiale d'un grafcet partiel :</b> Désigne la situation du <b>grafcet partiel #</b> à l'instant initial. Il convient que le caractère # soit remplacé par le nom du <b>grafcet partiel</b> .

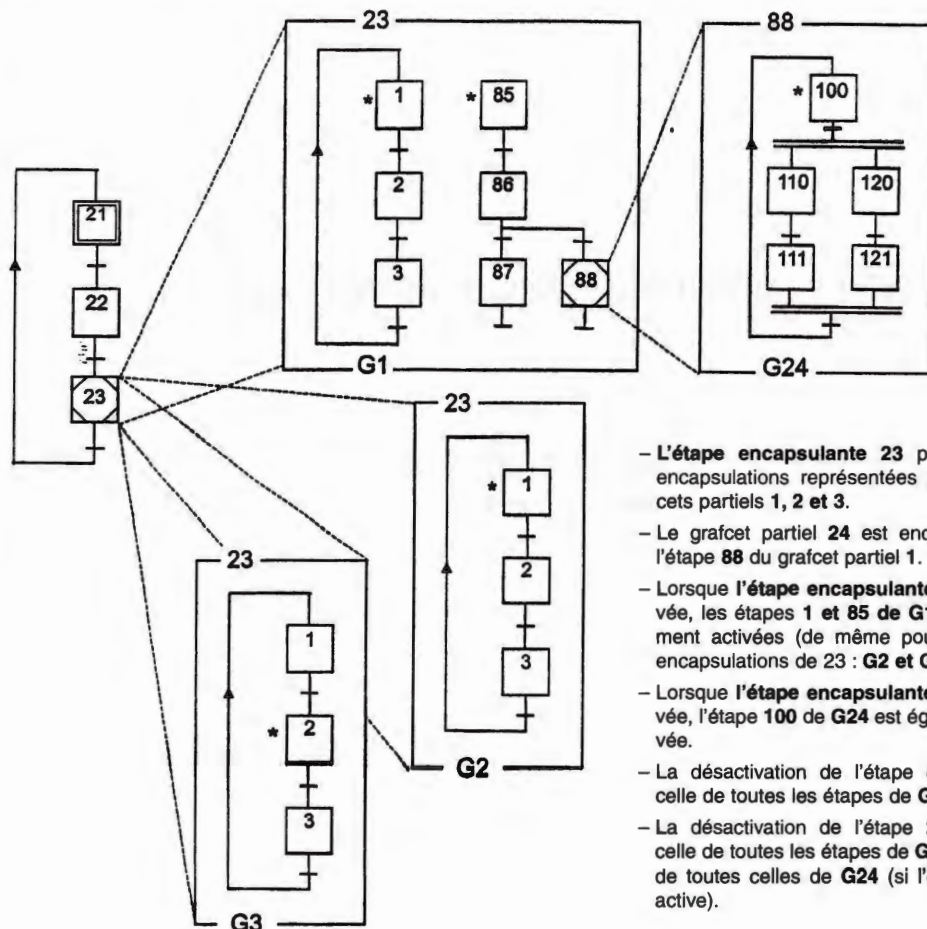
**Tableau 9. Forçage d'un grafcet partiel**

38		<p><b>Ordre de forçage d'un grafcet partiel :</b> Symbole dans lequel l'astérisque doit être remplacé par une situation d'un <b>grafcet partiel</b> (symboles 34 à 37). Associé à l'activité d'une étape d'un <b>grafcet partiel</b> hiérarchiquement supérieur, l'ordre de <b>forçage</b> est un ordre interne qui permet d'imposer une situation à un <b>grafcet partiel</b> hiérarchiquement inférieur. L'ordre de <b>forçage</b> est représenté dans un double rectangle associé à l'étape pour le différencier d'une action. Le <b>forçage</b> est un ordre interne, dont l'exécution est prioritaire sur l'application des règles d'évolution. Le <b>grafcet forcé</b> ne peut pas évoluer tant que dure l'ordre de forçage, on dit alors que le <b>grafcet est figé</b>. L'utilisation des ordres de forçage dans une spécification implique une structuration hiérarchique en grafkets partiels telle que tout grafcet partiel forçant soit de niveau hiérarchique supérieure à celui de tous les grafkets partiels forcés.</p> <p><b>Exemple 1 : Forçage d'un grafcet partiel à une situation déterminée.</b> Lorsque l'étape 17 est active, le <b>grafcet partiel 12</b> est forcé dans la situation caractérisée par l'activité des étapes 8, 9, 11.</p> <p><b>Exemple 2 : Forçage d'un grafcet partiel à la situation courante.</b> Lorsque l'étape 48 est active, le <b>grafcet partiel 3</b> est forcé dans la situation où il se trouve à l'instant du forçage.</p> <p><b>Note 1 :</b> On appelle également cet ordre « figeage ».</p> <p><b>Exemple 3 : Forçage d'un grafcet partiel à une situation vide.</b> Lorsque l'étape 23 est active, le <b>grafcet partiel 4</b> est forcé dans la situation vide (symbole 36).</p> <p><b>Note 2 :</b> Dans ce cas aucune des étapes de G4 n'est active.</p> <p><b>Exemple 4 : Forçage d'un grafcet partiel à une situation initiale.</b> Lorsque l'étape 63 est active, le <b>grafcet partiel 8</b> est forcé dans la situation dans laquelle seule ses étapes initiales sont actives.</p>
----	---	--


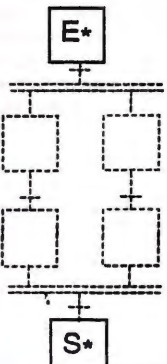
N°	Symbole	Description
<b>TABLEAU 10 Étapes encapsulantes (Structuration hiérarchique)</b>		
4		<p><b>Étape encapsulante (rappel du symbole 4) :</b></p> <p>Cette notation indique que cette étape contient d'autres étapes dites encapsulées dans une ou plusieurs encapsulations de cette même <b>étape encapsulante</b>.</p> <p>L'<b>étape encapsulante</b> possède toutes les propriétés de l'étape, il convient que l'astérisque soit remplacé par le repère d'étape.</p> <p>Une <b>étape encapsulante</b> peut donner lieu à une ou plusieurs encapsulations possédant chacune au moins une étape active lorsque l'<b>étape encapsulante</b> est active et ne possédant aucune étape active lorsque l'<b>étape encapsulante</b> est inactive.</p>
39		<p><b>Représentation graphique d'une encapsulation :</b></p> <p>Une <b>encapsulation #</b> d'une étape encapsulante * peut être représentée par le grafcet partiel des étapes encapsulées, ceint d'un cadre sur lequel est placé en haut à gauche le nom * de l'étape encapsulante, et en bas à gauche le repère # de l'encapsulation représentée.</p> <p>Dans une <b>encapsulation</b>, il convient que l'ensemble des étapes encapsulées constitue un grafcet partiel dont le nom peut servir de repère à l'encapsulation correspondante.</p>
40	$X^*/G\#$	<p><b>Désignation globale d'une encapsulation :</b></p> <p>Une <b>encapsulation #</b> d'une étape encapsulante * peut être décrite globalement par une expression littérale dans laquelle l'étape encapsulante * est désignée par la variable d'étape <math>X^*</math>, l'encapsulation par le symbole <math>\sqsubset</math>, et les étapes encapsulées par le nom du grafcet partiel <math>G \#</math> auquel elles appartiennent.</p> <p><b>Note :</b> Cette représentation suppose que le grafcet partiel désigné ait été préalablement défini.</p>
41	$X^*/X\#$	<p><b>Désignation élémentaire d'une encapsulation :</b></p> <p>On peut indiquer par une expression littérale qu'une étape # est encapsulée dans une étape <b>encapsulante</b> * en utilisant les variables d'étape et sans nommer l'encapsulation.</p> <p><b>Note :</b> Cette notation convient pour désigner une suite hiérarchique d'étapes encapsulées les unes dans les autres, elle permet également une identification relative des étapes par niveau d'encapsulation.</p> <p><b>Exemple :</b> <math>X4/X25/X12</math> désigne l'encapsulation de l'étape 12 dans l'étape 25, elle-même encapsulée dans l'étape 4.</p>
5		<p><b>Étape encapsulante initiale (rappel du symbole 5) :</b></p> <p>Cette représentation indique que cette étape participe à la situation initiale.</p> <p>Dans ce cas, l'une, au moins, des étapes encapsulées dans chacune de ses encapsulations doit être également une étape initiale.</p>
42		<p><b>Lien d'activation, symbole général.</b></p> <p>Représenté par un astérisque à gauche des symboles d'étapes encapsulées, le lien d'activation indique quelles sont les étapes encapsulées actives à l'activation de l'étape encapsulante.</p> <p>Il ne faut pas confondre le lien d'activation avec l'indication des étapes initiales qui peuvent être encapsulées. Il est toutefois possible qu'une étape initiale encapsulée possède également un lien d'activation.</p> <p>La désactivation d'une étape encapsulante a pour conséquence la désactivation de toutes ses étapes encapsulées. Cette désactivation est souvent le fait du franchissement d'une transition aval de l'étape encapsulante, mais peut également résulter de tout autre moyen de désactivation (forçage ou encapsulation de niveau supérieur).</p>

N°	Symbole	Description
42		<p><b>Exemple :</b> L'étape <b>encapsulante 9</b> est nécessairement une étape initiale, car elle <b>encapsule</b> l'étape initiale <b>42</b>.</p> <p>L'<b>encapsulation G4</b> de l'étape <b>encapsulante 9</b> contient les étapes <b>42, 43 et 44</b>.</p> <p>L'étape initiale <b>42</b> participe à la situation initiale, elle est donc active à l'instant initial. Par contre, à chaque activation de l'étape <b>9</b>, consécutive à l'évolution du grafcet, <b>l'étape 44 est activée</b>.</p>  <p>L'<b>encapsulation G3</b> de l'étape <b>encapsulante 9</b> contient les étapes <b>65, 66 et 67</b>.</p> <p>L'étape initiale <b>65</b> participe à la situation initiale, elle est donc active à l'instant initial. Elle est aussi activée à chaque activation de l'étape <b>9</b> consécutive à l'évolution du grafcet.</p>

– Exemple : structuration par encapsulation.



- L'étape **encapsulante 23** possède trois encapsulations représentées par les grafkets partiels **1, 2 et 3**.
- Le grafket partiel **24** est encapsulé dans l'étape **88** du grafket partiel **1**.
- Lorsque l'étape **encapsulante 23** est activée, les étapes **1 et 85 de G1** sont également activées (de même pour les autres encapsulations de **23 : G2 et G3**).
- Lorsque l'étape **encapsulante 88** est activée, l'étape **100 de G24** est également activée.
- La désactivation de l'étape **88** provoque celle de toutes les étapes de **G24**.
- La désactivation de l'étape **23** provoque celle de toutes les étapes de **G1, G2, G3**, et de toutes celles de **G24** (si l'étape **88** est active).

N°	Symbole	Description
<b>TABLEAU 11. Macro-étapes (Structuration non hiérarchique)</b>		
6		<p><b>Macro-étape (rappel du symbole général 6) :</b></p> <p>Représentation unique d'une partie détaillée de grafcet, appelée <b>expansion de la macro-étape</b>.</p> <p>La <b>macro-étape</b> ne possède pas toutes les propriétés des autres types d'étapes (symboles 1 à 5), car seule son étape de sortie (symbole 43) valide ses transitions aval.</p> <p>Il convient que l'astérisque soit remplacé par le repère de la macro-étape.</p> <p>La macro-étape a pour but de simplifier la lecture d'un grafcet</p>
[43]		<p><b>Expansion de la macro-étape :</b></p> <p>L'expansion d'une macro-étape <b>M*</b> est une partie de grafcet munie d'une étape d'entrée <b>E*</b> et d'une étape de sortie <b>S*</b>.</p> <p>L'étape d'entrée <b>E*</b> devient active lorsque l'une des transitions amont de la macro-étape est franchie. La ou les transitions aval de la macro-étape ne sont validées que lorsque l'étape de sortie <b>S*</b> est active.</p> <p><b>Note 1 :</b> L'expansion d'une macro-étape peut comporter une ou plusieurs étapes initiales.</p> <p><b>Note 2 :</b> L'expansion d'une macro-étape peut comporter une ou plusieurs macro-étapes.</p>
[44]	<p><b>XM*</b></p>	<p><b>Variable de macro-étape :</b></p> <p>Une macro-étape est dite active lorsque l'une au moins de ses étapes est active ; elle est conséquemment dite inactive lorsque aucune de ses étapes n'est active. L'état actif ou inactif d'une macro-étape peut être représenté respectivement par les valeurs logiques « 1 » ou « 0 » d'une variable <b>XM*</b> dans laquelle l'astérisque * doit être remplacé par le nom de la macro-étape considérée.</p>

## 22.2.5 EXEMPLE : DOSEUR MALAXEUR AUTOMATIQUE

**- Fonctionnement :**

- Un malaxeur **N** reçoit des produits **A** et **B** préalablement dosés par une bascule **C** et des briquettes solubles amenées une par une par un tapis.

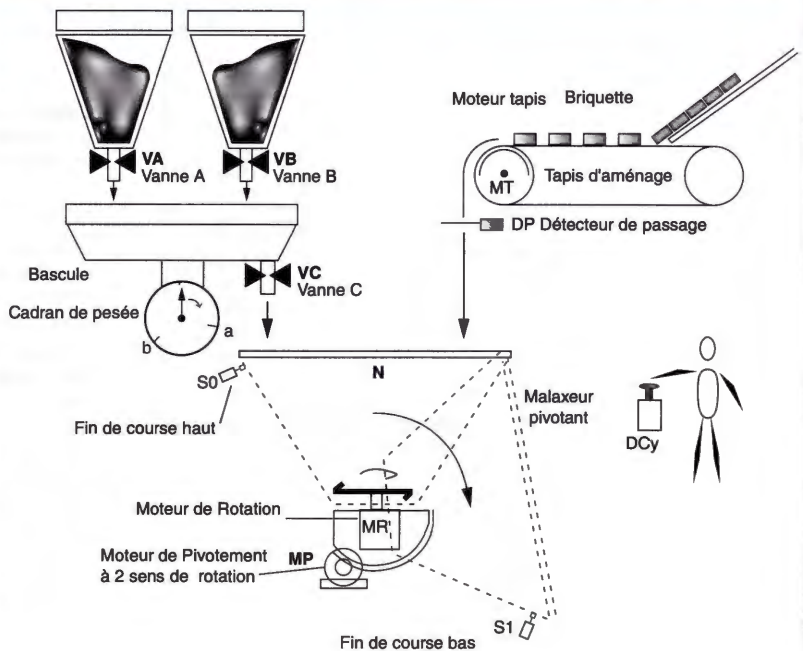
- L'automatisme décrit ci-contre permet de réaliser un mélange comportant ces trois produits

**- Déroulement du cycle :**

- L'action sur le bouton « **Départ Cycle** » provoque simultanément le pesage des produits et l'aménagement des briquettes de la façon suivante :

- dosage du produit **A** jusqu'au repère (a) de la bascule, puis dosage du produit **B** jusqu'au repère (b) suivi de la vidange de la bascule **C** dans le malaxeur,
- aménagement de deux briquettes.

- Le cycle se termine par la rotation du malaxeur et son pivotement final au bout d'un temps  $t_1$ , la rotation du malaxeur étant maintenue pendant la vidange.

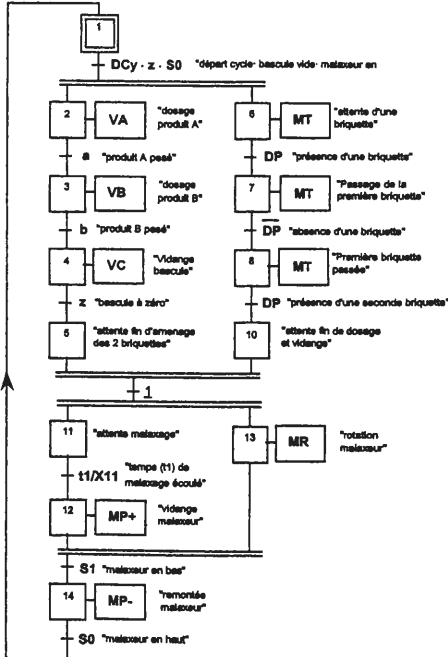


- Description comportementale de la partie commande du doseur malaxeur.

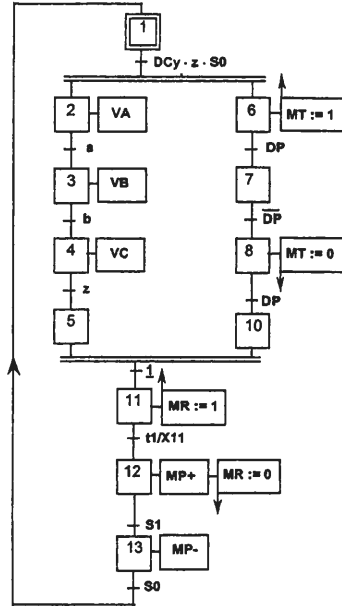
Le comportement de la partie commande du doseur peut être décrit par l'un des trois grafquets suivants :

Tableau des entrées et des sorties

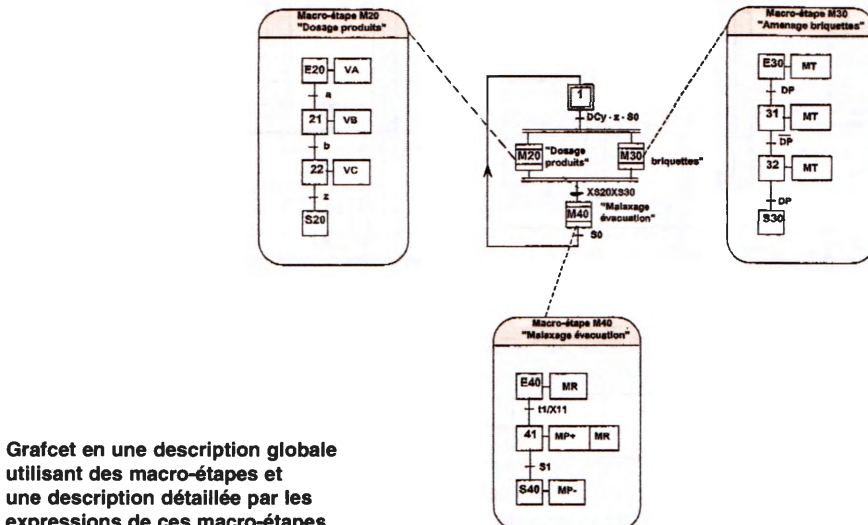
Entrées		Sorties	
DCy	Départ Cycle	MT	Moteur Tapis
DP	Détection de passage	MR	Moteur Rotation du malaxeur
a	poids liquide A atteint	MP +	Moteur de Pivotelement (sens vidange)
b	poids liquide A + B atteint	MP -	Moteur de Pivotelement (sens remontée)
z	Bascule vide	VA	Ouverture Vanne A
S0	Malaxeur en haut	VB	Ouverture Vanne B
S1	Malaxeur en bas	VC	Ouverture Vanne C



Grafcet ne comportant que des actions continues



Grafcet comportant des actions continues et des actions mémorisées



Grafcet en une description globale utilisant des macro-étapes et une description détaillée par les expressions de ces macro-étapes.

**- Structuration selon les modes de marche**

La prise en compte des modes de marche du doseur malaxeur automatique peut conduire à structurer hiérarchiquement la spécification en utilisant des **ordres de forçage** (figure ci-dessous) ou des **étapes encapsulantes** (figure ci-dessous). Les entrées et sorties complémentaires suivantes sont nécessaires pour prendre en compte les ordres de marche de l'opérateur.

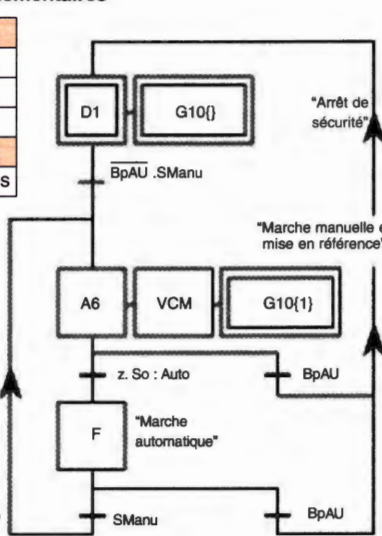
**- Tableau des entrées et des sorties complémentaires**

Entrées	
<b>BPAU</b>	Bouton Pousoir d'Arrêt d'Urgence
<b>SAuto</b>	Sélecteur sur mode Auto
<b>SManu</b>	Sélecteur sur mode Manu
Sorties	
<b>VCM</b>	Validation des Commandes Manuelles

**Structuration selon les modes de marche utilisant des ordres du forçage**

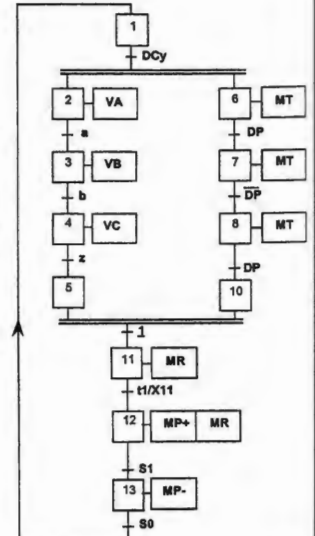
**- La hiérarchie de forçage comporte deux niveaux.**

- L'ordre de forçage associé à l'étape **D1** du grafset partiel 1 force le grafset partiel **10** à la situation vide (aucune des étapes de **G10** n'est active).
- L'ordre de forçage associé à l'étape **A6** de **G1** force **G10** à la situation dans laquelle seule l'étape **1** est active (mais aucune transition n'est franchissable), car les autres étapes de **G10** sont forcées à vide.
- L'activation de l'étape **F1** permet à **G10** d'évoluer normalement (car il n'est plus soumis à un ordre de forçage).



**G1 : Grafset partiel des modes de marche (niveau hiérarchique supérieur ou 1er niveau hiérarchique).**

**Note :** Les désignations **D1**, **A6**, et **F** font référence implicitement au GEMMA de l'ADÉPA.



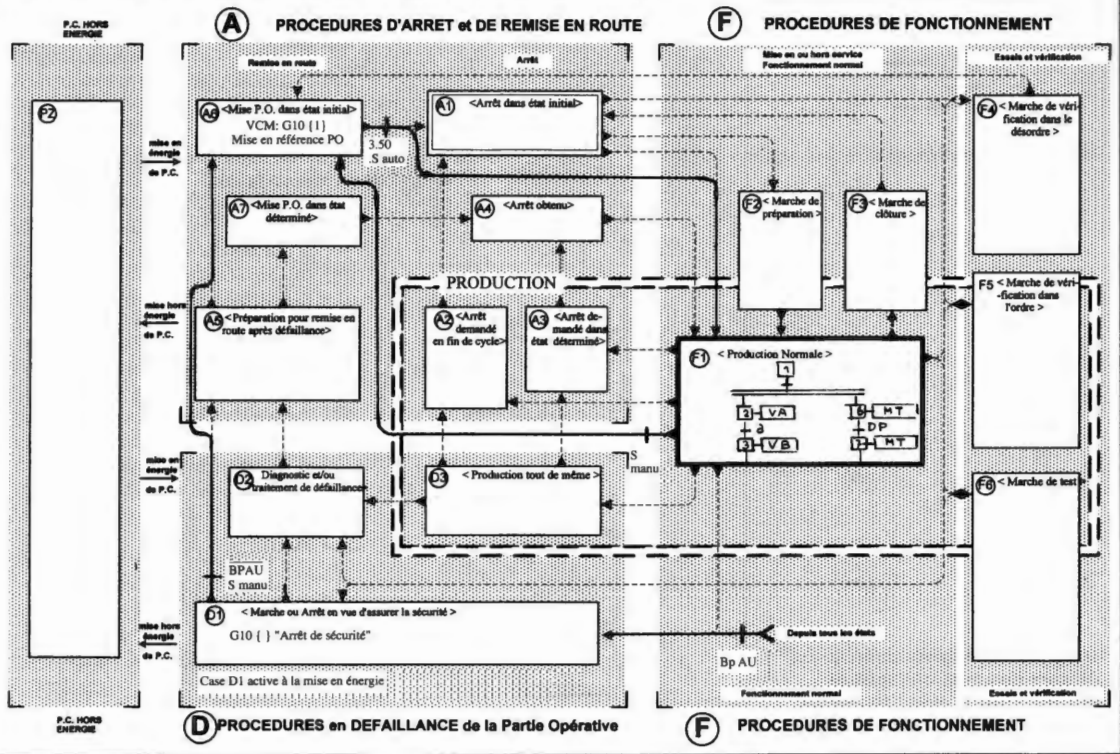
**G10 : Grafset partiel du cycle automatique (niveau hiérarchique inférieur ou 2<sup>e</sup> niveau hiérarchique).**

**Note :** Le grafset ci-dessus **G10** de 2<sup>ème</sup> niveau démarre seulement si **X F1 = 1** désactivation de l'étape **A6**

**GEMMA Guide d'Etude des Modes de Marches et d'Arrêt**

Conçu et mis au point par un groupe de spécialistes réunis à l'ADÉPA

**Références de l'équipement**

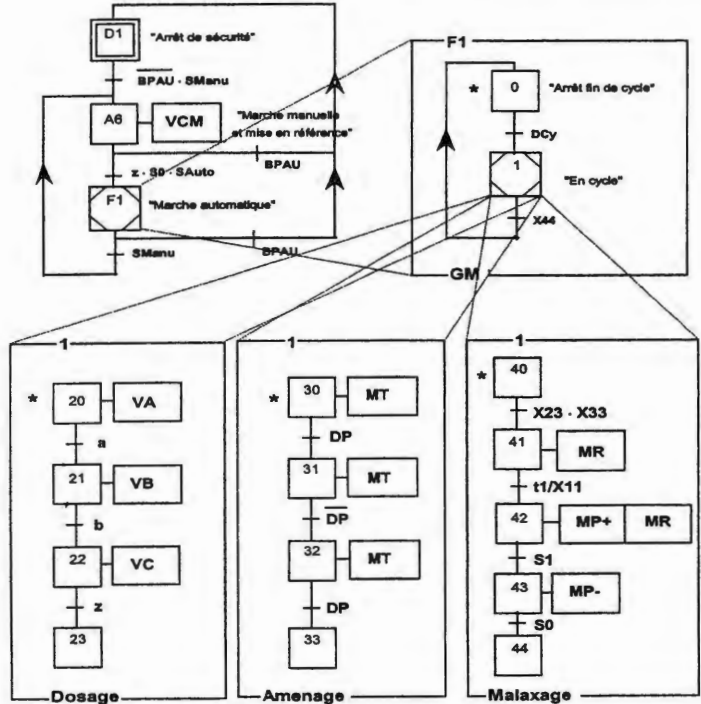


**Structuration selon les modes de marche utilisant des étapes encapsulantes :**

- La hiérarchie d'encapsulation comporte trois niveaux.
- Lorsque l'étape D1 est active, aucune autre étape n'est active.
- Lorsque l'étape A6 est active, aucune autre étape n'est active et les commandes manuelles (VCM) sont validées.
- Lorsque l'étape encapsulante F1 est activée, l'étape D de son encapsulation "GM" est également activée.
- Lorsque l'étape encapsulante 1 est activée, l'étape 30 de son encapsulation "Amenage" et l'étape 40 de son encapsulation "Malaxage" sont également activées.

**1<sup>er</sup> niveau :** Gestion des modes de Marche et d'arrêt (autorise le déroulement d'un cycle).

**2<sup>e</sup> niveau :** 1<sup>ère</sup> encapsulation  
F1 autorise le départ en production automatique (GM : Gestion de la marche par cycle)



**3<sup>e</sup> niveau :** 2<sup>e</sup> encapsulation. (Gestion d'un cycle automatique)

**GEMMA** Guide d'Etude des Modes de Marches et d'Arrêt

Conçu et mis au point par un groupe de spécialistes réunis à l'ADEPA

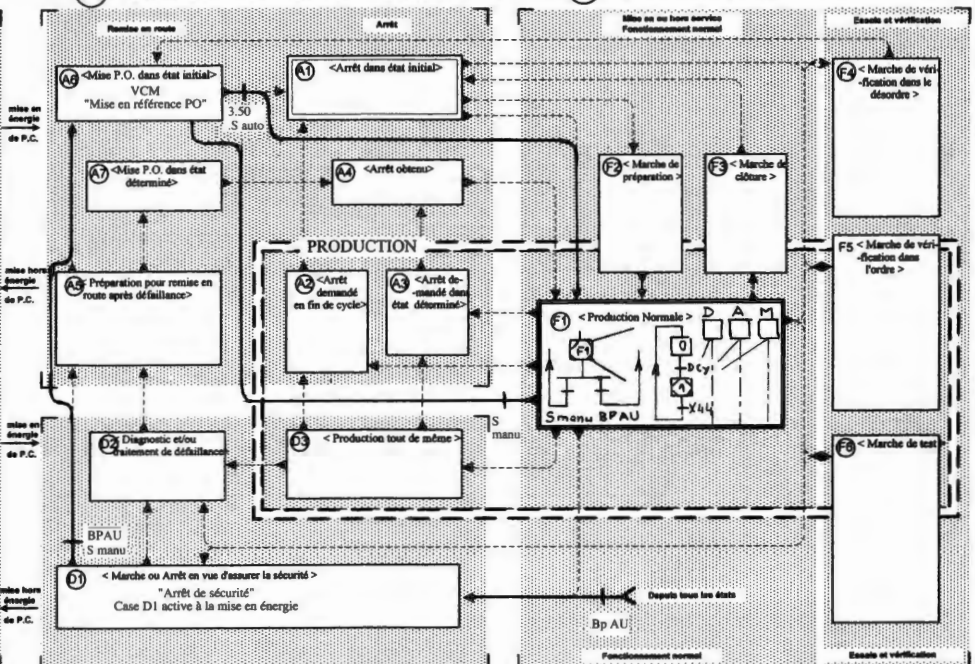
Références de l'équipement

DOSEUR MALAXEUR (solution par étapes encapsulantes)



**(A) PROCEDURES D'ARRÊT et DE REMISE EN ROUTE**

**(F) PROCEDURES DE FONCTIONNEMENT**



**(D) PROCEDURES en DEFAILLANCE de la Partie Opérative**

**(F) PROCEDURES DE FONCTIONNEMENT**

Note : Le spécificateur choisit de démarrer, soit en A1 soit en D1

# GEMMA Guide d'Etude des Modes de Marches et d'Arrêts

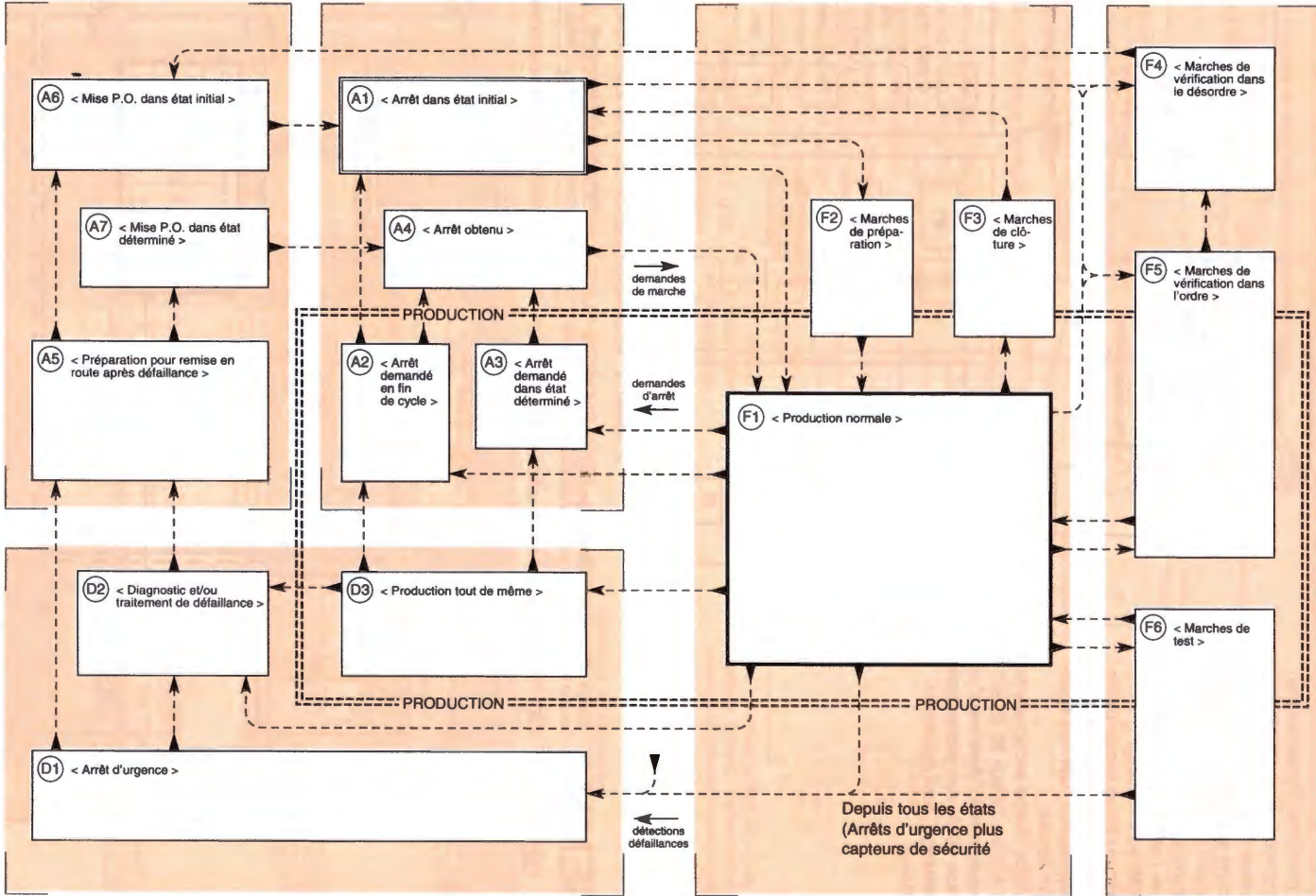
LÉGENDE  
 P.O. = Partie Opérative  
 P.C. = Partie Commande

Référence de l'équipement  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

(A) PROCÉDURES D'ARRÊT de la Partie Opérative (PO)

(F) PROCÉDURES DE FONCTIONNEMENT

P.C. HORS ENERGIE (PZ)  
 mise en énergie de P.C.  
 mise hors énergie de P.C.  
 mise en énergie de P.C.  
 mise hors énergie de P.C.  
 P.C. HORS ENERGIE



(D) PROCÉDURES DE DÉFAILLANCES de la Partie Opérative (PO)

(F) PROCÉDURES DE FONCTIONNEMENT

# 23. ÉLECTRONIQUE DE COMMANDE

## 23.1. LES CIRCUITS INTÉGRÉS LOGIQUES (C.I.L.)

### 23.1.1. DIFFÉRENTES FAMILLES LOGIQUES

#### – TECHNOLOGIE TTL

- TTL. STANDARD (Série 74) : Transistor – Transistor-logic ; première technologie mise sur le marché.  
 S. TTL (Série 74 S) : Schottky ; TTL à vitesse accrue grâce aux diodes Schottky.  
 L. TTL (Série 74 L) : Low-power ; TTL à faible consommation.  
 H. TTL (Série 74 H) : High Speed ; TTL à grande vitesse.  
 F. TTL (Série 74 F) : TTL Fast.  
 ALS. TTL (Série 74 ALS) : Advanced – Low-power – Schottky ; TTL à vitesse accrue grâce aux diodes Schottky et à consommation réduite.  
 LS-TTL (Série 74 LS) : Low-power – Schottky ; TTL à faible consommation et à vitesse accrue grâce à la mise en œuvre de diodes Schottky réduisant la saturation des transistors.

#### – TECHNOLOGIE MOS

- CMOS (Série 4 000) : Complementary – Metal – Oxyde Semiconducteur ; MOS à très faible consommation et basse vitesse.  
 HC MOS (Série 74 HC) : High-speed ; CMOS à vitesse accrue comparable à la série 74 LS de la famille TTL.  
 HCT MOS (Série 74 HCT) : Entièrement compatible TTL ; HC MOS compatible TTL (même brochage que les circuits TTL).

### 23.1.2. CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES PRINCIPALES

Familles	TTL			CMOS		
	74	74 LS	74 ALS	4 000	74 HC	74 HCT
Tension d'alimentation, puissance et temps de propagation par porte suivant la famille logique.	5 V	5 V	5 V	3 à 18 V	2 à 6 V	5 V
* Ordre de grandeur (Valeurs typiques)						
Dissipation par porte	10 mW	2 mW	1 mW	2,5 mW	2,5 mW	2,5 mW
Temps de propagation par porte	10 ns	9,5 ns	4 ns	40 ns	10 ns	10 ns

**Remarque** : Dissipation et temps de propagation sont donnés pour une porte simple (type ET, ET-NON, OU, OU-NON)

### 23.1.3. SEUILS DE TENSION ET SENS DU COURANT (NIVEAUX LOGIQUES)

$U_{OH}$  : output high level (NL : 1)  
tension de série niveau haut

$U_{OL}$  : output low level (NL : 0)  
tension de série niveau bas

$U_{IH}$  : input high level (NL : 1)  
tension d'entrée niveau haut

$U_{IL}$  : input low level (NL : 0)  
tension d'entrée niveau bas

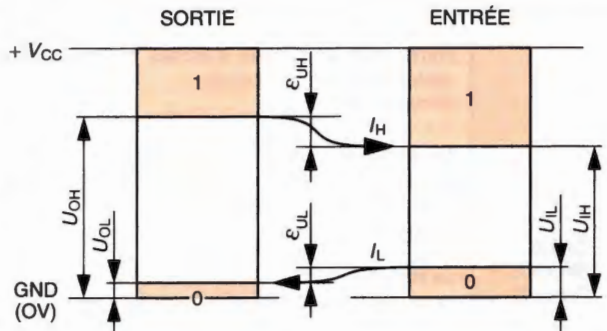
$V_{cc}$  : tension d'alimentation

$I_H$  : courant niveau haut

$I_L$  : courant niveau bas

$\epsilon_{UH}$  : marge de bruit ou immunité au bruit niveau haut

$\epsilon_{UL}$  : marge de bruit ou immunité au bruit niveau bas.



Le niveau logique 1 (high level) ou haut donne un courant  $I_H$  de la sortie vers l'entrée.  
 Le niveau logique 0 (low level) ou bas donne un courant  $I_L$  de l'entrée vers la sortie.

- CONVENTIONS** : – Si le courant sort du circuit, il est compté négativement.  
 – Si le courant entre dans le circuit, il est compté positivement.  
 – Cette convention s'applique à l'entrée et à la sortie d'un circuit logique

**NIVEAU LOGIQUE 1** : (High level).

Pour qu'une sortie applique un niveau logique 1 à une entrée il faut :

$$U_{OH} > U_{IH} \rightarrow I_{OH} < 0 \text{ et } I_{IH} > 0 \quad \text{avec } |I_{OH}| > |I_{IH}|$$

$I_{OH}$  : courant de sortie à l'état haut.  
 $I_{IH}$  : courant d'entrée à l'état haut.

**NIVEAU LOGIQUE 0** : (Low level)

$$U_{OH} < U_{IH} \rightarrow I_{OH} > 0 \text{ et } I_{IL} < 0 \quad \text{avec } |I_{OL}| > |I_{IL}|$$

$I_{OL}$  : courant de sortie à l'état bas.  
 $I_{IL}$  : courant d'entrée à l'état bas.

**IMMUNITÉ AU BRUIT À L'ÉTAT 1** :

$$\epsilon_{UH} = U_{OH} - U_{IH}$$

Tension maximum parasite qui, superposée à la tension de sortie à l'état haut, ne modifie pas l'état logique haut.

**IMMUNITÉ AU BRUIT À L'ÉTAT 0** :

$$\epsilon_{UL} = U_{IL} - U_{OL}$$

Tension maximum parasite qui, superposée à la tension de sortie à l'état bas, ne modifie pas l'état logique bas.

**23.1.4. CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT**

**23.1.5. NIVEAUX LOGIQUES HAUT ET BAS SUIVANT LA FAMILLE LOGIQUE**

FAMILLES	TTL			CMOS			
$V_{CC}$ (précision)	74 5 V ± 5 %	74 LS 5 V ± 5 %	74 ALS 5 V ± 5 %	4 000 5 V	74 HC 5 V ± 5 %	74 HC 3 V	74 HCT 5 V ± 10 %
$U_{IH}$ (mini)	2,0 V	2,0 V	2,0 V	3,5 V	3,5 V	2,1 V	2,0 V
$U_{IL}$ (maxi)	0,8 V	0,7 V	0,7 V	1,5 V	1 V	0,6 V	0,8 V
$U_{OH}$ (mini)	2,4 V	2,7 V	2,7 V	4,5 V	3,7 V	2,2 V	3,7 V
$U_{OL}$ (maxi)	0,4 V	0,5 V	0,4 V	0,4 V	0,1 V	0,1 V	0,1 V
$I_{IL}$ (mini)	- 1,6 mA	- 0,4 mA	- 0,2 mA	- 5 nA	± 1 nA	± 1 nA	± 1 nA
$I_{IH}$ (maxi)	40 μA	20 μA	20 μA	5 nA			
$I_{OL}$ (mini)	16 mA	8 mA	4 mA	0,4 mA	4 mA	4 mA	4 mA
$I_{OH}$ (maxi)	- 400,6 μA	- 400 μA	- 400 μA	- 0,4 mA			

La tension d'alimentation  $V_{CC}$  considérée est de 5 V pour des raisons de compatibilité entre circuits.  
 La précision de cette tension d'alimentation est grande pour les circuits TTL.

**23.1.6. SORTANCE (FAN-OUT)**

La sortance d'un circuit, à l'état haut (H) correspond au nombre d'entrées qu'il peut alimenter (d'un autre circuit)  
 Sortance (H) =  $I_{OH}/I_{IH}$

La sortance d'un circuit, à l'état bas (L) correspond au nombre d'entrées qu'il peut recevoir (d'un autre circuit)  
 Sortance (L) =  $I_{OL}/I_{IL}$

La sortance d'un circuit par rapport à un autre circuit correspond à la sortance la plus petite ainsi définie.

- (1) Théoriquement illimitée (prendre en considération le retard (temps de propagation) introduit).  
 (2) Compatibilité assurée si HCMOS alimentée en 3 V  
 (3) Incompatibilité de niveau logique

VERS	DE					
	TTL	LS TTL	ALS TTL	HCT MOS	HC MOS	CMOS
TTL	H 10 L 10	H 10 L 5,2,5	H 10 L 2,2,5	H 100 L 2,2,5	H 100 L 2,2,5	H 10 L 0,3
LS TTL	H 20 L 40	H 20 L 20	H 20 L 10	H 200 L 10	H 200 L 10	H 20 L 1
ALS TTL	H 20 L 80	H 20 L 40	H 20 L 20	H 200 L 20	H 200 L 20	H 40 L 2
HCT MOS	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)	(1)
HC MOS	(2)	(2)	(2)	(1)	(1)	(1)
CMOS	(3)	(3)	(3)	(1)	(1)	(1)

**23.1.7.  
DISPOSITIFS  
D'INTERFAÇAGE  
ENTRE CIRCUITS  
DE FAMILLES  
DIFFÉRENTES NON  
COMPATIBLES**

TTL vers CMOS (Fig. 1)  
(Même tension d'alimentation  $V_{cc}$ )  
Dispositif à résistance :  
 $R$  de 1 à 10 k $\Omega$

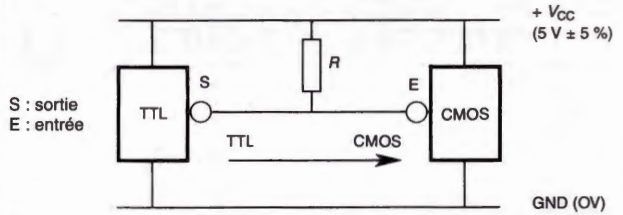


Fig. 1

TTL vers CMOS (Fig. 2)  
(Tensions  $V_{cc}$  différentes)  
Dispositif discret :  
T : transistor BC 547 ou BC 107  
 $R_1$  : 6,8 k $\Omega$   
 $R_2$  : 1 à 10 k $\Omega$

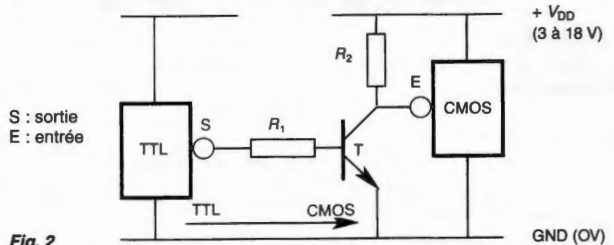


Fig. 2

TTL vers CMOS (Fig. 3)  
(Tensions  $V_{cc}$  différentes)  
Dispositif : CIL à opérateur de  
puissance collecteur ouvert (HEX  
POWER GATES)

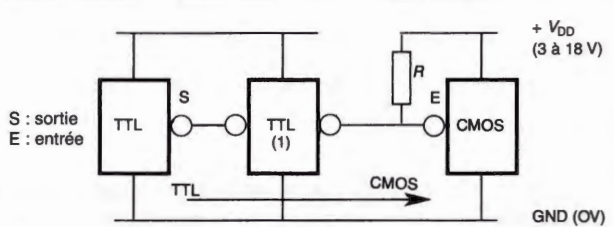


Fig. 3

(1) Type 7407  
 $R$  de 1 à 10 k $\Omega$

CMOS vers TTL (Fig. 4)  
(Tensions  $V_{cc}$  différentes)  
Dispositif : CIL à opérateur de  
puissance collecteur ouvert

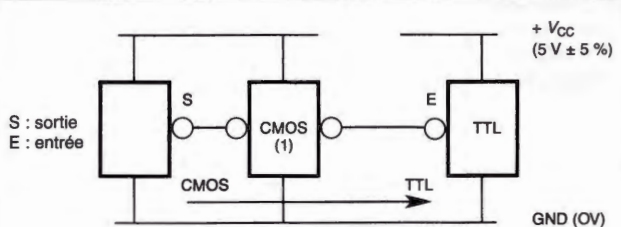
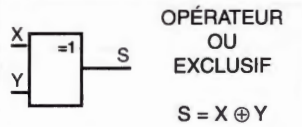
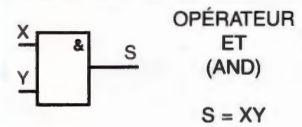


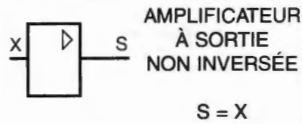
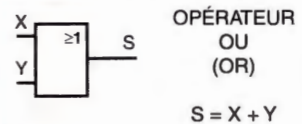
Fig. 4

(1) Types 4050 ou 4049

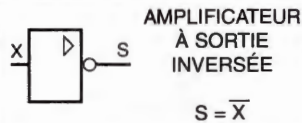
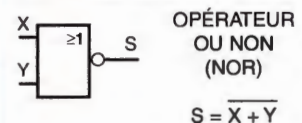
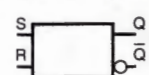
**23.1.8.  
SYMBOLES  
DES  
OPÉRATEURS  
LOGIQUES**



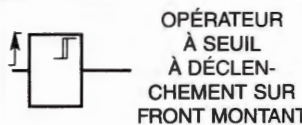
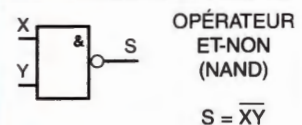
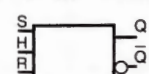
MÉMOIRE X  
(Symbole général)



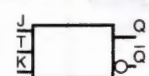
BASCULEUR RS  
(S : MU → Q = 1 ; R : MZ → Q = 0)



BASCULEUR RSH  
(H : validation de RS)



BASCULEUR JK  
(Sur front montant)



## 23.2. ATTAQUES DES ENTRÉES ET DES SORTIES DES CIRCUITS INTÉGRÉS LOGIQUES (C.I.L.)

**23.2.1. ATTAQUE DES ENTRÉES DES C.I.L. PAR RÉSISTANCE (USUEL EN COMBINATOIRE)**

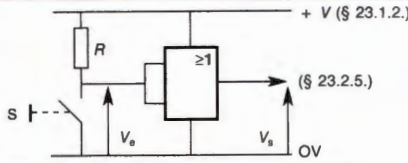


TABLE DE VÉRITÉ			COMPOSANTS		
S	V <sub>o</sub>	V <sub>s</sub>	Technologie	TTL	CMOS
0	1	1	C.I.L.	(1/4) 7432	(1/4) 4071
1	0	0	R	4,7 kΩ	470 kΩ

Fig. 5 - Montage inverseur

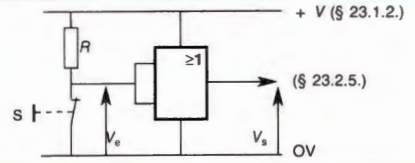
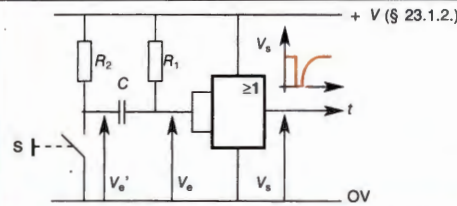


TABLE DE VÉRITÉ			COMPOSANTS		
S	V <sub>o</sub>	V <sub>s</sub>	Technologie	TTL	CMOS
0	0	0			
1	1	1			

Fig. 6 - Montage non inverseur

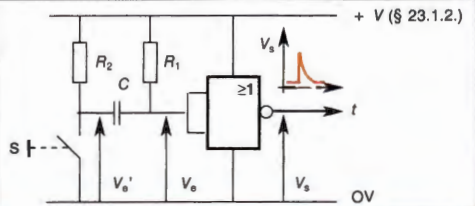
**Note :** le circuit intégré logique prend en compte les rebondissements de S

**23.2.2. ATTAQUE DES ENTRÉES DES C.I.L. PAR FRONT RAIDE UNIQUE (USUEL EN SÉQUENTIEL)**



GRAPHES DE FONCTIONNEMENT		COMPOSANTS	
S	V <sub>s</sub>	Technologie	TTL
		CIL	(1/4) 7432
		R <sub>1</sub>	4,7 kΩ
		R <sub>2</sub>	4,7 MΩ
		C	10 nF

Fig. 7 - Front unique négatif.



GRAPHES DE FONCTIONNEMENT		COMPOSANTS	
S	V <sub>s</sub>	Technologie	TTL
		CIL	(1/4) 7402
		R <sub>1</sub>	4,7 kΩ
		R <sub>2</sub>	4,7 MΩ
		C	10 nF

Fig. 8 - Front unique positif.

**Note :** Le phénomène de rebondissements est éliminé, le front avant est raide mais le front arrière est lent donnant au signal de sortie une durée mal définie.

**23.2.3. MISE EN FORME D'UN SIGNAL D'ENTRÉE PAR TRIGGER DE SCHMITT (USUEL EN COMPTAGE)**

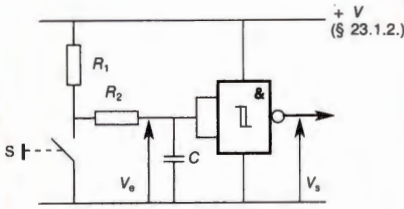


Fig. 9 - Trigger de Schmitt.

GRAPHES DE FONCTIONNEMENT		COMPOSANTS	
S	V <sub>s</sub>	Technologie	TTL
		CIL	(1/4) 74132
		R <sub>1</sub>	4,7 kΩ
		R <sub>2</sub>	330 Ω
		C	10 μF

**Note :** plus de prise en compte de rebondissements, les fronts sont raides.

**23.2.4. ATTAQUE D'UNE ENTRÉE PAR BASCULEUR RS (GOURAMMENT UTILISÉ)**

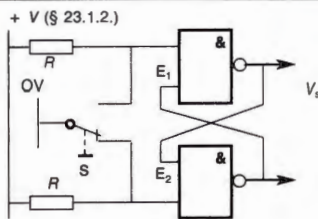


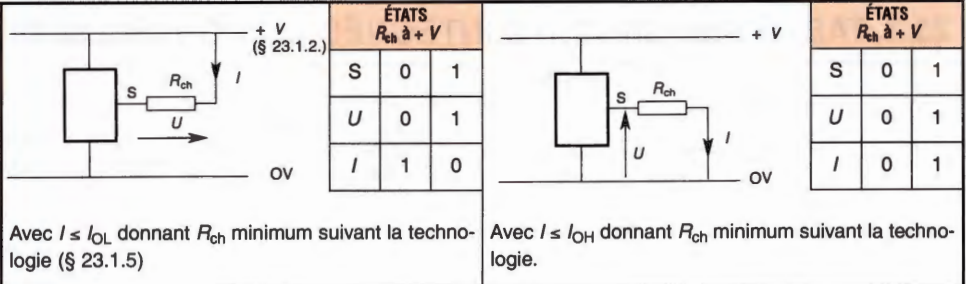
Fig. 10 - Basculeur RS.

TABLE DE VÉRITÉ				COMPOSANTS		
S	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	V <sub>s</sub>	Technologie	TTL	CMOS
0	1	0	0	CIL	(1/2) 7400	(1/2) 4011
1*	1	1	0	R <sub>1</sub>	4,7 kΩ	470 kΩ
1	0	1	1			
0*	1	1	1			
*	1	1	V <sub>s</sub> (n-1)			

\* états transitoires

**Note :** phénomène de rebondissements éliminé. Il faut disposer d'un contact OF pour S

**23.2.5. ATTAQUES DES SORTIES DE TRÈS FAIBLE PUISSANCE**

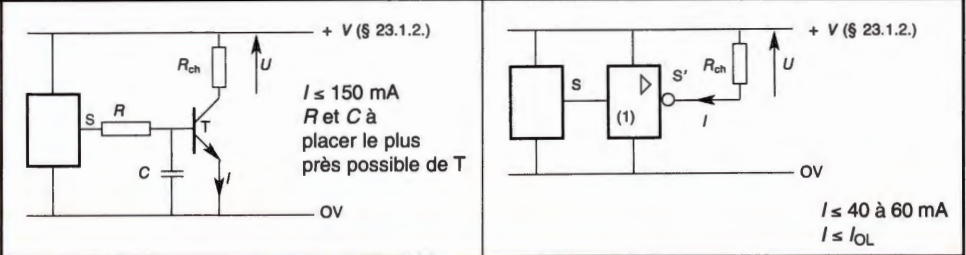


Avec  $I \leq I_{OL}$  donnant  $R_{ch}$  minimum suivant la technologie (§ 23.1.5)

Avec  $I \leq I_{OH}$  donnant  $R_{ch}$  minimum suivant la technologie.

Fig. 11 – Sortie directe.

**23.2.6. ATTAQUE DES SORTIES DE FAIBLE PUISSANCE (TENSIONS D'ALIMENTATION IDENTIQUES)**



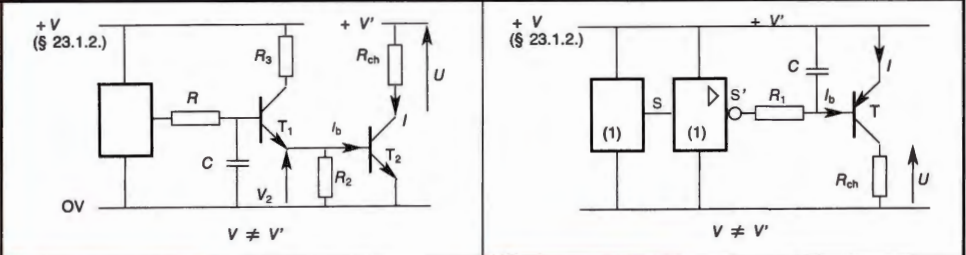
ÉTATS $R_{ch}$ à +V			COMPOSANTS
S	0	1	C : de 1 à 22 nF T : Transistor $\beta \approx 150$ (2N 1711) $R_{ch}$ telle que $I \leq 150$ mA R : suivant la technologie et le $\beta$ du transistor $R = \frac{V_{OH} \beta}{5 I}$ avec $\frac{5 I}{\beta} \leq I_{OH}$
U	0	1	
I	0	1	

ÉTATS $R_{ch}$ à +V			COMPOSANTS
S	0	1	en TTL (1) C.I.L. (1/6) 7416 en CMOS (1) C.I.L. (1/6) 4049 $R_{ch}$ telle que $I \leq I_{OL}$ (sous la tension dépendant de la technologie)
S'	1	0	
U	0	1	
I	0	1	

Fig. 12 – Avec un transistor.

Fig. 13 – Avec un opérateur de puissance.

**23.2.7. ATTAQUE DES SORTIES DE MOYENNE PUISSANCE (TENSIONS D'ALIMENTATION DIFFÉRENTES)**



ÉTATS				COMPOSANTS
S	$V_2$	U	I	T <sub>2</sub> du type 2N 3055 T <sub>1</sub> du type BC 107 $I \leq 2$ à 3 A C de 1 à 10 nF $R_{ch} \geq V/I$ T <sub>1</sub> et T <sub>2</sub> fonctionnent en commutation
0	0	0	0	
1	1	1	1	

ÉTATS				COMPOSANTS
S	S'	U	I	T du type BDX 18 $I \leq 2$ à 3 A C de 1 à 10 nF (1) C.I.L. : TTL (1/6) 7406 CMOS (1/6) 4049 T : fonctionne en commutation
0	1	0	0	
1	0	1	1	

COMPOSANTS (Calculs)

COMPOSANTS (Calculs)

- Ils se déterminent à partir de I
  - Choisir  $I_{b(T2)} = 2 I / \beta_{(T2)}$
  - Choisir  $R_2$  telle que  $I_{(R2)} = I_{b(T2)}$
  - Calcul de  $R_3 = V/2 I_{b(T2)}$
  - Calcul de  $R_1$  telle que
- $$I_{b(T1)} = \frac{5 I_{(T1)}}{\beta_{(T1)}} \text{ avec } I_{b(T1)} \leq I_{OH}$$
- $R_1$  et C le plus près possible de T<sub>1</sub>

- Ils se déterminent à partir de I
- Choisir  $I_{b(T)} = 2$  à 3  $I / \beta_{(T)}$ , avec  $I_{b(T)} \leq I_{OL}$
- Choisir  $R_1$  telle que :  $R_1 = V / I_{b(T)}$
- $R_1$  et C le plus près possible de T
- avec  $R_{ch} \geq V / I$

Fig. 14 – Avec des transistors.

Fig. 15 – Avec un opérateur de puissance.

## 23.3. TABLE DES CIRCUITS INTÉGRÉS LOGIQUES PAR FONCTION

	FONCTIONS			TTL			CMOS			
	Nb de portes	Fonction de la porte ou de l'opérateur	Nb d'entrées par porte	Nb de broches	Stand.	LS	S	CMOS	HCMOS	HCTMOS
					74 xxx	74 LS xxx	74 S xxx	4xxx	74HCxxx	74HCTxxx
	4	ET NON	2	14	00	00	00	011	00	00
	4	OU NON	2	14	02	02	02	001	02	02
	4	ET NON à collecteur ouvert (5,5 V)*	2	14	03	03	03		03	03
	6	INVERSEUR	1	14	04	04	04		04	04
	6	INVERSEUR à collecteur ouvert (5,5 V)*	1	14	05	05	05		05	05
	6	INVERSEUR PUISSANCE								
		à collecteur ouvert (30 V)*	1	14	06	06				
	6	PUISSANCE à collecteur ouvert (30 V)*	1	14	07	07			07	07
	4	ET	2	14	08	08	08	081	08	08
	4	ET à collecteur ouvert (5,5 V)*	2	14	09	09	09		09	
	3	ET NON	3	14	10	10	10	023	10	10
	3	ET	3	14	11	11	11	073	11	11
	2	TRIGGER DE SCHMITT ET NON	4	14	13	13		083		
	6	TRIGGER DE SCHMITT inverseur	1	14	14	14		0106	14	14
	6	INVERSEUR PUISSANCE								
		à collecteur ouvert (15 V)*	1	14	16	16		049		
	6	PUISSANCE à collecteur ouvert (15 V)*	1	14	17	17		050		
	2	ET NON	4	14	20	20	20	012	20	20
	2	ET	4	14	21	21		082	21	21
	4	ET NON à collecteur ouvert (15 V)*	2	14	26	26				
	3	OU NON	3	14	27	27		025	27	27
	1	ET NON	8	14	30	30	30	068	30	30
	4	OU	2	14	32	32	32	071	32	32
	4	OU NON de puissance (BUFFER)	2	14	33	33				
	4	ET NON de puissance (BUFFER)	2	14	37	37	37			
	4	ET NON de puissance								
		à collecteur ouvert (5,25 V)*	2	14	38	38	38			
	2	ET NON de puissance (BUFFER)	4	14	40	40	40			
	2	ET OU NON	2	14	51	51	51		51	
	2	ET OU NON	4	14		55		085		
	4	OU EXCLUSIF	2	14	86	86	86	030,070	86	86
	4	TRIGGER DE SCHMITT ET NON	2	14	132	132	132	093	132	132
	1	ET NON	13	16		133	133			
	4	OU EXCLUSIF								
		à collecteur ouvert (5,25 V)*	2	14	136	136	136			
	2	OU NON	5	14	260	260	260			
	4	OU NON EXCLUSIF								
		à collecteur ouvert (5,25 V)*	2	14		266		077	266	
		* en TTL seulement								
	2	JK maître d'esclave avec RAZ	4	14	73	73			73	73
	2	D à présélection 1 ou 0. Front $\overline{f}$	4	14	74	74	74	013	74	74
	2	JK maître d'esclave avec prés. 1 ou 0	5	16	76	76		027	76	76
	2	JK maître d'esclave avec RAZ. Front $\overline{f}$	4	14	107	107			107	107
	2	JK maître d'esclave à prés.1 ou 0								
		Front $\overline{f}$	5	16	109	109			109	109
	2	JK maître esclave à prés. 1 ou 0								
		Front $\overline{f}$	5	16		112	112		112	112
	2	JK maître esclave avec RAU. Front $\overline{f}$	4	14		113	113			
	1	Monostable (10 ns à 10 ms)	3	14	121			047		
	2	Monostable à avec RAZ	3	16	123		123	528	123	123
	6	D avec RAZ et H $\overline{f}$ communs	1	16	174	174	174	0174	174	174
	4	D avec RAZ et H $\overline{f}$ communs	1	16	175	175	175	0175	175	175
	2	Monostable et multivibrateur	3	16	221		221	098	221	221

	FONCTIONS				TTL			CMOS		
	Nb de portes	Fonction de la porte ou de l'opérateur	Nb d'entrées par porte	Nb de broches	Stand.	LS	S	CMOS	HCMOS	HCTMOS
					74 xxx	74 LS xxx	74 S xxx	4xxx	74HCxxx	74HCTxxx
<b>23.3.3.</b> <b>CLASSEMENT</b> <b>ALPHA-</b> <b>NUMÉRIQUE</b> <b>À PARTIR DE LA</b> <b>TECHNOLOGIE</b> <b>TTL</b> <b>REGISTRES</b> <b>MÉMOIRES</b>	1	Mémoire vive 64 bits	10	14				505		
	1	Mémoire vive 256 bits	14	16				720		
	1	Registre à décalage 8 bits	2	14	91	91				
	1	Registre à décalage 4 bits (E // ; S série), avec validations	12	16	94					
	1	Registre à décalage 4 bits (série parallèle)	5	14	95	95		094		
	1	Registre à décalage 5 bits (série parallèle)	8	16	96	96				
	1	Registre à décalage 8 bits (E série ; S //)	3	14	164	164			164	164
	1	Registre à décalage 8 bits (E // ; S série)	10	16	165	165			165	165
	1	Registre à décalage 8 bits (à présélection)	11	16	166	166		021	166	166
	1	Registre à décalage 4 bits bidirectionnel universel	8	16	194	194	194	194	194	194
	1	Registre à décalage 4 bits universel (E : entrées) (S : sorties)	8	16	195	195	195	035	195	195
<b>23.3.4.</b> <b>CLASSEMENT</b> <b>ALPHA-</b> <b>NUMÉRIQUE</b> <b>À PARTIR DE LA</b> <b>TECHNOLOGIE</b> <b>TTL</b> <b>DÉCODEURS</b> <b>MULTIPLIXEURS</b>	1	Décodeur BCD (1 à 10)	4	16	42	42	42	0,28	42	42
	1	Décodeur BCD décimal (à collecteur ouvert)	4	16	45					
	1	Décodeur BCD 7 segments (admission de I)	6	16	46	49		511		
	1	Multiplexeur 16 → 1 (Inverseur)	21	24	150					
	1	Multiplexeur 8 → 1	12	16	151	151	151		151	151
	2	Multiplexeur 4 → 1	7	16	153	153	153	539	153	153
	1	Démultiplexeur 4 → 16	6	24	154	154			154	154
	2	Démultiplexeur 2 → 4	6	16	155	155			155	155
	2	Démultiplexeur 2 → 4 (Collecteur ouvert)	6	16	156	156				
	4	Multiplexeur 2 → 1	4	16	157	157	157	519	157	157
4	Multiplexeur 2 → 1 (Inverseur)	4	16	158	158	158		158	158	
<b>23.3.5.</b> <b>CLASSEMENT</b> <b>ALPHANUMÉRIQUE</b> <b>À PARTIR DE LA</b> <b>TECHNOLOGIE TTL</b> <b>CIRCUITS</b> <b>ARITHMÉTIQUES</b>	1	Additionneur 4 bits (avec retenues)	9	16	83	83		008		
	1	Comparateur 4 bits (avec cascade)	11	16	85	85	85		85	85
	1	Diviseur par 2, 6, 12	4	14	92	92				
	1	UAL 4 bits	14	24	181	181	181		181	181
	1	Générateur de report accéléré	9	16	182		182		182	182
	1	Additionneur 4 bits	9	16	283	283	283		283	283
<b>23.3.6.</b> <b>CLASSEMENT</b> <b>ALPHA-</b> <b>NUMÉRIQUE</b> <b>À PARTIR DE LA</b> <b>FAMILLE</b> <b>TTL</b> <b>COMPTEURS</b> <b>DÉCOMPTEURS</b>	1	Décade asynchrone compteur	6	14	90	90				
	1	Compteur diviseur par 2, 6, 12	4	14	92	92				
	1	Compteur 4 bits, asynchrone	4	14	93	93			93	93
	1	Décade synchrone, 4 bits (avec RAZ et présélection)	10	16	160	160		0160	160	160
	1	Compteur binaire synchrone 4 bits	10	16	161	161		0161	161	161
	1	Compteur-décompteur (décade)	8	16	190	190		029	190	190
	1	Compteur décompteur synchrone 4 bits	8	16	191	191		516	191	191
	1	Compteur décompteur synchrone à présélection (BCD)	8	16	192	192		0192	192	192
	1	Compteur décompteur synchrone à présélection (4 bits)	8	16	193	193		0193	193	193
	1	Compteur binaire 4 bits	4	14	293	293				
<b>23.3.7.</b> <b>EXEMPLES</b>	<p>Pour certains C.I.L. CMOS sont donnés les équivalents les plus proches des C.I.L. TTL :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Soit un schéma logique nécessitant 4 portes ET à deux entrées chacune : <ul style="list-style-type: none"> <li>- EN TTL : 7408 ; 74 LS 08 ; 74 S 08 brochage → 14 broches</li> <li>- EN CMOS : 4081 ; 74 HC 08 ; 74 HCT 08</li> </ul> </li> <li>- Soit un schéma logique nécessitant 2 bascules type D présélectionnables : <ul style="list-style-type: none"> <li>- EN TTL : 7474 ; 74 LS 74 ; 74 S 74 brochage → 14 broches</li> <li>- EN CMOS : 4013, 74 HC 74 ; 74 HCT 74</li> </ul> </li> <li>- Les boîtiers sont du type DIL (Brochages des C.I.L. § 23.9.3.)</li> </ul>									

## 23.4. RÈGLES D'EMPLOI DES CIRCUITS INTÉGRÉS LOGIQUES

### 23.4.1. CIRCUITS INTÉGRÉS LOGIQUES TTL

ALIMENTATION GÉNÉRALE $V_{cc}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Taux d'ondulation <math>\leq 5\%</math></li> <li>- Taux de régulation <math>\leq 5\%</math></li> <li>- Prévoir une réserve de 100 % (<math>I</math> alimentation = 2/utile) (Exemple § 23.11.)</li> <li>- Découplage « redressement - filtrage » de l'alimentation primaire par un condensateur RF (découplage HF) Condensateur du type polyester de 0,1 à 1 <math>\mu\text{F}</math></li> <li>- Découplage de la sortie du régulateur par un condensateur au tantale sec de 0,1 à 1 <math>\mu\text{F}</math> (découplage BF)</li> </ul>
ALIMENTATION DES C.I.L. $V_{cc}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Découpler chaque groupe de 4 à 8 boîtiers avec un condensateur de découplage du type céramique de 0,01 à 0,001 <math>\mu\text{F}</math> (découplage THF)</li> <li>- <b>Note</b> : pour éviter toutes oscillations parasites le découplage unitaire (1 condensateur par boîtier) est conseillé. Placer ce condensateur le plus près possible du + <math>V_{cc}</math></li> <li>- Limiter à quelques dizaines (2 à 3) le nombre de circuits par carte et découpler chaque carte par un condensateur au tantale sec de 0,1 <math>\mu\text{F}</math> en parallèle sur une diode Zener de 5 V (protection des C.I.L. TTL Fig. 16)</li> </ul>
<p>Fig. 16 - Découplage et protection des C.I.L. TTL.</p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Si le nombre de circuits devient important, il est conseillé de réaliser une alimentation commune sommaire (Redressement + Filtrage) et des alimentations régulées sur chaque carte (mêmes remarques que précédemment pour les différents condensateurs de découplage.)</li> </ul>	
MASSE	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utiliser si possible un plan de masse (0 V) permettant une distribution en étoile</li> <li>- Sinon réaliser un « bus masse » (ruban de cuivre) le plus large possible (<math>l \geq 5</math> mm) autour du circuit imprimé (masses des C.I.L. et bus masse raccordés au 0 V)</li> <li>- Toujours relier les deux extrémités d'une longue ligne de masse au 0 V</li> </ul>
CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR LES C.I.L. TTL	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Alimentation</b> :             <ul style="list-style-type: none"> <li>- ne jamais inverser, l'alimentation d'un C.I.L. TTL.</li> </ul> </li> <li>- <b>Entrées, sorties</b> :             <ul style="list-style-type: none"> <li>- ne jamais porter une entrée à un potentiel supérieur à 5,5 V même si le C.I.L. TTL n'est pas alimenté (Destruction de l'entrée),</li> <li>- ne jamais porter une entrée à un potentiel inférieur à - 0,7 V même si le C.I.L. TTL n'est pas alimenté (Destruction de l'entrée),</li> <li>- ne jamais laisser une entrée en l'air,</li> <li>- les temps de montée et de descente des signaux d'entrée ne doivent pas dépasser 1 <math>\mu\text{s}</math> pour une impédance Z supérieure ou égale à 100 <math>\Omega</math> (sauf entrées des Trigger),</li> <li>- ne jamais porter une sortie directement au + <math>V_{cc}</math></li> </ul> </li> </ul>
CAS DES ENTRÉES NON UTILISÉES DES OPÉRATEURS SIMPLES	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Opérateur ET, ET NON</b> :             <ul style="list-style-type: none"> <li>- relier les entrées non utilisées directement à + <math>V_{cc}</math> si <math>V_{cc}</math> est toujours inférieure à 5,5 V,</li> <li>- les relier à <math>V_{cc}</math> par une résistance de 1 à 10 k<math>\Omega</math> (Valeur typique 4,7 k<math>\Omega</math>),</li> <li>- plusieurs entrées non utilisées peuvent être raccordées à la même résistance,</li> <li>- les relier à des entrées utilisées du même opérateur (il faut que le facteur de charge du dispositif « générateur » le permette),</li> <li>- les relier à la sortie d'un ET NON inutilisé dont les entrées sont à la masse.</li> </ul> </li> <li>- <b>Opérateur OU - OU NON</b> :             <ul style="list-style-type: none"> <li>- relier les entrées non utilisées aux entrées du même opérateur (attention au facteur de charge),</li> <li>- les relier au 0 V.</li> </ul> </li> </ul>

	<p>CAS DES OPÉRATEURS NON UTILISÉS</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- On peut relier les entrées des opérateurs non utilisées au 0 V (masse) pour réduire la consommation du circuit intégré.</li> <li>- On peut mettre en parallèle des opérateurs d'un même circuit intégré pour augmenter le facteur de charge des opérateurs.</li> </ul>
	<p>CAS DES BASCULES</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La présélection de mise à zéro ou de mise à un d'une bascule se fait généralement lorsque l'impulsion d'horloge est au niveau bas.</li> <li>- Les temps de montée et de descente des impulsions d'horloge doivent être inférieurs à 150 <math>\mu</math>s (amélioration de l'immunité au bruit).</li> <li>- Généralement les entrées des bascules ne doivent pas changer d'état lorsque l'impulsion d'horloge est au niveau haut.</li> </ul>
	<p>COMMANDE ET RÉCEPTION PAR LIGNE</p>	<p><b>Liaisons électriques extérieures aux cartes.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Si les liaisons dépassent 25 cm, prendre les précautions suivantes : <ul style="list-style-type: none"> <li>- liaison par coaxial (impédance caractéristique 80 à 100 <math>\Omega</math>) (on reliera les deux extrémités, retours de masse, au 0 V,</li> <li>- on obtient une liaison correcte en torsadant les fils (fils de faible isolement à raison d'un tour par cm),</li> <li>- utiliser une résistance de rappel à + <math>V_{cc}</math> de 0,47 à 1 k<math>\Omega</math> à l'extrémité réceptrice de la liaison,</li> <li>- mettre une résistance 15 à 47 <math>\Omega</math> en série avec l'extrémité émettrice,</li> <li>- ne piloter qu'une seule entrée d'opérateur par liaison (voir le cas des entrées non utilisées),</li> <li>- ne pas utiliser des basculeurs en tant qu'émetteur ou récepteur de ligne,</li> <li>- découpler +<math>V_{cc}</math> par rapport à la masse les alimentations des opérateurs émetteur et récepteur de ligne par un condensateur polyester de 0,1 <math>\mu</math>F (RF).</li> </ul> </li> </ul>
<p>23.4.2. CIRCUITS INTÉGRÉS LOGIQUES CMOS</p>	<p>ALIMENTATION GÉNÉRALE <math>V_{DD}</math></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les circuits CMOS s'accommodent de 10 % de tolérance sur la tension d'alimentation (5 % pour les circuits TTL)</li> <li>- Les entrées-sorties absorbent moins de courant qu'en TTL. De ce fait, il n'est pas indispensable que l'alimentation possède une grande réserve de puissance (généralement / alimentation = 1,3 / utile).</li> <li>- Mêmes découplages qu'en technologie TTL.</li> </ul>
	<p>ALIMENTATION DES C.I.L. <math>V_{DD}</math></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mêmes remarques qu'en technologie TTL pour le découplage des boîtiers et des cartes (découplage de l'alimentation). La diode Zener prend la valeur maximum de l'alimentation des C.I.L.</li> <li>- Le nombre de circuits par carte peut être porté à 50.</li> </ul>
	<p>MASSE</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mêmes remarques que pour la technologie TTL.</li> </ul>
	<p>CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR LES C.I.L. CMOS</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Alimentation :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ne jamais inverser l'alimentation d'un C.I.L., CMOS</li> </ul> </li> <li>- <b>Entrées-sorties :</b> (<math>V_{DD}</math> peut être différent de <math>V_{DD}</math> maxi, § 23.1.2.) <ul style="list-style-type: none"> <li>- ne jamais porter une entrée à un potentiel supérieur à <math>V_{DD} + 0,5</math> V</li> <li>- ne jamais porter une entrée à un potentiel inférieur à <math>- 0,5</math> V</li> <li>- le courant par entrée ne doit pas dépasser <math>\pm 10</math> mA (CMOS) <math>\pm 20</math> mA (HC (T) MOS)</li> <li>- ne jamais laisser une entrée en l'air.</li> <li>- les temps de montée et de descente maxima conseillés à appliquer aux entrées sont de 15 <math>\mu</math>s (CMOS) et 0,5 <math>\mu</math>s (HC (T) MOS) sauf pour les entrées des Trigger.</li> <li>- ne jamais porter une sortie directement à + <math>V_{DD}</math> ou à 0 V.</li> </ul> </li> <li>- Les C.I.L. CMOS sont très sensibles aux phénomènes électrostatiques, éviter de toucher les connexions avec les doigts, utiliser un fer à souder TBT dont la panne est mise à la terre (ou souder les C.I.L. fer débranché). Souder les C.I.L. sur un montage non relié à un quelconque élément (oscilloscope, voltmètre électronique, alimentation raccordée au secteur).</li> <li>- Entrées non utilisées : <ul style="list-style-type: none"> <li>Les relier à + <math>V_{DD}</math> à la masse (0 V) ou à une entrée utilisée (résistance inutile) suivant le type d'opérateur (Entrées non utilisées, § 23.4.1.).</li> </ul> </li> </ul>

## 23.5. COMPOSANTS PASSIFS

- Valeur ohmique : code des couleurs (couverture)
- Tolérance : code des couleurs (couverture)
- Puissance ou tension (Fig. 18)
- Séries normalisées (Fig. 19)

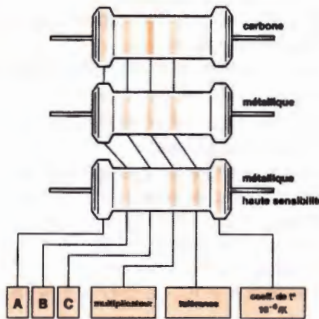


Fig. 17 - Identification des résistances



Les encombrements définissent la puissance maximale d'utilisation (à 70 °C) à partir de laquelle la tension de service maximale est définie.

W max. à 70 °C	Tension de service max. (v)	Dimensions max. (mm)		
		D	L	d
0,125	150	1,6	4,5	0,4
0,25	250	2,5	7,2	0,6
0,5	350	3,7	10	0,7
1	500	5,2	18	0,8
2	750	6,8	18	0,8
3	1 000	9,3	32	0,8

Fig. 18 - Encombrements des résistances

### 23.5.1. RÉISTANCES

E192	E96	E48	E192	E96	E48	E192	E96	E48	E192	E96	E48	E192	E96	E48	E24	E12	E6	E3
100	100	100	160		162	255	255		407			649	649	649	10	10	10	10
101			162	162	162	258			412	412		652			11			
102	102		164			261	261	261	417			665	665		12	12		
104			165	165		264			422	422	422	673			13			
105	105	105	167			267	267		427			681	681	681	15	15	15	
106			169	169	169	271			432	432		690			16			
107	107		172			274	274	274	437			698	698		18	18		
109			174	174		277			442	442	442	706			20			
110	110	110	176			280	280		448			715	715	715	22	22	22	22
111			178	178	178	284			453	453		723			24			
113	113		180			287	287	287	459			732	732		27	27		
114			182	182		291			464	464	464	741			30			
115	115	115	184			294	294		470			750	750	750	33	33	33	
117			187	187	187	298			475	475		759			36			
118	118		189			301	301	301	481			768	768		39	39		
120			191	191		305			487	487	487	777			43			
121	121	121	193			309	309		493			787	787	787	47	47	47	47
123			196	196	196	312			499	499		796			51			
124	124		198			316	316	316	505			806	806		55	55		
126			200	200		320			511	511	511	816			62			
127	127	127	203			324	324		517			825	825	825	68	68	68	
129	130		205	205	205	328			523	523		835			75			
130			208			332	332	332	530			845	845		82	82		
132			210	210		336			536	536	536	856			91			
133	133	133	213			340	340		542			866	866	866				
135			215	215	215	344			549	549		876						
137	137		218			348	348	348	556			887	887					
138			221	221		352			562	562	562	898						
140	140	140	223			357	357		569			909	909	909				
142			226	226	226	361			576	576		920						
143	143		229			365	365	365	583			931	931					
145			232	232		370			590	590	590	942						
147	147	147	234			374	374		597			953	953	953				
149			237	237	237	379			604	604		965						
150	150		240			383	383	383	612			976	976					
152			243	243		388			619	619	619	988						
154	154	154	246			392	392		626									
156			249	249		397			634	634								
158	158		252			402	402	402	642									

Série E12 : tolérances  $\pm 5\%$  et  $\pm 10\%$

Série E48 : tolérances  $\pm 2\%$  et  $\pm 1\%$

Série E24 : tolérances  $\pm 5\%$  et  $\pm 2\%$

Série E96 : tolérances  $\pm 1\%$

Fig. 19 - Échelonnement des valeurs par décade suivant la série.

**23.5.2. CONDENSATEURS PLASTIQUES**

– I, II, X, par, et tol : code des couleurs (couverture)  
 – Tension  $V_{cc}$  :  
 – Brun 100 V  
 – Rouge 250 V  
 – Jaune 400 V (unité le pF)

Utilisation :  
 – Filtre RF et AF  
 $0,02 \leq f \leq 1$  MHz  
 – Circuit à grande constante de temps (C faible mais R grand)  
 – Circuit d'impulsions.

Capacité

Capacité	Dimensions mm		
	L max.	H max.	E max.
$U_n = 100$ V			
0,1 $\mu$ F	12,5	12,5	4,5
0,15	12,5	13	5
0,22	12,5	14	6
0,33	17,5	14,5	5,5
0,47	17,5	15,5	6,5
0,68	22,5	15	6
1,0	22,5	16	7
1,5	22,5	17,5	8,5
2,2	30	17,5	8,5
3,3	30	21	9
4,7	30	23,5	11,5

Encombrement des condensateurs plastiques Modèle C 368

L	Dimensions mm		
	L max.	H max.	E max.
$U_n = 400$ V			
10 nF	12,5	12,5	5
15	12,5	12,5	5
22	12,5	12,5	5
33	12,5	13,5	5,5
47	12,5	14,5	5,5
68	17,5	15	6
0,1 $\mu$ F	17,5	16	7
0,15	22,5	15,5	6,5
0,22	22,5	16,5	7,5
0,33	22,5	18,5	9,5
0,47	30	18,5	9,5
0,68	30	22	10
1	30	24	12,5

Fig. 20 – Condensateurs plastiques non polarisés. Modèle C 368. Polyester métallisé.

**23.5.3. CONDENSATEURS CÉRAMIQUES**

– Écriture en clair sur le corps du condensateur.  
 – T : vert modèle C 629  
 $V_{cc} = 63$  V Tolérances + 80 %  
 – 20 %  
 – T : jaune Modèle C 630  
 $V_{cc} = 100$  V Tolérances  $\pm 10$  %

Utilisation :  
 – Condensateurs de découplage (HF, THF)  
 $50$  Hz  $\leq f \leq 50$  MHz  
 – Coefficient de température non défini  
 – La valeur de C diminue de 10 % si f augmente de 1 kHz à 10 MHz

Capacités	0,16	0,22	0,27	0,33	0,39	0,47	0,56	0,68	0,82	1	1,2	1,5	1,8	2,2	2,3	3,3	3,9	4,7	10	22	nF	
C 629																						
H																						
W																						
C 630																						
H	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	4,5	4,5	4,5	4,5	5,1	5,1	6,2	6,2	6,2				
W	5,4	5,4	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6,6	6,6	7,7	7,7	7,7				

Épaisseur : 2,3 mm

Fig. 21 – Condensateurs céramiques type II non polarisés. Modèle C 629/630.

**23.5.4. CONDENSATEURS AU TANTALE SEC**

– Écriture en clair sur le corps du condensateur.  
 – La couleur du corps indique la tension  $V_{cc}$   
 Tolérances  $\pm 20$  %

Utilisation :  
 – Filtrage et découplage BF.  
 $f < 1$  kHz (courant de fuite très faible)  
 – La polarité ne doit jamais être inversée.

Capacités (usuelles)	0,1	0,22	0,47	1	2,2	4,7	10	22	$\mu$ F
Tension $V_{cc}$	35	35	35	25	16	16	16	16	V
Dimension H x D	9,5 x 4,5	9,5 x 4,5	9,5 x 4,5	9,5 x 4,5	9,5 x 4,5	9,5 x 4,5	10,5 x 4,5	13 x 7	mm x mm

Fig. 22 – Condensateurs au tantale (polarisés).

**23.5.5. CONDENSATEURS ALUMINIUM À ÉLECTROLYTE LIQUIDE (ÉLECTRO-CHIMIQUES)**

**AXIAL**

Encadrements des condensateurs électrochimiques.  
 – Écriture en clair sur le corps du condensateur.

Tolérances : + 50 %  
 – 10 %

Utilisation :  
 – Filtrage et découplage BF,  
 $f < 1$  kHz (courant de fuite faible)  
 – La polarité ne doit jamais être inversée.  
 – Valeurs (Fig. 24)

**RADIAL**

Boîtier	d	D nom.	L nom.	D max.	L max.	A min.
2	0,6	4,5	10	5	10,5	15
3	0,6	6	10	6,3	10,5	15
4	0,8	6,5	18	6,9	18,5	25
5	0,8	8	18	8,5	18,5	25
6	0,8	10	18	10,5	18,5	25
7	0,8	10	25	10,5	25	30
00	0,8	10	30	10,5	30,5	35
01	0,8	12,5	30	13	30,5	35
02	0,8	15	30	15,5	30,5	35
03	0,8	18	30	18,5	30,5	35
04	0,8	18	40	18,5	41,5	45
0,5	0,8	21	40	21,5	41,5	45

Boîtier	d	D max.	L max.	A $\pm 0,5$
11	0,5	5,5	12	2,0
12	0,6	5,5	12	2,5
13	0,6	8,5	12,5	3,5
14	0,6	10,5	12,5	5,0
15	0,6	10,5	17	5,0
16	0,6	10,5	21	5,0
17	0,6	13	21	5,0
18	0,6	13	26	5,0
19	0,8	16,5	26	7,5
20	0,8	16,5	32	7,5

Fig. 23 – Condensateurs électrochimiques. Aluminium à électrolyte liquide (polarisés) NF C 93-110.

23.5.6. CONDENSATEURS ÉLECTRO- CHIMIQUES	C (µF)	1	1,5	2,2	3,3	4,7	5,8	10	15	22	33	47	68	100	150	220	330	470	680	1 000	1 500	2 200	3 300	4 700
	10 V A										2		2		3	4	5	5		00	0	01	02	03
	R										11		12		13	14	15	16	17	18	19	20		
	16 V A								2		2	3	3		4	5	5		00	00	01	02	03	
	R							11	11	12	12	13	13	14	15	16	17	17	18	19	20			
	25 V A								2		2		3		4	5	5		00	00	01	02	03	
	R						11		12		13		14	15	16	17	18		19	20				
	40 V A								2	3	3	4			5	5	7	00	00	01	02	03		
	R					11		12		13	14		16		17	18	19	20						
63 V A	2	2	2	2	2	2	3	3	4		5	6	7	00	00	01	02	03						
R	11	11	11	11	12	13	13	14	15	15	16	17	18	19	20									
100 V A	2		2	2	3		4		5	6	7													
R	11		12		13		15	16	16	17	17	18	19	20										
250 V A*										01	02	03		05										
R																								
350 V A*									01	02	02	04												
R																								

Fig. 24 – Échelonnement des valeurs – Boîtiers suivant C et Vcc : A : axial, R : radial

A : axial (Modèle 030)

R : radial (Modèle 035)

A\* : axial (Modèle C042)

## 23.6. SEMI-CONDUCTEURS

23.6.1. DIODES ZENER	Type	$V_{ZT}$ à $I_{ZT}$	$r_{ZT}$ à $I_{ZT}$	$I_{ZT}$	$r_{ZK}$ et $I_{ZK}$	Dérive $V_Z$	$I_R$ à $V_R$	$V_R$	$I_{ZM}$
	BZX 85 C 2	2 V 7	2,5/ 2,9 V	20 Ω	80 mA	400 Ω à 1 mA	-0,07 %/°C	150 µA	1 V
"	3 V 0	2,8/ 3,2 V	20 Ω	80 mA	400 Ω à 1 mA	-0,07 %/°C	100 µA	1 V	340 mA
"	3 V 3	3,1/ 3,5 V	20 Ω	80 mA	400 Ω à 1 mA	-0,06 %/°C	40 µA	1 V	320 mA
"	3 V 6	3,4/ 3,8 V	20 Ω	60 mA	500 Ω à 1 mA	-0,06 %/°C	20 µA	1 V	290 mA
"	3 V 9	3,7/ 4,1 V	15 Ω	60 mA	500 Ω à 1 mA	-0,05 %/°C	10 µA	1 V	280 mA
"	5 V 1	4,8/ 5,4 V	10 Ω	45 mA	500 Ω à 1 mA	0,01 %/°C	1 µA	1,5 V	200 mA
"	5 V 6	5,2/ 6 V	7 Ω	45 mA	400 Ω à 1 mA	0,03 %/°C	1 µA	2 V	190 mA
"	6 V 2	5,8/ 6,6 V	4 Ω	35 mA	300 Ω à 1 mA	0,04 %/°C	1 µA	3 V	170 mA
"	9 V 1	8,5/ 9,6 V	5 Ω	25 mA	200 Ω à 0,5 mA	0,06 %/°C	1 µA	6,8 V	120 mA
"	10	9,4/10,6 V	7 Ω	25 mA	200 Ω à 0,5 mA	0,07 %/°C	0,5 µA	7 V	105 mA
"	12	11,4/12,7 V	9 Ω	20 mA	350 Ω à 0,5 mA	0,07 %/°C	0,5 µA	9,1 V	88 mA
"	15	13,8/15,6 V	15 Ω	15 mA	500 Ω à 0,5 mA	0,08 %/°C	0,5 µA	11 V	71 mA
"	18	16,8/19,1 V	20 Ω	15 mA	500 Ω à 0,5 mA	0,08 %/°C	0,5 µA	13 V	62 mA
"	20	18,8/21,2 V	24 Ω	10 mA	600 Ω à 0,5 mA	0,08 %/°C	0,5 µA	15 V	56 mA
BZX 85 C 24		22,8/25,6 V	25 Ω	10 mA	600 Ω à 0,5 mA	0,08 %/°C	0,5 µA	18 V	47 mA

Fig. 25 – Diodes Zéner 1,3 W.

$t_{vj}$  maxi 175 °C

Caractéristiques à  $t_a = 25$  °C

Boîtier D041.

23.6.2. DIODES DE COMMUTATION	Type	Jonction	$V_R$ (V)	$I_{FRM}$ (mA)	$I_{FSM}$ (A)	$V_F$ à $I_F$ (V)	(mA)	C (pF)	$t_T$ (maxi) (ns)	Boîtier
	BAV 10	Si	60	600	4	0,75	10	2,5	6	DO 35
	BAV 19	Si	100	625	5	1	100	5	50	DO 35
	BAV 20	Si	150	—	—	1	100	—	—	DO 35
	1N 4148	Si	75	450	2	1	10	4	4	DO 35
	1N 4448	Si	75	—	—	1	100	4	4	DO 35

Fig. 26 – Diodes de commutation  $t_a = 25$  °C.

23.6.3. PONTS REDRESSEURS MOULÉS	Types	$V_{RRM}$	$V_{RMS}$ recommandée	$I_0$	$I_{FRM}$	$V_F$ à $I_0$	$I_R$ (25 °C)	Boîtier	
	C 800	100 à 900 V	40 à 400 V	0,8 A	5 A	1 V	0,8 A	10 µA	(1)
	C 1 000	100 à 900 V	40 à 400 V	1 A	8 A	1 V	1 A	10 µA	(1)
	C 1 500	100 à 900 V	40 à 400 V	1,5 A	10 A	1 V	1,5 A	10 µA	(1)
	C 5 000	100 à 1 000 V	40 à 500 V	5 A	20 A	1 V	5 A	20 µA	(2)
	FB 10	100 à 600 V	40 à 250 V	10 A	50 A	1,2 V	5 A	10 µA	(3)

Fig. 27 – Ponts redresseur moulés

$t_{case}$  : (1) 50 °C ; (2) 80 °C ; (3) 75 °C

(Alimentation de l'électronique)

$t_{amb}$  : 25 °C

	Type		P totale (W)	I <sub>c</sub> (A)	V <sub>CE0</sub> (V)	h <sub>21E</sub> à I <sub>c</sub>		V <sub>CE</sub> saturation à I <sub>c</sub> /h <sub>β</sub>		f <sub>T</sub> MHz	C <sub>220</sub> nF	t off ns	Boîtiers		
	NPN	PNP				mini.	maxi.	(V)	(mA)					(V)	(mA)
<b>23.6.4.</b> <b>TRANSISTORS</b> <b>DE COMMUTATION</b> <b>ET USAGE</b> <b>GÉNÉRAL</b> <i>(Les plus utilisés)</i>	2N 2221		0,5	0,8	30	40	120	150	1,6	500/50	250	8	140	TO 18	
	2N 2221 A		0,5	0,8	40	40	120	150	1	500/50	250	8	225	TO 18	
	2N 2222		0,5	0,8	30	100	300	150	1,6	500/50	250	8	180	TO 18	
	2N 2222 A		0,5	0,8	40	100	300	150	1	500/50	300	8	225	TO 18	
		2N 2907		0,4	0,6	40	100	300	150	1,6	500/50	200	8	100	TO 18
		2N 2907 A		0,4	0,6	60	100	300	150	1,6	500/50	200	8	100	TO 18
	BC 107		0,3	0,1	45	125	500	2	0,6	100/5	150	4		TO 18	
	BC 109		0,3	0,1	20	240	900	2	0,6	100/5	150	4		TO 18	
	2N 1711		0,8	0,5	50	100	300	150	1,5	150/15	70	25		TO 39	
	2N 1893		0,8	0,2	80	40	120	150	5	150/15	50	15		TO 39	
	2N 2219		0,8	0,8	30	100	300	150	0,4	150/15	300	8	180	TO 39	
	2N 2219 A		0,8	0,8	40	100	300	150	0,3	150/15	300	8	285	TO 39	
		2N 2905		0,6	0,6	40	100	300	150	0,4	150/15	200	8	200	TO 39
		2N 2905 A		0,6	0,6	60	100	300	150	0,4	150/15	200	8	200	TO 39
	2N 3053		1	0,7	40	50	250	150	1,4	150/15	100	15		TO 39	
	BC 301		0,85	0,2	60	40	240	150	0,5	150/15				TO 39	
	BC 303		0,85	0,2	60	40	240	150	0,65	150/15				TO 39	
BSX 45		5	1	40	40	250	150	1	1 000/100	50	25	850	TO 39		

Fig. 28 – Transistors de commutation et usage général. I<sub>Cbase</sub> = 25 °C (Brochages § 23.9.1.).

Type	Sortie	Boîtiers	R <sub>th(j-c)</sub> (°C/W)	Sortie (V)	Entrée maxi (V)	Entrée recom (V)	Entrée mini (V)	Courant de sortie (A)*	Régulation % maxi
7 805	Positive	TO 220	2	5	35	10	7	1,5	2
7805	Positive	TO 3	4	5	35	10	7	1,5	2
7 905	Négative	TO 220	2	-5	-35	-10	-7	1,5	2
7 905	Négative	TO 3	3	-5	-35	-10	-7	1,5	2
7 815	Positive	TO 220	2	15	35	23	17,5	1,5	2
7 815	Positive	TO 3	4	15	35	23	17,5	1,5	2
7 915	Négative	TO 220	2	-15	-35	-20	-17	1,5	2
7 915	Négative	TO 3	3	-15	-35	-20	-17	1,5	2
7 818	Positive	TO 220	2	18	35	27	21	1,5	2
7 818	Positive	TO 3	4	18	35	27	21	1,5	2
7 824	Positive	TO 3	4	24	40	33	27	1,5	2

P<sub>d</sub> = (V<sub>e</sub> - V<sub>s</sub>) I<sub>s</sub> (≤ 15 W) I<sub>q1</sub> = 125 °C (avec radiateur approprié)

\* Limitation interne du courant. Pour disposer d'un tel courant, il faut un montage parfait sur radiateur (Chapitre 24).

- Attention au filtrage en amont pour que : U minimale ≥ Entrée minimale.

Fig. 29 – Régulateurs intégrés (Brochage § 23.9.1.)

Type	Dimensions (mm)	λ.p. typ. (mm)	I <sub>c</sub> maxi (mA)	V <sub>R</sub> maxi (V)	P <sub>tot</sub> à I <sub>c</sub> (mW)	°C	I <sub>v</sub> et V <sub>F</sub> à I <sub>c</sub> (mcd)	I <sub>v</sub> et V <sub>F</sub> à I <sub>c</sub> (V)	I <sub>v</sub> et V <sub>F</sub> à I <sub>c</sub> (mA)	Boîtiers	
Rouge :	CQX 54	∅ 5	630	30	5	90	65	3-9	2,1	10	SOD 63 A1
	CQY 54 A	∅ 3	650	50	5	120	25	> 0,7	1,7	20	SOD 53 E
Vert :	CQX 64	∅ 5	565	60	5	180	35	2	2,1	10	SOD 63 A1
	CQX 95 B	∅ 3	565	60	5	90	55	> 0,7	2,1	10	SOD 53 E
Jaune :	CQX 74	∅ 5	590	30	5	90	65	20	2,1	10	SOD 63 A1
	CQY 97 A	∅ 3	590	30	5	90	55	> 0,7	2,1	10	SOD 53 E
Infrarouge :	CQY 8 A1	∅ 3	930	130	5	215	25	9 mW/sr		100	SOD 63 A2

Fig. 30 – Diodes électroluminescentes (Led) (Brochages § 23.9.1.)

Type	Diode			Transistor NPN			Photo coupleur				Boîtiers
	I <sub>c</sub> maxi (mA)	V <sub>R</sub> maxi (V)	P <sub>tot</sub> (mW)	V <sub>CE0</sub> (V)	I <sub>c</sub> (mA)	P <sub>tot</sub> (mW)	I <sub>CEW</sub> à V <sub>R</sub> et V <sub>CE</sub> (nA)	I <sub>CEW</sub> à V <sub>R</sub> et V <sub>CE</sub> (kW)	V <sub>CE</sub> (V)	V <sub>FB</sub> (kV)	
CNX 35	100	3	200	30	100	200	200	1,5	10	4,4	SOT 90 B
CNX 38	100	3	200	80	100	200	200	1,5	10	4,4	SOT 90 B

Fig. 31 – Photocoupleurs boîtiers plastiques à transistor NPN.

Type	V <sub>CE0</sub> maxi (V)	I <sub>c</sub> maxi (mA)	P <sub>tot</sub> maxi (mW)	I <sub>L</sub> typ à I et λ (mA) (mW/cm <sup>2</sup> ) (nm)	I <sub>CEO</sub> (μA)	V <sub>CE</sub> (V)	Boîtiers
BPX 72 D	30	25	180	0,8 -2	4,75	2 856	SOT 70
BPX 95 C1	30	25	100	3 -15	1	930	SOD 63 D1
RTC 865 A1	30	25	180	0,7 -1,3	1	930	SOT 70

Fig. 32 – Phototransistors NPN (Brochages § 23.9.2.)

## 23.7. TRANSFORMATEURS D'IMPULSIONS

(D'après SCHAFFNER)

Ils permettent un isolement galvanique entre le circuit de commande et la gâchette d'un thyristor.  
(Aamorçage des thyristors. **Exemple** : § 23.8.3.)

– Grandeurs caractérisant un transformateur d'impulsions :

- $m$  : rapport de transformation.
- $U_{\text{eff}}$  : valeur effective de la tension de service admissible.
- $U_1$  : valeur effective de la tension d'essai admissible (tension d'isolement).
- $t_r$  : temps de montée de l'impulsion transmise au secondaire.
- $V.t$  : surface tension/temps  
Si  $V.t = 250 \text{ V} \cdot \mu\text{s}$  :  
 $t$  impulsion =  $250 \mu\text{s}$ , la hauteur de l'impulsion ne doit pas dépasser 1 V.
- $L_p$  : inductance primaire mesurée à 1 kHz.
- $R_p$  : résistance de l'enroulement primaire.
- $R_s$  : résistance de(s) l'enroulement(s) secondaire(s).
- $C$  : capacité de couplage entre enroulements.

Type	$m$	$U_{\text{eff}}$ (V)	$U_1$ (kV)	$V.t$ (V $\mu$ s)	$t_r$ ( $\mu$ s)	$L_p$ (mH)	$R_p$ ( $\Omega$ )	$R_s$ ( $\Omega$ )	$C$ (pF)	Boîtier (Fig. 34)	Con- nexion (Fig. 34)	Poids (g)
<b>COURANT DE COMMANDE : 100 mA-250 mA. TEMPS DE MONTÉE : <math>t_r</math> à <math>R_L = 40 \Omega</math></b>												
IT 235	1:1	380	4	300	1,2	3	0,75	0,75	7	5	8	13
IT 237	1:1	380	2,5	1 100	1	25	1,8	2,2	50	5	8	14
IT 238	1:1	1 000	4	300	2,3	3	0,8	0,8	7	5	7	13
IT 239	1:1	1 000	6	350	2,3	3	0,8	0,8	5	5	6	13
IT 255	1:1	750	4	250	1,1	2,2	0,7	0,7	8	3	3	6
IT 233	1:1 :1	380	4	300	1,3	3	0,75	0,75	7	5	9	13
IT 253	1:1 :1	380	3,2	180	1,3	1,1	0,5	0,5	6	3	4	6
IT 248	2:1	380	3,2	350	1,8	17	3	1,5	9	3	3	6
IT 249	2:1 :1	380	3,2	330	3,3	17	2,7	1,3	9	3	4	6
IT 234	3:1 :1	380	4	300	1	17	2	0,6	9	5	9	13
<b>COURANT DE COMMANDE : 25 mA – 100 mA. TEMPS DE MONTÉE : <math>t_r</math> à <math>R_L = 100 \Omega</math></b>												
IT 245	1:1	750	4	500	1,2	8	1,4	1,4	10	3	3	6
IT 243	1:1 :1	380	3,2	250	1	2,5	0,7	0,7	7	3	4	6
IT 246	2:1	750	4	200	0,4	7	1,8	1	7	3	3	6
IT 247	2:1 :1	380	3,2	200	0,7	7	1,8	1	7	3	3	6
IT 244	3:1 :1	380	3,2	200	0,7	15	2,6	0,8	9	3	4	6

Fig. 33 – Caractéristiques techniques des transformateurs d'impulsions.


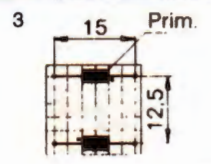
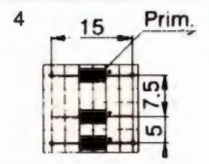
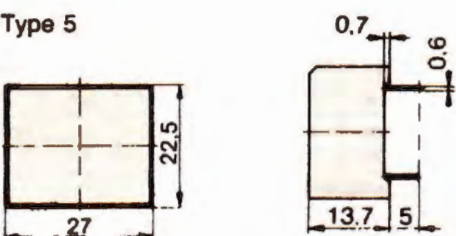
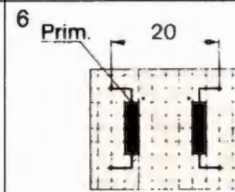
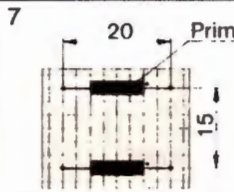
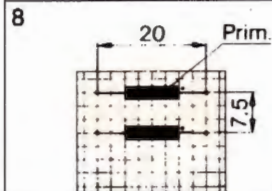
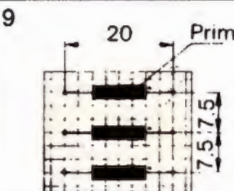
BOÎTIERS (mm)		CONNEXIONS (mm)	
<p>Type 3</p> 			
<p>Type 5</p> 			
			

Fig. 34 – Encombrements et brochage des transformateurs d'impulsions.

# 23.8. CIRCUITS INTÉGRÉS ANALOGIQUES

## 23.8.1. AMPLIFICATEURS OPÉRATIONNELS ET COMPAREURS

Type	Fonctions	Caractéristiques									
		Offset (mV)	Offset	Gain Bande	Polarisation	Alimentation mini (V)	$V_{dd}$ (V)	Réponse	Sortie (mA)	Entrée (V)	
TL 081	AO	5	25 pA	4 MHz	50 pA	± 2 ± 18	± 30	13 V/μs	1	± 15	
LM 358	2 × AO	2	5 nA	1 MHz	45 nA	± 3 ± 16	± 30	200 V/μs	10	± 32	
μA 741	AO	2	20 nA	50 10 <sup>3</sup>	80 nA	± 3 ± 18	± 30	0,5 V/μs	5	± 15	
μA 747	2 × AO	2	20 nA	50 10 <sup>3</sup>	80 nA	± 3 ± 22	± 30	0,5 V/μs	5	± 15	
LM 393	Compareur	1	5 nA	200.10 <sup>3</sup>	25 nA	± 2 ± 18	± 30	300 ns		36	

(Brochages § 23.9.2.).

## 23.8.2. TIMER NE 555

Caractéristiques		
Alimentation ( $V_{cc}$ )	4,5 V mini ; 16 V maxi	Tension de seuil ..... 2/3 de $V_{cc}$
Sortie	200 mA maxi	Courant de seuil ..... 0,2 μA
Temps de réponse	100 ns	RAZ ..... 0,7 V ; 0,1 mA
Précision	1 %	Sortie ( $V_o$ ) ..... 13,3 V ( $V_{cc} = 15 V$ ) ; 3,3 V ( $V_{cc} = 5 V$ )
Tension de déclenchement	1/3 de $V_{cc}$	P. dissipable ..... 500 mW
Courant de déclenchement	0,5 μA	Boîtier ..... DIL (8 broches)

**MONOSTABLE**

$10 \text{ k}\Omega$   
1 nF  
 $V_o$   
OV  
NE 555  
10 nF C  
 $T$

Notes d'application  
 $1 \text{ k}\Omega \leq R \leq 20 \text{ M}\Omega$   
 $T = 1,1 RC$

**ASTABLE (Rapport cyclique variable)**

$R_1 \geq 1 \text{ k}\Omega$   
 $R_2 \geq 1 \text{ k}\Omega$   
 $R_1 + R_2 \leq 20 \text{ M}\Omega$   
 $f = \frac{1,44}{(R_1 + R_2) C}$   
 $\alpha = \frac{t_1}{T} = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$   
NE 555  
 $+ V_{cc}$   
 $V_o$   
 $t_1$   
 $T$

(Brochages § 23.9.2.)

## 23.8.3. DÉCLENCHEUR DE TRIACS OU DE THYRISTORS TCA 785

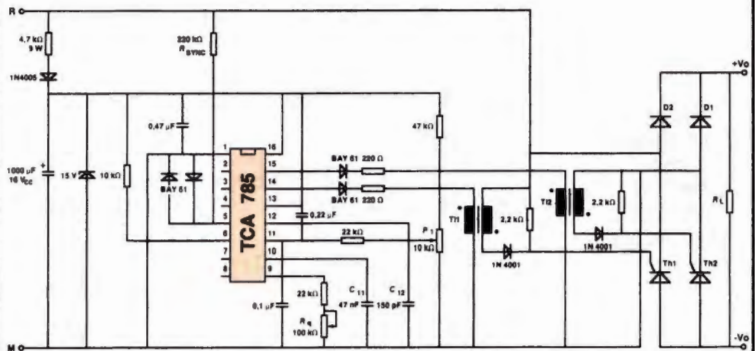
Caractéristiques (maxi)		
Tension d'alimentation ( $V_{16-1}$ )	18 V.	Plage de fonctionnement :
Courant de sortie ( $I_{14}$ et $I_{15}$ )	400 mA.	- Tension d'alimentation ..... 8 à 18 V.
Courant de synchronisation ( $I_5$ )	200 mA.	- Fréquence ..... 10 à 500 Hz.
Courant de sortie broches ( $I_2, I_3, I_4, I_7$ )	10 mA.	- Température ambiante ..... -25 à + 85 °C.
		- Boîtier ..... DIL 16

Note d'application pour le contrôle d'un pont mixte avec 2 transformateurs d'impulsions (Exemple : § 24.3.5.).

Le TCA 785 est un circuit de commande par déphasage du point d'amorçage de 0 à 180°.

Les sorties  $I_{14}$  et  $I_{15}$  donnent des impulsions décalées de 180° (largeur des impulsions : 40 μs) les deux sorties  $I_{14}$  et  $I_{15}$  peuvent être raccordés pour permettre la commande de triacs ou de thyristors montés en tête-bêche.

La tension  $V_{RM}$  peut être de 230 V. 50 Hz pour  $R_{SYNC}$  de 220 kΩ. et  $R_{LM}$  de 4,7 kΩ. 9W.



**23.8.4.  
COMMANDE  
DE  
CHAUFFAGE  
TDA 1023**

Caractéristiques (maxi)		Note : un asservissement de température peut être obtenu en remplaçant $R_1$ par une thermistance
Tension d'alimentation ( $V_{11-13}$ )	16 V	
Courant d'alimentation ( $I_{16}$ )	30 mA	
Impulsion de sortie ( $I_3$ )	400 mA	
Durée de l'impulsion	300 $\mu$ s	
Boîtier	DIL 16	

Note d'application pour la commande de puissance à bande proportionnelle 2 kW 230 V 50 Hz.

$R_1 = 4,7\text{ k}\Omega$   
 $R_2 = 4,7\text{ k}\Omega$   
 $R_p = 47\text{ k}\Omega$   
 $R_D = 5,6\text{ k}\Omega$  (7 W)  
 $R_S = 220\text{ k}\Omega$   
 $R_G = 110\ \Omega$   
 $C_S = 220\ \mu\text{F}$  (16 V)  
 $C_T = 47\ \mu\text{F}$  (25 V)  
 $D_1 = 1\text{ N } 4004$   
VDR = ZnO, 350 V, 1 mA  
Triac = 15 A<sub>eff</sub> 400 V  
Charge = 2 kW (pleine conduction)

**23.9. BROCHAGES DES COMPOSANTS**

**23.9.1.  
BROCHAGES  
DES  
SEMI-  
CONDUCTEURS**

**BOÎTIERS TO 18/39 :**

(Vue de dessous)  
E : émetteur  
B : base  
C : collecteur.

**BOÎTIER TO 220 :**

- Régulateurs série 78 xx  
1 : entrée non régulée  
2 : sortie régulée  
3 : masse reliée au boîtier
- Régulateurs série 79xx  
1 : masse  
2 : sortie régulée  
3 : entrée non régulée reliée au boîtier

**BOÎTIERS TO 3/66 :**

(Vue de dessous)  
— Régulateurs :  
(brochages identiques au boîtier TO 220)  
— Transistors :  
1 : base  
2 : émetteur  
3 : collecteur relié au boîtier

**BOÎTIERS SOD 53/63 :**

LED :  
+ anode  
- cathode

**23.9.2.  
BROCHAGES  
DES  
CIRCUITS  
INTÉGRÉS  
ANALOGIQUES**

**BOÎTIERS SOT/SOD/DIL 6 :**

Photo-transistor

1 : anode  
2 : cathode  
3 : NC  
4 : émetteur  
5 : collecteur  
6 : base

Diode

**BOÎTIERS DIL 8 (NE 555) :**

1 : 0 V  
2 : déclenchement  
3 : sortie  
4 : remise à zéro  
5 : contrôle  
6 : seuil  
7 : décharge  
8 : +  $V_{cc}$

**BOÎTIER DIL 8 (LM 358/393) :**

+V  $S_1$   $e_1^-$   $e_1^+$   
8 7 6 5  
1 2 3 4  
 $S_2$   $e_2^-$   $e_2^+$  -V

A01 : indice 1  
A02 : indice 2  
S : sorties  
e : entrées

**BOÎTIER DIL 8 (TL 081/ $\mu$ A 741) :**

NC +V S Of  
8 7 6 5  
1 2 3 4  
Of e e' -V

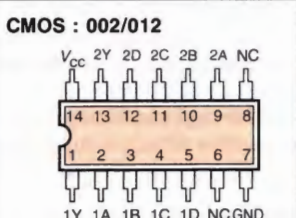
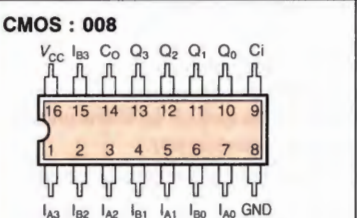
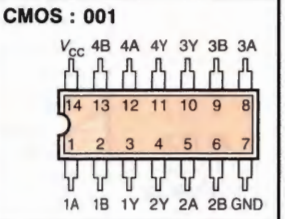
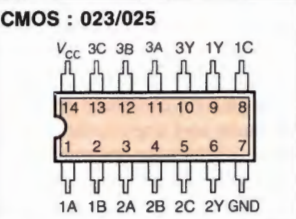
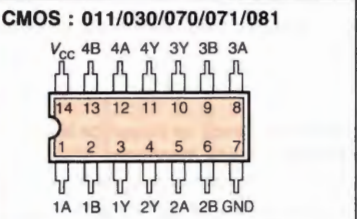
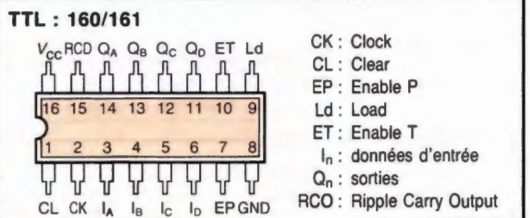
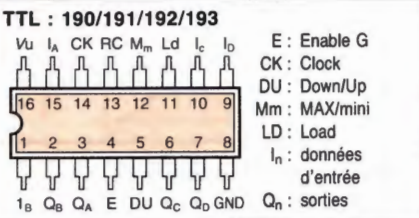
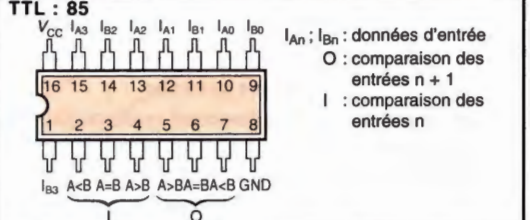
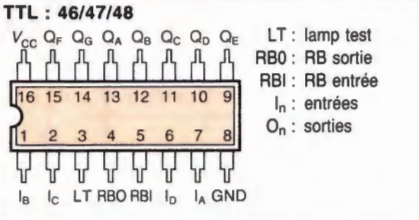
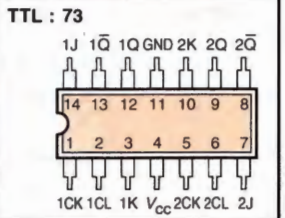
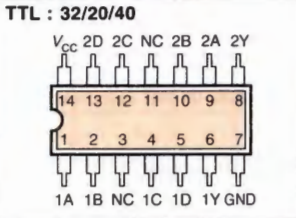
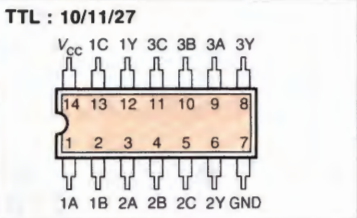
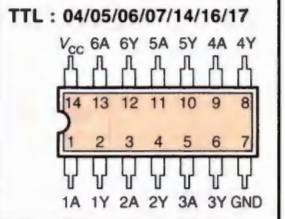
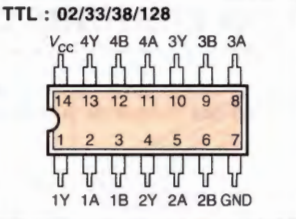
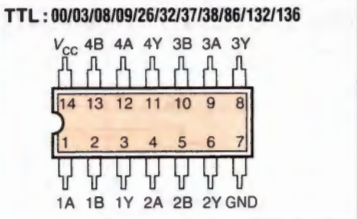
NC : non connectée  
Of : réglage de l'offset  
e : entrées  
e' : entrées  
S : sorties

**BOÎTIER DIL 14 ( $\mu$ A 747) :**

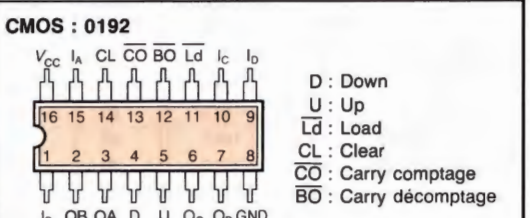
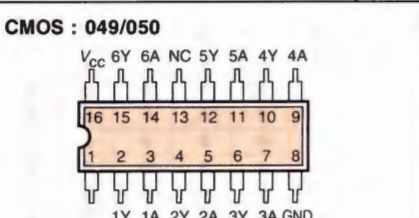
Of<sub>1</sub> +V S<sub>1</sub> NC S<sub>2</sub> +V Of<sub>2</sub>  
14 13 12 11 10 9 8  
1 2 3 4 5 6 7  
 $e_1^-$   $e_1^+$  Of<sub>1</sub> -V Of<sub>2</sub>  $e_2^-$   $e_2^+$

NC : non connectée  
Of : réglage de l'offset  
e : entrées  
S : sorties  
A01 : indice 1  
A02 : indice 2

**23.9.3.  
BROCHAGES  
DES CIRCUITS  
INTÉGRÉS  
LOGIQUES  
TTL ET CMOS**



CK : Clock  
CL : Clear  
NC : non connectée  
I<sub>n</sub>; I<sub>An</sub>; I<sub>Bn</sub>; 1A; 1B... 6A; 6B : entrées  
Q<sub>n</sub>; Q̄<sub>n</sub>; 1Y... 6Y : sorties  
J ; K : entrées (basculeur)  
C : Carry  
Les brochages TTC ; HC MOS et HCT MOS sont identiques.



## 23.10. RÉALISATION PRATIQUE DES CIRCUITS IMPRIMÉS

### 23.10.1. ENTRAXE DE FIXATION DES COMPOSANTS

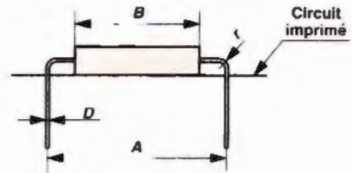
• L'entraxe des connexions, après cambrage, doit correspondre à un pas multiple de la grille normalisée.

• Grille normalisée :  $2,54 \times 2,54$  mm

• Le rayon de courbure des connexions ne doit pas être inférieur à  $1,5 D$  ( $r \geq 1,5 D$ )

$$A = B + 4(1 + D) \text{ en mm.}$$

à arrondir au multiple du pas supérieur.



Cambrage des connexions

A : entrées de fixation

B : longueur du corps

D : diamètre de la connexion

### 23.10.2. PASTILLES ET LARGEURS DE RUBAN

#### CIRCUIT INTÉGRÉ

Diamètre du trou de perçage en mm

Diamètre extérieur de la pastille en mm

0,4

0,6

0,8

1

#### CIRCUIT INTÉGRÉ

●●●●●●●●●●

●●●●●●●●●● (2)

(1) Valeurs courantes

(2) Représentation courante (DIL 16)

RUBANS : (Bandes conductrices)

Largeurs recommandées sous réserve de répondre aux conditions énoncées (§ 23.10.5.)

0,32 (1) ; 0,45 (2) ; 0,6 ; 0,8 (3) ; 1 ; 1,3 ; 1,45 ; 1,6 ; 2 ; 2,5 mm

(1) largeur minimale en classe 3.

(2) largeur minimale en classe 2.

(3) largeur minimale en classe 1.

### 23.10.3. RÈGLES GÉNÉRALES

– Choisir le format de la carte dans les dimensions recommandées (§ 23.10.4.).

– Définir le type de raccordement vers l'extérieur (enfichable, bornier...).

– Disposer les pastilles au pas normalisé de la grille (§ 23.10.1.).

– Réaliser les liaisons les plus courtes possibles (utiliser de préférence des éléments adhésifs).

– Prévoir un nombre limité de perçages différents.

– Prévoir une disposition aérée des composants.

– Ne faire passer qu'une connexion par trou.

– Si les composants sont trop lourds ( $m > 16$  grammes) prévoir un moyen de fixation adéquat (bague, rilsan...) évitant les phénomènes de vibrations ou de résonance.

– Disposer de préférence les composants parallèlement aux bords de la carte.

– Prévoir la possibilité de lire la valeur des composants lorsqu'ils sont montés.

– Fixer les composants sans contraintes au niveau des connexions (§ 23.10.1.).

– **Note** : Concernant la réalisation du masque.

– Éviter les angles aigus (faire des raccordements à angle droit).

– Éviter les trop grosses surfaces de cuivre (difficultés de soudage).

– Éviter de placer deux pastilles trop près l'une de l'autre (prévoir au moins un pas).

– Placer les pastilles dans l'axe du conducteur (bande conductrice).

– Réaliser un ruban de cuivre de 5 mm autour de la carte (à raccorder à la masse).

### 23.10.4. DIMENSIONS DES CARTES ET ASSOCIATIONS RECOMMANDÉES

#### LARGEUR (l)

Nombre de pas

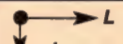
Valeurs nominales en mm

#### LONGUEUR (L)

Nombre de pas

Valeurs nominales en mm

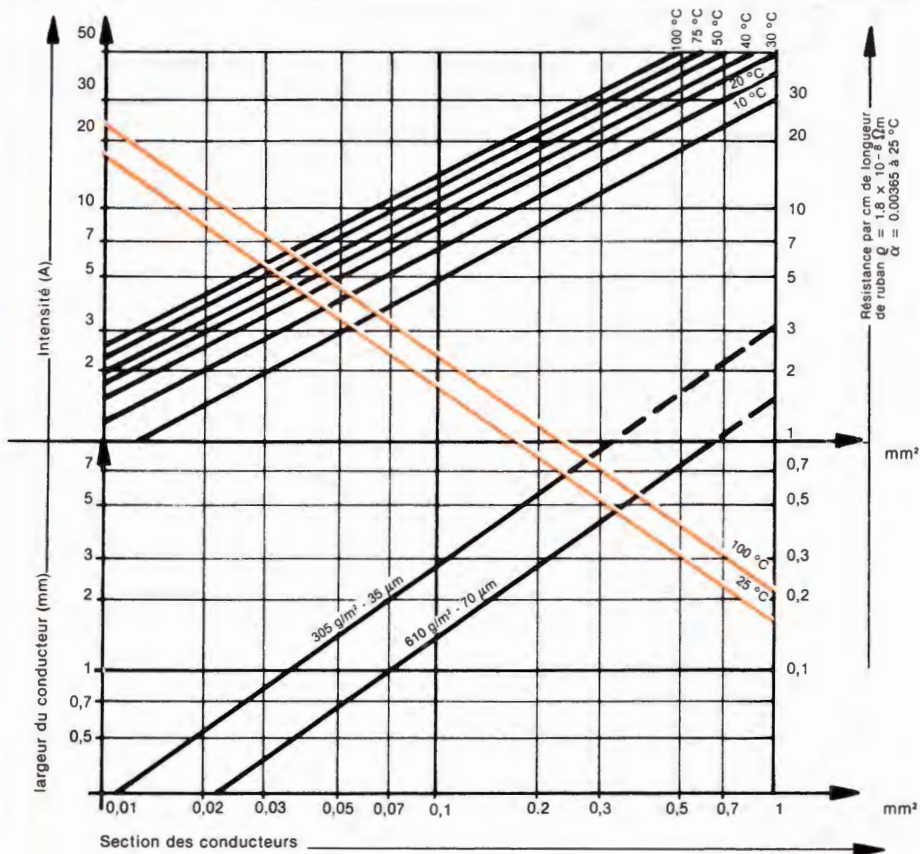
#### ASSOCIATIONS RECOMMANDÉES (Nombre de pas)



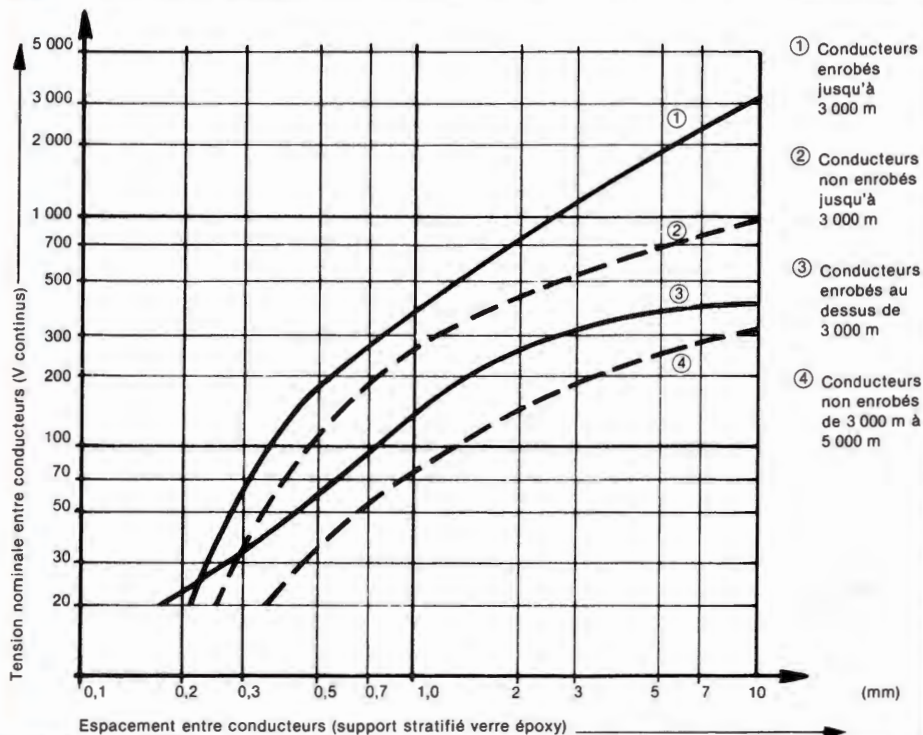
Nombre de pas	Valeurs nominales en mm	Nombre de pas	Valeurs nominales en mm	ASSOCIATIONS RECOMMANDÉES (Nombre de pas)															
				0	30	40	50	60	70	80	90	100							
24	61	30	76,2	●	●	●	●	●											
31	78,7	40	101,6	●	●	●	●	●	●										
38	96,5	50	127	●	●	●	●	●	●	●									
42	106,7	60	152,4	●	●	●	●	●	●	●	●								
45	114,3	70	177,8	●	●	●	●	●	●	●	●	●							
47	119,4	80	203,2	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●						
52	132,1	90	228,6	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●					
59	149,9	100	254	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●				

**23.10.5.**  
ÉLÉVATION DE  
TEMPÉRATURE  
D'UN  
CONDUCTEUR  
EN FONCTION DE  
SA SECTION ET  
DU COURANT

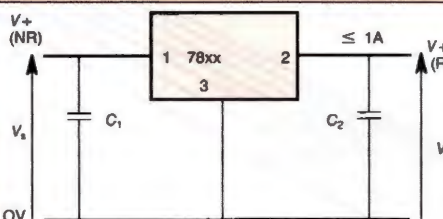
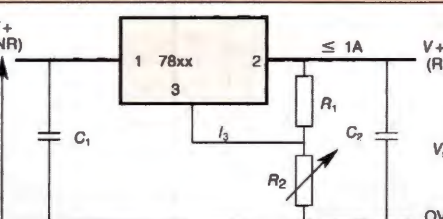
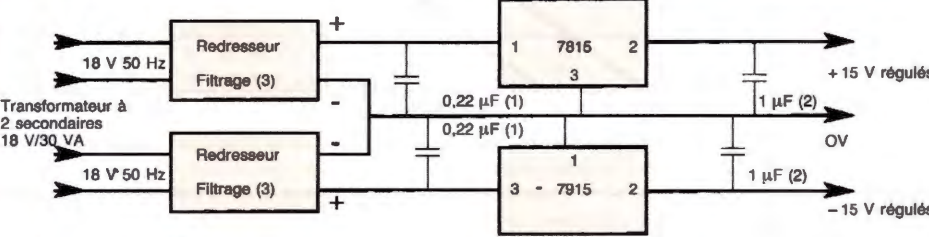
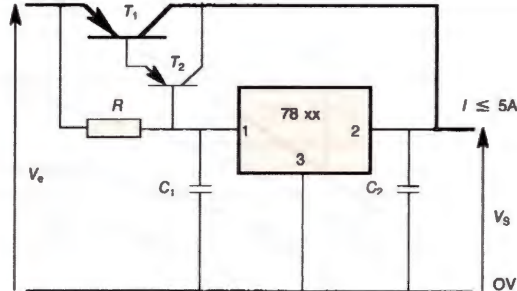
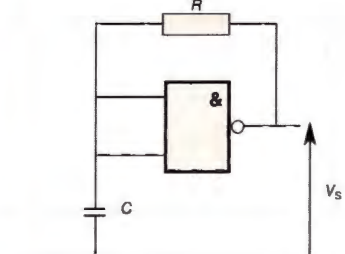
**RÉSISTANCE EN  
FONCTION DE  
LA SECTION DU  
CONDUCTEUR**



**23.10.6.**  
ESPACEMENT  
MINIMAL ENTRE  
CONDUCTEURS  
SUIVANT LA  
TENSION ET  
SUIVANT  
L'ALTITUDE



## 23.11. EXEMPLES DE MONTAGES

	RÉGULATEUR À TENSION DE SORTIE FIXE	RÉGULATEUR À TENSION DE SORTIE AJUSTABLE
<p><b>23.11.1.</b> ALIMENTATION SIMPLE <math>\leq 1</math> A</p>	 <p><math>V_e</math> : tension d'entrée redressée filtrée (Limites de <math>V_e</math> § 23.6.5.) En pratique, on admet que pour obtenir un bon filtrage (ondulation de <math>\pm 15\%</math> de <math>V</math> moyen), il faut <math>1\ 000\ \mu\text{F}/\text{A}</math></p> <p><math>V_s</math> : tension de sortie régulée. (Choisir le régulateur en conséquence)</p> <p><math>C_1</math> : Condensateur RF plastique de <math>0,22\ \mu\text{F}</math></p> <p><math>C_2</math> : Condensateur BF tantale de <math>1\ \mu\text{F}</math> (à placer le plus près possible de la broche 3 <math>\rightarrow</math> 0V)</p> <p>(Choix du radiateur <i>Chapitre 24</i>)</p>	 <p><math>I_3</math> typique : <math>6 \cdot 10^{-3}\ \text{A}</math></p> <p><math>V_e</math> : Tension d'entrée redressée filtrée (Limites de <math>V_e</math> § 23.6.5)</p> <p><math>R_1</math> : à calculer pour limiter le courant dans le pont diviseur de tension à <math>20\ \text{mA}</math> environ (<math>4\ I_3</math>) lorsque <math>R_2 = 0\ \Omega</math></p> <p><math>C_1</math> : Condensateur RF plastique de <math>0,22\ \mu\text{F}</math></p> <p><math>C_2</math> : Condensateur BF tantale sec de <math>1\ \mu\text{F}</math></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> <math display="block">V_s = V_{2,3} \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right) + 6 \cdot 10^{-3} R_2</math> </div>
<p><b>23.11.2.</b> ALIMENTATION DOUBLE 1A <math>\pm 15</math> V FIXE</p>	 <p>(1) Condensateur RF plastique (2) Condensateur BF tantale sec (3) Pont redresseur type C 1 500 + Condensateur électrochimique 1 000 à 1 500 <math>\mu\text{F}</math> (40 V)</p>	
<p><b>23.11.3.</b> ALIMENTATION SIMPLE 5 A</p>	 <p><math>T_1</math> : transistor BDX 18 <math>T_2</math> : transistor 2N 2 905 <math>R</math> : <math>33\ \Omega</math> <math>C_1</math> : condensateur RF plastique de <math>0,22\ \mu\text{F}</math> <math>C_2</math> : condensateur BF tantale sec de <math>1\ \mu\text{F}</math></p>	
<p><b>23.11.4.</b> HORLOGE ASTABLE</p>	 <p>Circuit logique (1/4) 7 400 <math>R = 330\ \Omega</math> (<math>R \leq 470\ \Omega</math>) <math>C = 22\ \text{nF}</math> Fréquence du signal <math>V_s</math> : <math>100\ \text{kHz}</math> environ</p>	

# 24. ÉLECTRONIQUE DE PUISSANCE

## 24.1. ÉLÉMENTS À PRENDRE EN COMPTE POUR CHOISIR ET PROTÉGER LES COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES DE PUISSANCE

CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DE L'UTILISATION	<p><b>Il faut connaître :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– le courant moyen redressé nécessaire à l'utilisation,</li> <li>– la tension moyenne redressée nécessaire aux bornes de l'utilisation,</li> <li>– l'ondulation maximale admise par l'utilisation (dans le cas le plus défavorable, sur charge purement résistive, par exemple).</li> </ul>
ADAPTATION AU RÉSEAU À COURANT ALTERNATIF	<p><b>L'adaptation dépend principalement :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– de la puissance mise en jeu ; on peut admettre en règle générale : <ul style="list-style-type: none"> <li>– redressement monophasé : <math>P \leq 8</math> kW</li> <li>– redressement triphasé simple alternance : <math>8 &lt; P \leq 22</math> kW,</li> <li>– redressement triphasé double alternance <math>22 &lt; P \leq 100</math> kW,</li> <li>– redressement hexaphasé : <math>P \geq 100</math> kW.</li> </ul> </li> <li>– des tensions côté alternatif – côté continu :</li> <li>– choix d'un transformateur adaptant les deux sources.</li> </ul>
CHOIX DES DIODES	<p><b>Le choix se fait à partir des caractéristiques suivantes :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– courant moyen redressé par diode,</li> <li>– tension inverse de crête répétitive,</li> <li>– courant de crête répétitif par diode,</li> <li>– point commun des électrodes (anode ou cathode reliée au boîtier).</li> </ul>

**PROTECTION DES DIODES**      **Protection contre les courts-circuits ; deux cas sont à envisager : (Fig. 1)**

- défaut externe : court-circuit entre A et B ( - - - - - )
- défaut interne : court-circuit, claquage d'une diode ( ——— )

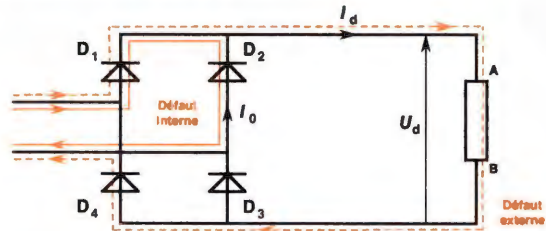


Fig. 1

**Pour choisir le fusible il faut connaître :**

- la position du fusible (en ligne ou en série) avec la diode à protéger,
- la tension de rétablissement,
- la valeur efficace du courant traversant le fusible,
- les contraintes thermiques fusible et semi-conducteur ( $I^2t$  en  $A^2s$ ),

$$I^2t_{\text{fusible}} < I^2t_{\text{semi-conducteur}}$$

- la température ambiante :  $\theta_a$  et le type de refroidissement,
- le nombre de fusibles placés en série avec le court-circuit présumé.

**Protection thermique :** l'échauffement d'un semi-conducteur est limité par le dissipateur sur lequel il est monté.

**Pour choisir un dissipateur il faut connaître :**

- la température ambiante maximale :  $\theta_a$  ou  $t_a$
- la température maximale de la jonction  $t_{vj}$  (donnée par le constructeur),
- la résistance thermique jonction-boîtier :  $R_{th\,jc}$  (donnée par le constructeur),
- la résistance thermique boîtier-radiateur :  $R_{th\,cr}$  (donnée par le constructeur),
- la puissance à dissiper : elle peut se mettre sous la forme :

$P_d$  : puissance à dissiper

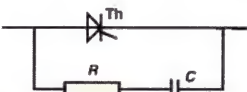
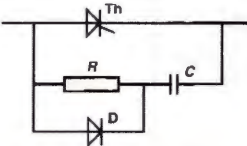
$V_{FM}$  : tension directe de crête

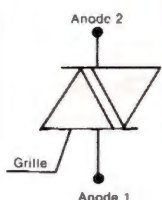
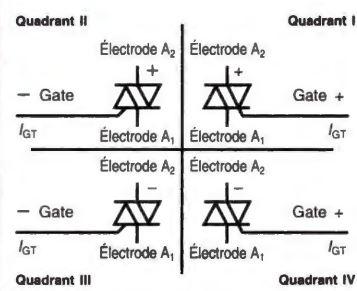
$I_o$  : courant direct moyen dans la diode

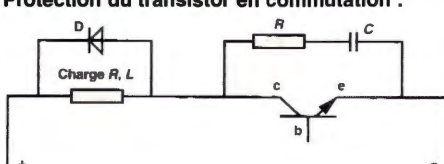
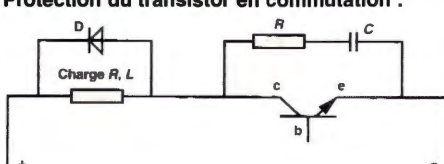
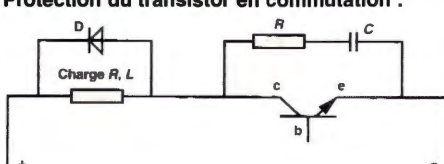
$$P_d = V_{FM} I_o \quad (\S 24.1.5.)$$

24.1.1.  
DIODES  
(REDRESSEMENT  
NON CONTRÔLÉ)

**24.1.2.  
THYRISTORS  
(REDRESSEMENT  
CONTRÔLÉ)**

<p>CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DE L'UTILISATION</p>	<p><b>Il faut connaître :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– le couple courant moyen et tension moyenne redressés nécessaires à l'utilisation (un thyristor ne peut pas commander le courant maximum pour lequel il est prévu sur toute la plage de réglage de l'angle de conduction).</li> </ul> <p>(Choix des thyristors § 24.3.).</p>																				
<p>ADAPTATION AU RÉSEAU</p>	<p>Critères identiques à ceux décrits pour les diodes § 24.1.1.</p>																				
<p>CHOIX DES THYRISTORS</p>	<p><b>Le choix se fait à partir des caractéristiques suivantes :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– courant moyen redressé par thyristor,</li> <li>– tension inverse de crête répétitive (on admet un coefficient de sécurité de 2 à 3),</li> <li>– courant de crête répétitif par thyristor,</li> <li>– courant efficace par thyristor (on admet généralement une charge de 80 %),</li> <li>– courant de gâchette pouvant être fourni par le déclencheur,</li> <li>– point commun des électrodes (anode ou cathode reliée au boîtier).</li> </ul>																				
<p>PROTECTION DES THYRISTORS</p>	<p><b>Protection contre les courts-circuits :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– défaut interne (Fig. 1),</li> <li>– défaut externe (Fig. 1),</li> </ul> <p>Le choix du fusible se fait suivant les mêmes critères que ceux prévus pour la protection des diodes (§ 24.1.1.).</p>																				
	<p><b>Protection thermique par dissipateur :</b></p> <p><b>Pour choisir un dissipateur, il faut connaître :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– la température ambiante maximale : <math>\theta_a</math> ou <math>t_a</math>,</li> <li>– la température maximale de la jonction <math>t_{vj}</math> (donnée par le constructeur),</li> <li>– la température maximale du boîtier : <math>t_{case}</math> (donnée par le constructeur),</li> <li>– la résistance thermique boîtier-radiateur : <math>R_{th cr}</math> (donnée par le constructeur),</li> <li>– la puissance à dissiper ; elle peut se mettre sous la forme :</li> </ul> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;"> <p><math>P_d = V_{TM} I_o</math></p> </div> <p><math>P_d</math> : puissance à dissiper  <math>V_{TM}</math> : tension directe de crête  <math>I_o</math> : courant direct moyen dans le thyristor.</p> <p>(§ 24.1.5.)</p>																				
	<p><b>Protection contre les <math>dV/dt</math> :</b></p> <p>Généralement un circuit RC branché comme indiqué Fig. 2 est suffisant. Pour éviter qu'une croissance trop grande de la tension n'entraîne un amorçage intempestif du thyristor, on peut ajouter une diode (Fig. 3).</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div>																				
	<p><b>Fig. 2 – Protection courante contre les <math>dV/dt</math>. Fig. 3 – Protection améliorée contre les <math>dV/dt</math>.</b></p>																				
	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #f2f2f2;">Calibre en A eff</th> <th style="background-color: #f2f2f2;">R en <math>\Omega</math> (230 V)</th> <th style="background-color: #f2f2f2;">R en <math>\Omega</math> (400 V)</th> <th style="background-color: #f2f2f2;">C en <math>\mu F</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 à 3 A</td> <td>47 <math>\Omega</math> 0,5 W</td> <td>68 <math>\Omega</math> 1 W</td> <td>0,047 <math>\mu F</math></td> </tr> <tr> <td>4 à 16 A</td> <td>33 <math>\Omega</math> 0,5 W</td> <td>56 <math>\Omega</math> 1 W</td> <td>0,1 <math>\mu F</math></td> </tr> <tr> <td>25 à 50 A</td> <td>22 <math>\Omega</math> 0,5 W</td> <td>39 <math>\Omega</math> 1 W</td> <td>0,22 <math>\mu F</math></td> </tr> <tr> <td>63 à 140 A</td> <td>18 <math>\Omega</math> 0,5 W</td> <td>27 <math>\Omega</math> 1 W</td> <td>0,47 <math>\mu F</math></td> </tr> </tbody> </table>	Calibre en A eff	R en $\Omega$ (230 V)	R en $\Omega$ (400 V)	C en $\mu F$	1 à 3 A	47 $\Omega$ 0,5 W	68 $\Omega$ 1 W	0,047 $\mu F$	4 à 16 A	33 $\Omega$ 0,5 W	56 $\Omega$ 1 W	0,1 $\mu F$	25 à 50 A	22 $\Omega$ 0,5 W	39 $\Omega$ 1 W	0,22 $\mu F$	63 à 140 A	18 $\Omega$ 0,5 W	27 $\Omega$ 1 W	0,47 $\mu F$
Calibre en A eff	R en $\Omega$ (230 V)	R en $\Omega$ (400 V)	C en $\mu F$																		
1 à 3 A	47 $\Omega$ 0,5 W	68 $\Omega$ 1 W	0,047 $\mu F$																		
4 à 16 A	33 $\Omega$ 0,5 W	56 $\Omega$ 1 W	0,1 $\mu F$																		
25 à 50 A	22 $\Omega$ 0,5 W	39 $\Omega$ 1 W	0,22 $\mu F$																		
63 à 140 A	18 $\Omega$ 0,5 W	27 $\Omega$ 1 W	0,47 $\mu F$																		
	<p><b>Fig. 4 – Valeurs usuelles pour les protections associées aux thyristors (<math>f = 50</math> Hz).</b></p>																				
	<p><b>Protection contre les <math>di/dt</math> :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– la tenue en <math>di/dt</math> : d'un thyristor dépend principalement de la forme du signal de gâchette et de l'amplitude du signal principal.</li> </ul> <p>Dans la plupart des circuits classiques à commutation naturelle, l'inductance du réseau ou de la charge limite le <math>di/dt</math> à des valeurs faibles (0,4 A/<math>\mu s</math> sous 230 V avec 1 mH). Dans le cas des circuits à commutation forcée, le <math>di/dt</math> peut être limité :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– en amorçant le thyristor par un courant de gâchette important (5 <math>I_{GT}</math> environ) à faible temps de montée (1 <math>\mu s</math> environ). Il faut respecter <math>P_d</math> de la gâchette.</li> <li>– en retardant l'établissement du courant principal à l'aide d'une inductance de façon à respecter la condition de test suivante :</li> </ul> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;"> <p><math>t \geq \frac{I_{TM}}{2 \frac{di}{dt}}</math></p> </div> <p><math>t</math> : temps d'établissement du courant principal en <math>\mu s</math>  <math>I_{TM}</math> : courant de crête en A à l'état passant du thyristor (donné par le constructeur)  <math>di/dt</math> : vitesse critique de croissance du courant en A/<math>\mu s</math> à l'état passant du thyristor (donnée par le constructeur).</p>																				

24.1.3. TRIACS	CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DE L'UTILISATION	<b>Il faut connaître :</b> – la tension de fonctionnement de la charge, – le courant efficace maximum ( $\theta = 360^\circ$ de conduction) absorbé par la charge.																			
		APPLICATIONS TYPIQUES	UTILISATION	CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES	DÉCLENCHEMENT	SUFFIXE DES TYPES															
		Chauffage électrique Gradateur de lumière Variateur de puissance	Standard	Déclenchement quadrants I, II et III spécifiés	Diac, TUJ, TUP transistor, micro-contact.	B															
		Commande de relais, transformateurs moteurs	Industrielle	$dV/dt > 100 V/\mu s$ Déclenchement quadrants I et III spécifiés	Diac, micro-contact, pont redresseur	M															
		Applications professionnelles : contrôle de petites et moyennes puissances	Professionnelle	Grande sensibilité dans les 4 quadrants $I_H$ et $V_{TM}$ faibles	Transistor, circuit intégré, circuit logique	C, D															
	<i>Fig. 5 – Guide de choix des triacs suivant les applications.</i>																				
	ADAPTATION AU RÉSEAU	– Généralement en direct. – Par transformateur en cas d'adaptation de tensions.																			
	DÉFINITION DES QUADRANTS		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Quadrant de déclenchement</th> <th colspan="2">Polarité par rapport à A<sub>1</sub> de A<sub>2</sub> de G</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Q. I</td> <td style="text-align: center;">+</td> <td style="text-align: center;">+</td> </tr> <tr> <td>Q. II</td> <td style="text-align: center;">+</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td>Q. III</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td>Q. IV</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">+</td> </tr> </tbody> </table>	Quadrant de déclenchement	Polarité par rapport à A <sub>1</sub> de A <sub>2</sub> de G		Q. I	+	+	Q. II	+	-	Q. III	-	-	Q. IV	-	+			
	Quadrant de déclenchement	Polarité par rapport à A <sub>1</sub> de A <sub>2</sub> de G																			
	Q. I	+	+																		
Q. II	+	-																			
Q. III	-	-																			
Q. IV	-	+																			
Symbole du triac	Polarités A <sub>2</sub> et G/A <sub>1</sub>																				
<i>Fig. 6 – Commande du triac.</i>																					
CHOIX DES TRIACS	<b>Le choix se fait à partir des caractéristiques suivantes :</b> – courant efficace par triac (on admet généralement 80 % de $I_T (rms)$ ), – tension inverse de crête répétitive (on admet un coefficient de sécurité de 2 à 3), – courant de crête répétitif par triac, – application typique donnant le suffixe du type de triac (Fig. 5), – courant de gâchette suivant le quadrant, – anode isolée ou non du boîtier.																				
PROTECTION DES TRIACS	<b>Protection contre les courts-circuits :</b> – le choix des fusibles se fait suivant les mêmes critères qu'au § 24.1.1.  <b>Protection thermique par dissipateur :</b> – le choix du dissipateur se fait à partir de $P_d$ et de $t_{case}$ données par le constructeur.																				

<b>24.1.4.</b> <b>TRANSISTORS</b>	<p>On utilise les transistors dans les hacheurs de petites et moyennes puissances. Les transistors se prêtent également à la réalisation d'onduleurs autonomes dans les mêmes gammes de puissances que les hacheurs. Ils sont très utilisés dans les alimentations stabilisées. Il est à noter que les thyristors sont également très utilisés en hacheurs et en onduleurs autonomes pour toutes les puissances.</p>		
	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 25%;"><b>CARACTÉRISTIQUES DE L'UTILISATION (Fonctionnement en commutation)</b></td> <td> <p><b>Il faut connaître :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la tension continue maximale sous laquelle la charge peut fonctionner,</li> <li>- le courant continu maximum pouvant être absorbé par la charge,</li> <li>- la fréquence de commutation (souvent quelques kHz)</li> </ul> </td> </tr> </table>	<b>CARACTÉRISTIQUES DE L'UTILISATION (Fonctionnement en commutation)</b>	<p><b>Il faut connaître :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la tension continue maximale sous laquelle la charge peut fonctionner,</li> <li>- le courant continu maximum pouvant être absorbé par la charge,</li> <li>- la fréquence de commutation (souvent quelques kHz)</li> </ul>
	<b>CARACTÉRISTIQUES DE L'UTILISATION (Fonctionnement en commutation)</b>	<p><b>Il faut connaître :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la tension continue maximale sous laquelle la charge peut fonctionner,</li> <li>- le courant continu maximum pouvant être absorbé par la charge,</li> <li>- la fréquence de commutation (souvent quelques kHz)</li> </ul>	
	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 25%;"><b>ADAPTATION AU RÉSEAU</b></td> <td>Elle se fait directement à partir du réseau à courant continu (cas du hacheur).</td> </tr> </table>	<b>ADAPTATION AU RÉSEAU</b>	Elle se fait directement à partir du réseau à courant continu (cas du hacheur).
<b>ADAPTATION AU RÉSEAU</b>	Elle se fait directement à partir du réseau à courant continu (cas du hacheur).		
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 25%;"><b>CHOIX DES TRANSISTORS</b></td> <td> <p><b>Le choix se fait à partir des caractéristiques suivantes :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- courant maximum commuté (état passant),</li> <li>- tension maximale à bloquer (état bloqué),</li> <li>- courant de commande disponible (<math>I_b</math> de saturation),</li> <li>- temps total d'établissement (retard à la commutation),</li> <li>- fréquence de commutation.</li> </ul> </td> </tr> </table>	<b>CHOIX DES TRANSISTORS</b>	<p><b>Le choix se fait à partir des caractéristiques suivantes :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- courant maximum commuté (état passant),</li> <li>- tension maximale à bloquer (état bloqué),</li> <li>- courant de commande disponible (<math>I_b</math> de saturation),</li> <li>- temps total d'établissement (retard à la commutation),</li> <li>- fréquence de commutation.</li> </ul>	
<b>CHOIX DES TRANSISTORS</b>	<p><b>Le choix se fait à partir des caractéristiques suivantes :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- courant maximum commuté (état passant),</li> <li>- tension maximale à bloquer (état bloqué),</li> <li>- courant de commande disponible (<math>I_b</math> de saturation),</li> <li>- temps total d'établissement (retard à la commutation),</li> <li>- fréquence de commutation.</li> </ul>		
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 25%;"><b>PROTECTION DES TRANSISTORS</b></td> <td> <p><b>Protection contre les courts-circuits par fusibles</b></p> <p><b>Protection thermique par dissipateur : le choix du dissipateur se fait à partir :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- de la température ambiante : <math>\theta_a</math> ou <math>t_a</math>,</li> <li>- de la température maximale de jonction : <math>t_{vj}</math> (donnée par le constructeur),</li> <li>- de la résistance thermique jonction-boîtier : <math>R_{th\ jc}</math> (donnée par le constructeur),</li> <li>- du montage sur le dissipateur : résistance thermique boîtier-dissipateur : <math>R_{th\ cr}</math>,</li> <li>- de la puissance maximale dissipable <math>P_{max}</math> (donnée par le constructeur),</li> <li>- de la puissance à dissiper, elle peut se mettre sous la forme :</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> <math display="block">P_d = V_{CES} I_C + V_{BES} I_b</math> </div> <div style="width: 45%;"> <p><math>P_d</math> : puissance à dissiper en W</p> <p><math>I_C</math> : courant collecteur en A</p> <p><math>I_b</math> : courant base en A</p> <p><math>V_{CES}</math> ; <math>V_{BES}</math> : tensions de saturation en V.</p> </div> </div> <p><b>Protection du transistor en commutation :</b></p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>D : diode de roue libre plus rapide que T (protection contre les surtensions)</p> <p>C, r : protection à l'ouverture de T</p> </div> </div> </td> </tr> </table>	<b>PROTECTION DES TRANSISTORS</b>	<p><b>Protection contre les courts-circuits par fusibles</b></p> <p><b>Protection thermique par dissipateur : le choix du dissipateur se fait à partir :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- de la température ambiante : <math>\theta_a</math> ou <math>t_a</math>,</li> <li>- de la température maximale de jonction : <math>t_{vj}</math> (donnée par le constructeur),</li> <li>- de la résistance thermique jonction-boîtier : <math>R_{th\ jc}</math> (donnée par le constructeur),</li> <li>- du montage sur le dissipateur : résistance thermique boîtier-dissipateur : <math>R_{th\ cr}</math>,</li> <li>- de la puissance maximale dissipable <math>P_{max}</math> (donnée par le constructeur),</li> <li>- de la puissance à dissiper, elle peut se mettre sous la forme :</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> <math display="block">P_d = V_{CES} I_C + V_{BES} I_b</math> </div> <div style="width: 45%;"> <p><math>P_d</math> : puissance à dissiper en W</p> <p><math>I_C</math> : courant collecteur en A</p> <p><math>I_b</math> : courant base en A</p> <p><math>V_{CES}</math> ; <math>V_{BES}</math> : tensions de saturation en V.</p> </div> </div> <p><b>Protection du transistor en commutation :</b></p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>D : diode de roue libre plus rapide que T (protection contre les surtensions)</p> <p>C, r : protection à l'ouverture de T</p> </div> </div>	
<b>PROTECTION DES TRANSISTORS</b>	<p><b>Protection contre les courts-circuits par fusibles</b></p> <p><b>Protection thermique par dissipateur : le choix du dissipateur se fait à partir :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- de la température ambiante : <math>\theta_a</math> ou <math>t_a</math>,</li> <li>- de la température maximale de jonction : <math>t_{vj}</math> (donnée par le constructeur),</li> <li>- de la résistance thermique jonction-boîtier : <math>R_{th\ jc}</math> (donnée par le constructeur),</li> <li>- du montage sur le dissipateur : résistance thermique boîtier-dissipateur : <math>R_{th\ cr}</math>,</li> <li>- de la puissance maximale dissipable <math>P_{max}</math> (donnée par le constructeur),</li> <li>- de la puissance à dissiper, elle peut se mettre sous la forme :</li> </ul> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-start;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> <math display="block">P_d = V_{CES} I_C + V_{BES} I_b</math> </div> <div style="width: 45%;"> <p><math>P_d</math> : puissance à dissiper en W</p> <p><math>I_C</math> : courant collecteur en A</p> <p><math>I_b</math> : courant base en A</p> <p><math>V_{CES}</math> ; <math>V_{BES}</math> : tensions de saturation en V.</p> </div> </div> <p><b>Protection du transistor en commutation :</b></p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>D : diode de roue libre plus rapide que T (protection contre les surtensions)</p> <p>C, r : protection à l'ouverture de T</p> </div> </div>		
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 25%;"><b>24.1.5.</b> <b>REMARQUE CONCERNANT LE CALCUL DE LA PUISSANCE À DISSIPER <math>P_d</math></b></td> <td> <p>Les relations permettant de déterminer <math>P_d</math> dans les § 24.1.1. et 24.1.2. sont approximatives. Un calcul plus précis de <math>P_d</math> est parfois nécessaire, les pertes en conduction directe se calculent de la façon suivante :</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 40%;"> <math display="block">P_{cond} = P_d = \frac{1}{T} \int_0^T i_t v_t dt</math> </div> <div style="margin-left: 20px;"> <p><math>i_t</math> : courant traversant le composant</p> <p><math>v_t</math> : tension aux bornes du composant dans le sens passant.</p> </div> </div> <p>Si on connaît les caractéristiques du composant à l'état passant, la relation devient :</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 40%;"> <math display="block">P_d = E_o I_o + R_o I_{eff}^2</math> </div> <div style="margin-left: 20px;"> <p><math>P_d</math> : puissance à dissiper en W</p> <p><math>E_o</math> : seuil de conduction (ordre du volt)</p> <p><math>R_o</math> : résistance dynamique (ordre de quelques mΩ)</p> <p><math>I_o</math> : valeur du courant moyen en A</p> <p><math>I_{eff}</math> : valeur du courant efficace en A</p> </div> </div> <p><math>E_o</math> et <math>R_o</math> donnés par le constructeur</p> <p><math>I_o</math> et <math>I_{eff}</math> à calculer</p> <p>Dans le cas du triac, <math>P_d</math> se détermine à partir des courbes constructeur ; on peut admettre en première approximation la relation suivante :</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 40%;"> <math display="block">P_d = V_{TM} I_o</math> </div> <div style="margin-left: 20px;"> <p><math>V_{TM}</math> : tension directe de crête à l'état passant</p> <p><math>I_o</math> : courant moyen sur une alternance à l'état passant</p> </div> </div> </td> </tr> </table>	<b>24.1.5.</b> <b>REMARQUE CONCERNANT LE CALCUL DE LA PUISSANCE À DISSIPER <math>P_d</math></b>	<p>Les relations permettant de déterminer <math>P_d</math> dans les § 24.1.1. et 24.1.2. sont approximatives. Un calcul plus précis de <math>P_d</math> est parfois nécessaire, les pertes en conduction directe se calculent de la façon suivante :</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 40%;"> <math display="block">P_{cond} = P_d = \frac{1}{T} \int_0^T i_t v_t dt</math> </div> <div style="margin-left: 20px;"> <p><math>i_t</math> : courant traversant le composant</p> <p><math>v_t</math> : tension aux bornes du composant dans le sens passant.</p> </div> </div> <p>Si on connaît les caractéristiques du composant à l'état passant, la relation devient :</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 40%;"> <math display="block">P_d = E_o I_o + R_o I_{eff}^2</math> </div> <div style="margin-left: 20px;"> <p><math>P_d</math> : puissance à dissiper en W</p> <p><math>E_o</math> : seuil de conduction (ordre du volt)</p> <p><math>R_o</math> : résistance dynamique (ordre de quelques mΩ)</p> <p><math>I_o</math> : valeur du courant moyen en A</p> <p><math>I_{eff}</math> : valeur du courant efficace en A</p> </div> </div> <p><math>E_o</math> et <math>R_o</math> donnés par le constructeur</p> <p><math>I_o</math> et <math>I_{eff}</math> à calculer</p> <p>Dans le cas du triac, <math>P_d</math> se détermine à partir des courbes constructeur ; on peut admettre en première approximation la relation suivante :</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 40%;"> <math display="block">P_d = V_{TM} I_o</math> </div> <div style="margin-left: 20px;"> <p><math>V_{TM}</math> : tension directe de crête à l'état passant</p> <p><math>I_o</math> : courant moyen sur une alternance à l'état passant</p> </div> </div>	
<b>24.1.5.</b> <b>REMARQUE CONCERNANT LE CALCUL DE LA PUISSANCE À DISSIPER <math>P_d</math></b>	<p>Les relations permettant de déterminer <math>P_d</math> dans les § 24.1.1. et 24.1.2. sont approximatives. Un calcul plus précis de <math>P_d</math> est parfois nécessaire, les pertes en conduction directe se calculent de la façon suivante :</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 40%;"> <math display="block">P_{cond} = P_d = \frac{1}{T} \int_0^T i_t v_t dt</math> </div> <div style="margin-left: 20px;"> <p><math>i_t</math> : courant traversant le composant</p> <p><math>v_t</math> : tension aux bornes du composant dans le sens passant.</p> </div> </div> <p>Si on connaît les caractéristiques du composant à l'état passant, la relation devient :</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 40%;"> <math display="block">P_d = E_o I_o + R_o I_{eff}^2</math> </div> <div style="margin-left: 20px;"> <p><math>P_d</math> : puissance à dissiper en W</p> <p><math>E_o</math> : seuil de conduction (ordre du volt)</p> <p><math>R_o</math> : résistance dynamique (ordre de quelques mΩ)</p> <p><math>I_o</math> : valeur du courant moyen en A</p> <p><math>I_{eff}</math> : valeur du courant efficace en A</p> </div> </div> <p><math>E_o</math> et <math>R_o</math> donnés par le constructeur</p> <p><math>I_o</math> et <math>I_{eff}</math> à calculer</p> <p>Dans le cas du triac, <math>P_d</math> se détermine à partir des courbes constructeur ; on peut admettre en première approximation la relation suivante :</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 40%;"> <math display="block">P_d = V_{TM} I_o</math> </div> <div style="margin-left: 20px;"> <p><math>V_{TM}</math> : tension directe de crête à l'état passant</p> <p><math>I_o</math> : courant moyen sur une alternance à l'état passant</p> </div> </div>		

## 24.2. CHOIX DES DIODES

### 24.2.1. TABLEAU DE CORRESPONDANCE COURANT/TENSION (APPLICABLE AU REDRESSEMENT)

SCHÉMAS									
		1	2	3	4	5	6	7	8
<b>TENSIONS</b> <b>COURANTS</b> (Charge résistive)	Tension inverse de crête appliquée aux diodes	$\frac{V_{FRM}}{V_d}$	3,14	3,14	1,57	2,10	1,05	2,10	2,42
	Tension efficace d'alimentation (Secondaire transformateur)	$\frac{V_{vo}}{V_d}$	2,22	2,22	1,11	1,48	0,74	1,28	1,48
	Tension efficace d'alimentation entre phase et neutre	$\frac{V_a}{V_d}$	-	1,11	-	0,855	0,427	0,74	0,855
	Tension efficace d'alimentation entre phases opposées	-	-	2,22	-	-	-	1,48	-
	Valeur efficace de la tension redressée	$\frac{V_d(\text{eff})}{V_d}$	1,57	1,11	1,11	1,017	1,001	1,001	1,001
	Chute de tension dans les diodes ramenée côté alternatif	$\Delta U$	$\approx 1,2$	$\approx 1,2$	$\approx 2,4$	$\approx 2,08$	$\approx 2,4$	$\approx 2,08$	$\approx 2,08$
	Taux ondulation $\beta$	$\sqrt{F^2 - 1}$	121 %	48 %	48 %	18,3 %	4,2 %	4,2 %	4,2 %
	Courant moyen redressé par diode	$\frac{I_d}{I_d}$	1	0,5	0,5	0,333	0,333	0,166	0,166
	Courant efficace par diode	$\frac{I_1}{I_d}$	1,57	0,786	0,786	0,577	0,577	0,408	0,29
	Courant efficace en ligne	$\frac{I_2}{I_d}$	1,57	0,786	1,11	0,577	0,816	0,408	0,29
	Valeur efficace du courant redressé	$\frac{I_d(\text{eff})}{I_d}$	1,57	1,11	1,11	1,017	1,001	1,001	1,001
	Courant de crête répétitif par diode	$\frac{I_{FRM}}{I_d}$	3,14	1,57	1,57	1,21	1,05	1,05	0,6
	Puissance apparente au secondaire du transformateur en VA	$P_s$	$3,49 I_d V_d$	$1,75 I_d V_d$	$1,23 I_d V_d$	$1,48 I_d V_d$	$1,05 I_d V_d$	$1,81 I_d V_d$	$1,48 I_d V_d$
	Puissance apparente au primaire du transformateur en VA	$P_p$	$3,49 I_d V_d$	$1,23 I_d V_d$	$1,23 I_d V_d$	$1,23 I_d V_d$	$1,05 I_d V_d$	$1,28 I_d V_d$	$1,05 I_d V_d$
	Puissance moyenne du transformateur en VA ( $P_t$ )	$\frac{P_s + P_p}{2}$	$3,49 I_d V_d$	$1,49 I_d V_d$	$1,23 I_d V_d$	$1,35 I_d V_d$	$1,05 I_d V_d$	$1,55 I_d V_d$	$1,265 I_d V_d$
Fréquence ondulation / Fréquence alimentation	$\frac{f_r}{f_i}$	1	2	2	3	6	6	6	

Puissance (§ 24.1.1.)

Petites puissances

Puissances moyennes

Grandes puissances

Le tableau ci-dessus donne les différents coefficients par rapport :  
 - à la valeur moyenne de la tension redressée aux bornes de la charge  $V_d$   
 - à la valeur moyenne du courant redressé dans la charge  $I_d$ .  
 Définition des différentes grandeurs § 24.2.2.

**24.2.2.  
DÉFINITION DES  
GRANDEURS  
CARACTÉRISANT  
UNE DIODE DE  
REDRESSEMENT**

**Courants :**

$I_F$  : courant direct continu  
 $I_o$  : courant direct moyen  
 $I_R$  : courant inverse continu  
 $I_{FRM}$  : courant direct de pointe répétitif  
 $I_{FSM}$  : courant direct de pointe non répétitif de sur-charge accidentelle  
 $I_{FM}$  : courant direct de crête

**Tensions**

$V_F$  : tension directe continue  
 $V_{FM}$  : tension directe de crête  
 $V_{RRM}$  : tension inverse de crête répétitive  
 $V_{RWM}$  : tension maximale d'utilisation en régime inverse.  
 $V_{RSM}$  : tension inverse de pointe non répétitive  
 $V_R$  : tension inverse continue

**Autres caractéristiques :**

$t_{case}$  : température du boîtier maxi  
 $t_{vj}$  : température maximale de la jonction

$I^2t$  : contrainte thermique  
 $t_{rr}$  : temps de recouvrement inverse.

**24.2.3.  
CHOIX DES  
DIODES  
(FICHES  
TECHNIQUES)**

TYPES	$I_F$ (A)	$I_o$ (A)	$V_{RWM}$ - $V_{RRM}$ $V_R$ (V)	$I_{FRM}$ (A)	$I_{FSM}$ 10 ms (A)	$V_{FM}$ @ $I_{FM}$ (V)	$I_R$ (mA)	Boîtier Case
<b>1 A</b> / $t_{amb} = 150^\circ C$ $t_{vj} = 175^\circ C$ $I^2t = 100 A^2s$						$I_F = 1 A$	$t_{vj} = 150^\circ C$	
1N 4001 1N 4002 1N 4004 1N 4007	1	1	50 100 400 1 000	5	10	1,1	0,05	DO 4
<b>3 A</b> / $t_{amb} = 150^\circ C$ $t_{vj} = 175^\circ C$ $I^2t = 200 A^2s$						$I_{FM} = 10A$	$t_{vj} = 150^\circ C$	
1N 1581, (R) 1N 1582, (R) 1N 1583, (R) 1N 1584, (R) 1N 1585, (R) 1N 1586, (R) 1N 1587, (R)	3,2	3	50 100 200 300 400 500 600	15	200	1,2	0,5	DO 4
<b>6 A</b> / $t_{case} = 150^\circ C$ $t_{vj} = 175^\circ C$ $I^2t = 200 A^2s$						$I_{FM} = 20A$	$t_{vj} = 150^\circ C$	
1N 1341 B, (R) 1N 1342 B, (R) 1N 1344 B, (R) 1N 1345 B, (R) 1N 1346 B, (R) 1N 1347 B, (R) 1N 1348 B, (R) 1N 3988 , (R) 1N 3990 , (R)	7	6	50 100 200 300 400 500 600 800 1 000	30	200	1,2	0,5	DO 4
<b>12 A</b> / $t_{case} = 125^\circ C$ $t_{vj} = 150^\circ C$ $I^2t = 260 A^2s$						$I_{FM} = 35A$	$t_{vj} = 125^\circ C$	
G, P 510, (R) G, P 1010, (R)/FR 55A G, P 2010, (R)/FR 56A G, P 3010, (R) G, P 4010, (R)/FR 57A G, P 5010, (R) G, P 6010, (R)/FR 58A G, P 8010, (R)/FR 59 G, P 1110, (R)/FR 61 G, P 1210, (R)	14	12	50 100 200 300 400 500 600 800 1 000 1 200	45	230	1,2	3	DO 4 (G) S95 a (P)
<b>20 A</b> / $t_{case} = 150^\circ C$ $t_{vj} = 175^\circ C$ $I^2t = 1 000 A^2s$						$I_{FM} = 70A$	$t_{vj} = 150^\circ C$	
1N 248 B, (R) 1N 249 B, (R) 1N 250 B, (R) 1N 1195 A, (R) 1N 1196 A, (R) 1N 1197 A, (R) 1N 1198 A, (R) RN 820, (R) RN 1120, (R) RN 1220, (R) RN 1520, (R)	24	20	50 100 200 300 400 500 600 800 1 000 1 200 1 500	90	450	1,5	5	DO 5
<b>40 A</b> / $t_{case} = 140^\circ C$ $t_{vj} = 175^\circ C$ $I^2t = 2 500 A^2s$						$I_{FM} = 110A$	$t_{vj} = 150^\circ C$	
1N 1183, (R) - 1N 1183 T, (R) 1N 1184, (R) - 1N 1184 T, (R) 1N 1186, (R) - 1N 1186 T, (R) 1N 1187, (R) - 1N 1187 T, (R) 1N 1188, (R) - 1N 1188 T, (R) 1N 1189, (R) - 1N 1189 T, (R) 1N 1190, (R) - 1N 1190 T, (R) 1N 3766, (R) - 1N 3766 T, (R) 1N 3768, (R) - 1N 3768 T, (R)	48	40	50 100 200 300 400 500 600 800 1 000	200	700	1,5	5	DO 5 T, DO 5 tresse
<b>60 A</b> / $t_{case} = 100^\circ C$ $t_{vj} = 150^\circ C$ $I^2t = 5 000 A^2s$						$I_{FM} = 180A$	$t_{vj} = 150^\circ C$	
RG 602, (R) - RG 602 T, (R) RG 604, (R) - RG 604 T, (R) RG 606, (R) - RG 606 T, (R) RG 608, (R) - RG 608 T, (R) RG 610, (R) - RG 610 T, (R) RG 612, (R) - RG 612 T, (R)	70	60	200 400 600 800 1 000 1 200	200	1 000	1,6	200	RG T, RG tresse

Suffixe R : anode au boîtier.

**CHOIX DES DIODES**

TYPES	$f$ (A)	$I_0$ (A)	$V_{RWM} - V_{RRM} - V_R$ (V)	$f_{FRM}$ (A)	$t_{FRM}$ 10 ms (A)	$V_{FM} @ f_{FM}$ (V)	$I_H$ (mA)	Boîtier Case
<b>100 A /</b>	$t_{case} = 100\text{ }^\circ\text{C}$		$t_{vj} = 150\text{ }^\circ\text{C}$	$I^2t = 11\ 250\ \text{A}^2\text{s}$		$I_{FM} = 300\ \text{A}$	$t_{vj} = 150\text{ }^\circ\text{C}$	
KU 1002, (R) KU 1004, (R) KU 1006, (R) KU 1008, (R) KU 1010, (R) KU 1012, (R) KU 1014, (R)	125	100	200 400 600 800 1 000 1 200 1 400	400	1 500	1,4	20	F 62 m
<b>150 A /</b>	$t_{case} = 100\text{ }^\circ\text{C}$		$t_{vj} = 150\text{ }^\circ\text{C}$	$I^2t = 31\ 250\ \text{A}^2\text{s}$		$I_{FM} = 450\ \text{A}$	$t_{vj} = 150\text{ }^\circ\text{C}$	
KU 1502, (R) KU 1504, (R) KU 1506, (R) KU 1508, (R) KU 1510, (R) KU 1512, (R) KU 1514, (R)	180	150	200 400 600 800 1 000 1 200 1 400	600	2 500	1,4	20	F 62 m
<b>200 A /</b>	$t_{case} = 110\text{ }^\circ\text{C}$		$t_{vj} = 175\text{ }^\circ\text{C}$	$I^2t = 80\ 000\ \text{A}^2\text{s}$		$I_{FM} = 600\ \text{A}$	$t_{vj} = 175\text{ }^\circ\text{C}$	
SV 2002, (R) SV 2004, (R) SV 2006, (R) SV 2008, (R) SV 2010, (R) SV 2012, (R) SV 2014, (R) SV 2016, (R) SV 2018, (R) SV 2020, (R)	250	200	200 400 600 800 1 000 1 200 1 400 1 600 1 800 2 000	800	4 000	1,4	20	DO8
<b>300 A /</b>	$t_{case} = 110\text{ }^\circ\text{C}$		$t_{vj} = 175\text{ }^\circ\text{C}$	$I^2t = 180\ 000\ \text{A}^2\text{s}$		$I_{FM} = 1\ 000\ \text{A}$	$t_{vj} = 175\text{ }^\circ\text{C}$	
TV 3002, (R) TV 3004, (R) TV 3006, (R) TV 3008, (R) TV 3010, (R) TV 3012, (R) TV 3014, (R) TV 3016, (R) TV 3018, (R) TV 3020, (R)	380	300	200 400 600 800 1 000 1 200 1 400 1 600 1 800 2 000	1 200	6 000	1,4	30	DO 9

Suffixe R : anode au boîtier. (Exemples § 24.3.5. et 24.9.1.).

**24.3. CHOIX DES THYRISTORS**

(D'après THOMSON)

**24.3.1. PUISSANCE MOYENNE DISSIPÉE À L'ÉTAT PASSANT**

UTILISATION DES ABAQUES (Fig. 7)

- Calculer la puissance maximale pouvant être dissipée par le composant ( $\theta = 180^\circ$ ) :  $P_d = V_{TM} I_0$
- Graduer l'axe des ordonnées en W.
- Graduer l'axe des abscisses en A pour :  $I_0$  : courant moyen maximum direct pour  $\theta = 180^\circ$
- Suivant  $\theta$  lire :  $P_d$  pour un  $I_0$  donné ou  $I_0$  pour une  $P_d$  donnée.

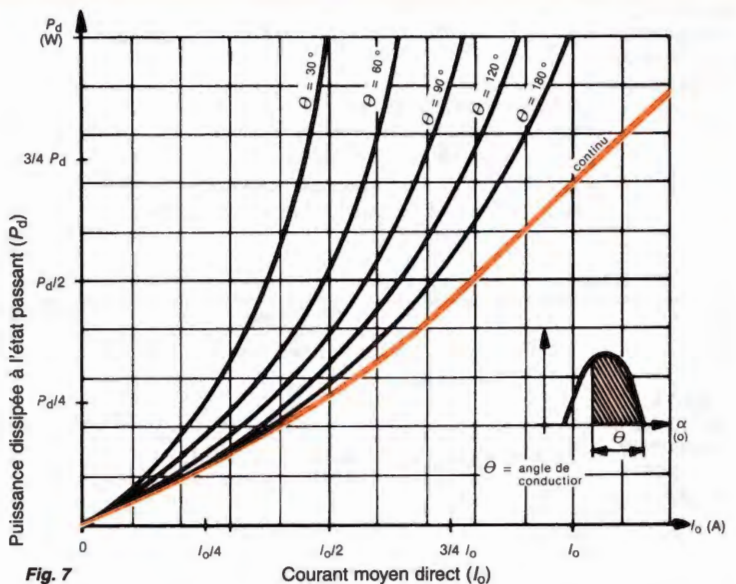


Fig. 7

**24.3.2. TEMPÉRATURE MAXIMALE ADMISSIBLE PAR LE BOÎTIER**

**UTILISATION DES ABAQUES (Fig. 8)**

- Pour  $I_o$  ( $\theta = 180^\circ$ ) le constructeur donne  $t_{case}$  maxi : (60, 75, 80, 85, 90 °C)
- Pour  $t_{case}$  : graduer l'axe correspondant des abscisses en A pour  $I_o =$  courant moyen maximum direct pour  $\theta = 180^\circ$
- Suivant  $\theta$  lire pour un  $I_o$  donné la température du boîtier  $t_{case}$  ou, pour un  $t_{case}$  donné, lire le courant moyen direct  $I_o$ .

Ces abaques sont nécessaires pour le choix des radiateurs.

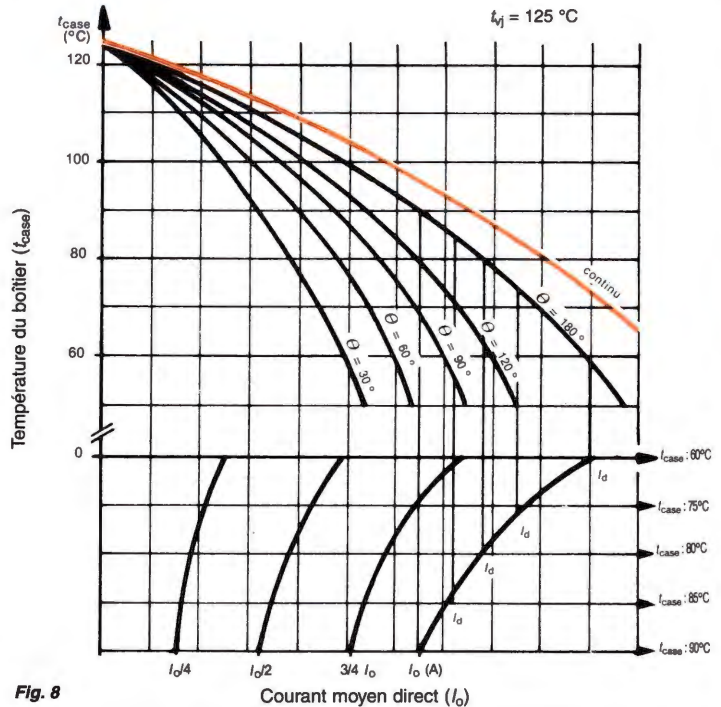


Fig. 8

Ces courbes ne sont données qu'à titre indicatif.

**24.3.3. DÉFINITION DES GRANDEURS CARACTÉRISANT UN THYRISTOR**

**Courants :**

- $I_o$  ( $I_T$  (AV)) : courant direct moyen ( $\theta = 180^\circ$ )
- $I_T$  : courant direct continu
- $I_T$  (rms) : courant efficace direct ( $\theta = 180^\circ$ )
- $I_{TSM}$  : courant direct de pointe non répétitif de surcharge accidentelle
- $I_{TM}$  : courant direct de crête
- $I_{RM}$  : courant inverse de crête
- $I_H$  : courant continu hypostatique (maintien)
- $I_{GT}$  : courant continu d'amorçage par la gâchette

**Autres caractéristiques :**

- $t_{case}$  : température du boîtier ( $\theta = 180^\circ$ )
- $t_{vj}$  : température virtuelle de jonction
- $t_{gt}$  : temps d'amorçage par la gâchette
- $R_{GK}$  : résistance externe à placer entre gâchette et cathode

**Tensions**

- $V_T$  : tension directe continue
- $V_{TM}$  : tension directe de crête
- $V_{RSM}$  : tension inverse de pointe non répétitive
- $V_{RRM}$  : tension inverse de crête répétitive
- $V_{DRM}$  : tension maximale d'utilisation à l'état bloqué
- $V_{GT}$  : tension continue d'amorçage par la gâchette

$t_q$  : temps de désamorçage par commutation du circuit

$dV/dt$  : vitesse critique de croissance de la tension à l'état bloqué

$I^2t$  : contrainte thermique

$dI/dt$  : vitesse critique de croissance du courant à l'état passant

**24.3.4. CHOIX DES THYRISTORS (FICHES TECHNIQUES)**

TYPES	Valeurs limites			Caractéristiques électriques $t_{amb} = 25^\circ C$						Boîtier Case
	$I_o$ (A)	$V_{DRM}$ - $V_{RRM}$ (V)	$I_{TSM}$ 10 ms (A)	$V_{GT}$ (V)	$I_{GT}$ (mA)	$V_{TM}$ (V)	$I_{RM}$ @ $V_{DRM}$ = $V_{RRM}$ (mA)	$dV/dt$ @ 60 % $V_{DRM}$ (V/ $\mu$ s)	$dI/dt$ (A/ $\mu$ s)	
<b>1,6 A eff (rms) / <math>t_{case} = 80^\circ C</math> <math>t_{vj} = 125^\circ C</math></b>										
2N 1595	1	50	15	1,5 ▲	10 ▲	2 ▲	1 ▲	100 •	50 ▲	TO 39
2N 1596		100								
2N 1597		200								
2N 1598		300								
2N 1599		400								
TD 5		500								
TD 6	600									

TYPES	Valeurs limites			Caractéristiques électriques $t_{amb} = 25^{\circ}\text{C}$						Boîtier Case
	$I_0$ (A)	$V_{DRM}$ - $V_{RRM}$ (V)	$I_{RSM}$ 10 ms (A)	$V_{GT}$ (V)	$I_{GT}$ (mA)	$V_{TM}$ (V)	$I_{RM}$ @ $V_{DRM}$ = $V_{RRM}$ (mA)	$dV/dt$ @ 60 % $V_{DRM}$ (V/ $\mu\text{s}$ )	$dI/dt$ (A/ $\mu\text{s}$ )	
<b>3 A eff (rms) / <math>t_{case} = 85^{\circ}\text{C}</math> <math>t_{vj} = 125^{\circ}\text{C}</math></b>						$I_{TM} = 6\text{ A}$	$R_{GK} = 1\text{ k}\Omega$ $t_{vj} = 125^{\circ}\text{C}$	$t_{vj} = 125^{\circ}\text{C}$		
BRY 54-100 T BRY 54-200 T BRY 54-400 T BRY 54-600 T	2	100 200 400 600	50	1,5 ▲	10 ▲	2 ▲	1 ▲	100 •	200 ▲	TO 39
<b>7,4 A eff (rms) / <math>t_{case} = 90^{\circ}\text{C}</math> <math>t_{vj} = 125^{\circ}\text{C}</math> <math>I^2t = 32\text{ A}^2\text{s}</math></b>						$I_{TM} = 15\text{ A}$	$t_{vj} = 125^{\circ}\text{C}$	$t_{vj} = 125^{\circ}\text{C}$		
2N 1770 2N 1771 2N 1772 2N 1773 2N 1774 2N 1775 2N 1776 2N 1777 2N 1778 2N 2619	4,7	25 50 100 150 200 250 300 400 500 600	80	2 ▲	15 ▲	1,85 ▲	2 ▲	20 ◆	50 ▲	TO 64
<b>16 A eff (rms) / <math>t_{case} = 75^{\circ}\text{C}</math> <math>t_{vj} = 125^{\circ}\text{C}</math> <math>I^2t = 112\text{ A}^2\text{s}</math></b>						$I_{TM} = 30\text{ A}$	$t_{vj} = 125^{\circ}\text{C}$	$t_{vj} = 125^{\circ}\text{C}$		
2N 1843 A 2N 1844 A 2N 1846 A 2N 1848 A 2N 1849 A 2N 1850 A TR 6010 TR 7010 TR 8010 TR 9010 TR 1010 TR 1110 TR 1210	10	50 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1 000 1 100 1 200	150	3 ▲	80 ▲	2,2 ▲	5 ▲	100 ◆	100 ▲	TO 48
<b>25 A eff (rms) / <math>t_{case} = 75^{\circ}\text{C}</math> <math>t_{vj} = 125^{\circ}\text{C}</math> <math>I^2t = 200\text{ A}^2\text{s}</math></b>						$I_{TM} = 50\text{ A}$	$t_{vj} = 125^{\circ}\text{C}$	$t_{vj} = 125^{\circ}\text{C}$		
BTW 39 - 50 BTW 39 - 100 BTW 39 - 200 BTW 39 - 300 BTW 39 - 400 BTW 39 - 500 BTW 39 - 600 BTW 39 - 700 BTW 39 - 800 BTW 39 - 900 BTW 39 - 1 000 BTW 39 - 1 100 BTW 39 - 1 200	16	50 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1 000 1 100 1 200	200	3 ▲	80 ▲	2,2 ▲	5 ▲	200 ◆	100 ▲	TO 48
<b>35 A eff (rms) / <math>t_{case} = 60^{\circ}\text{C}</math> <math>t_{vj} = 125^{\circ}\text{C}</math> <math>I^2t = 545\text{ A}^2\text{s}</math></b>						$I_{TM} = 70\text{ A}$	$t_{vj} = 125^{\circ}\text{C}$	$t_{vj} = 125^{\circ}\text{C}$		
TS 135 TS 235 TS 435 TS 635 TS 835 TS 1035 TS 1235	22,5	100 200 400 600 800 1 000 1 200	330	3 ▲	80 ▲	2,2 ▲	3,3 ▲	100 ◆	100 ▲	TO 48
<b>50 A eff (rms) / <math>t_{case} = 85^{\circ}\text{C}</math> <math>t_{vj} = 125^{\circ}\text{C}</math> <math>I^2t = 1\,250\text{ A}^2\text{s}</math></b>						$I_{TM} = 100\text{ A}$	$t_{vj} = 125^{\circ}\text{C}$	$t_{vj} = 125^{\circ}\text{C}$		
BTW 48 - 200 BTW 48 - 400 BTW 48 - 600 BTW 48 - 800 BTW 48 - 1 200	32	200 400 600 800 1 200	500	3 ▲	60 ▲	1,8 ▲	5 ▲	200 ◆	100 ▲	TO 48
<b>63 A eff (rms) / <math>t_{case} = 105^{\circ}\text{C}</math> <math>t_{vj} = 125^{\circ}\text{C}</math> <math>I^2t = 4\,150\text{ A}^2\text{s}</math></b>						$I_{TM} = 150\text{ A}$	$t_{vj} = 125^{\circ}\text{C}$	$t_{vj} = 125^{\circ}\text{C}$		
BTW 50 - 100 BTW 50 - 200 BTW 50 - 400 BTW 50 - 600 BTW 50 - 800 BTW 50 - 1 000 BTW 50 - 1 200	40	100 200 400 600 800 1 000 1 200	910	3 ▲	150 ▲	3 ▲	12 ▲	200 ◆	100 ▲	TO 65
<b>Exemple : § 24.3.5. et 24.9.2. - Brochure § 24.4.5.</b>										

**CHOIX DES THYRISTORS (FICHES TECHNIQUES)**

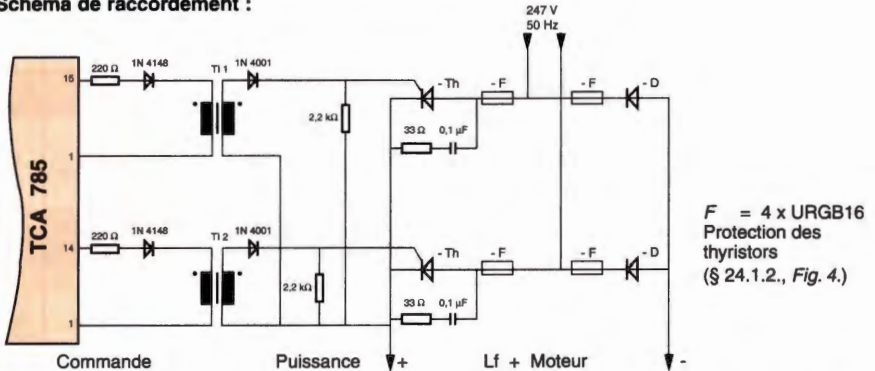
TYPES	Valeurs limites			Caractéristiques électriques $t_{amb} = 25^{\circ}C$					Boîtier Case
	$I_o$ (A)	$V_{DRM} - V_{RRM}$ (V)	$I_{TSM}$ 10 ms (A)	$V_{GT}$ (V)	$I_{GT}$ (mA)	$V_{TM}$ (V)	$I_{RM} @ V_{DRM} = V_{RRM}$ (mA)	$dV/dt @ 60\%$ $V_{DRM}$ (V/ $\mu$ s)	
<b>120 A eff (rms) / <math>t_{case} = 80^{\circ}C</math> <math>I_{vj} = 125^{\circ}C</math> <math>I^2t = 9\ 800\ A^2s</math> <math>I_{TM} = 150\ A</math> <math>t_{vj} = 125^{\circ}C</math> <math>t_{vj} = 125^{\circ}C</math></b>									
TK 1201	76	100	1 400	3 ▲	125 ▲	2 ▲	10 ▲	200 ◆	TO 94
TK 1202									
TK 1204									
TK 1206									
TK 1208									
TK 1210									
TK 1212									
TK 1214									
TK 1216									
<b>150 A eff (rms) / <math>t_{case} = 80^{\circ}C</math> <math>I_{vj} = 125^{\circ}C</math> <math>I^2t = 15\ 300\ A^2s</math> <math>I_{TM} = 300\ A</math> <math>t_{vj} = 125^{\circ}C</math> <math>t_{vj} = 125^{\circ}C</math></b>									
TK 1401	95	100	1750	3 ▲	125 ▲	2 ▲	10 ▲	200 ◆	TO 94
TK 1402									
TK 1404									
TK 1406									
TK 1408									
TK 1410									
TK 1412									
TK 1414									
TK 1416									
<b>180 A eff (rms) / <math>t_{case} = 80^{\circ}C</math> <math>I_{vj} = 125^{\circ}C</math> <math>I^2t = 20\ 000\ A^2s</math> <math>I_{TM} = 300\ A</math> <math>t_{vj} = 125^{\circ}C</math> <math>t_{vj} = 125^{\circ}C</math></b>									
TK 1801	114	100	2 000	3 ▲	125 ▲	1,5 ▲	10 ▲	200 ◆	TO 94
TK 1802									
TK 1804									
TK 1806									
TK 1808									
TK 1810									
TK 1812									
TK 1814									
<b>325 A eff (rms) / <math>t_{case} = 80^{\circ}C</math> <math>I_{vj} = 125^{\circ}C</math> <math>I^2t = 125\ 000\ A^2s</math> <math>I_{TM} = 600\ A</math> <math>t_{vj} = 125^{\circ}C</math> <math>t_{vj} = 125^{\circ}C</math></b>									
TK 3001	206	100	5 000	3 ▲	200 ▲	1,6 ▲	25 ▲	200 ◆	TO 93
TK 3002									
TK 3004									
TK 3006									
TK 3008									
TK 3010									
TK 3012									
TK 3014									
TK 3016									

**Exemple :** § 24.3.5. et 24.9.2. – Brochage § 24.4.5.

**Données :**

Un moteur à courant continu nécessite un courant de 15 A sous 220 V ( $I_o$  limité à 18 A).  
 La valeur efficace de ce courant dans chacun des composants vaut 11 A (15 A moyens).  
 La valeur efficace de la tension appliquée au pont de puissance vaut 247 V.  
 Les diodes sont du type G 5010 (12 A).  
 Les thyristors sont du type 2N 1850 A (16 A) avec  $I_{GT} = 80\ mA$ .  
 Le déclencheur est du type TCA 785 (§ 23.8.3).  
 Les transformateurs d'impulsions sont du type IT 245 (§ 23.7., Fig. 33).  
 25 – 100 mA 4kV à 2 enroulements ( $m = 1 : 1$ ).

**Schéma de raccordement :**



$F = 4 \times \text{URGB16}$   
 Protection des thyristors (§ 24.1.2., Fig. 4.)

**Note :** l'alimentation du déclencheur et l'alimentation du pont redresseur doivent être synchronisées (communes ou isolées par un transformateur d'isolement).

# 24.4. CHOIX DES TRIACS

(D'après THOMSON)

## 24.4.1. PUISSANCE MOYENNE DISSIPÉE À L'ÉTAT PASSANT

### UTILISATION DES ABAQUES (Fig. 9)

– Calculer la puissance maximale pouvant être dissipée par le composant et graduer l'axe des ordonnées en W :  
 $P_d = V_{TM} \cdot I_d = 4/4 I_d$  courant moyen sur une alternance  
 $I_d = I_T (rms) / 1,11$

– Graduer l'axe des abscisses en A :  $4/4 I_T (rms)$  = valeur efficace du courant pour  $\theta = 360^\circ$

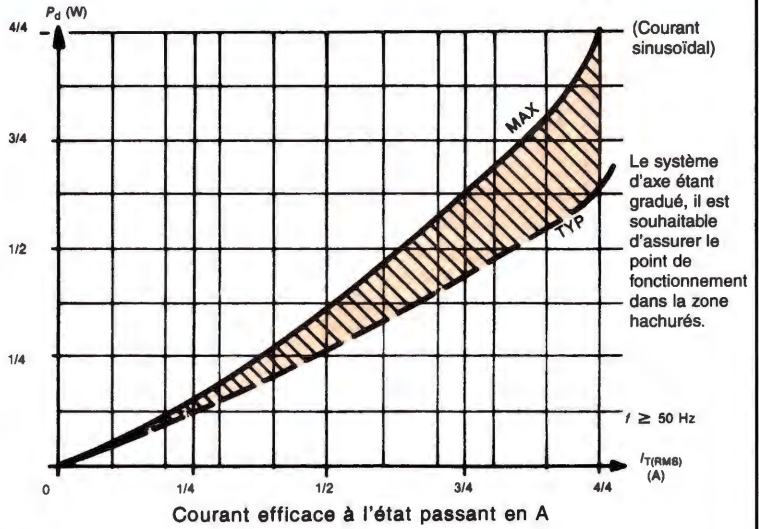


Fig. 9

## 24.4.2. TEMPÉRATURE AMBIANTE MAXIMALE DE FONCTIONNEMENT

### UTILISATION DES ABAQUES (Fig. 10)

– Graduer l'axe des abscisses en A :  $4/4 I_T (rms)$  = valeur efficace du courant pour  $\theta = 360^\circ$

– Les abaques ci-contre permettent de connaître la température ambiante maximale suivant la valeur du courant efficace  $I_T (rms)$  pour différents couples de températures  $t_{case} - t_{vj}$  et pour différents refroidissements.

– Les courbes (4) donnent une utilisation du triac sans dissipateur

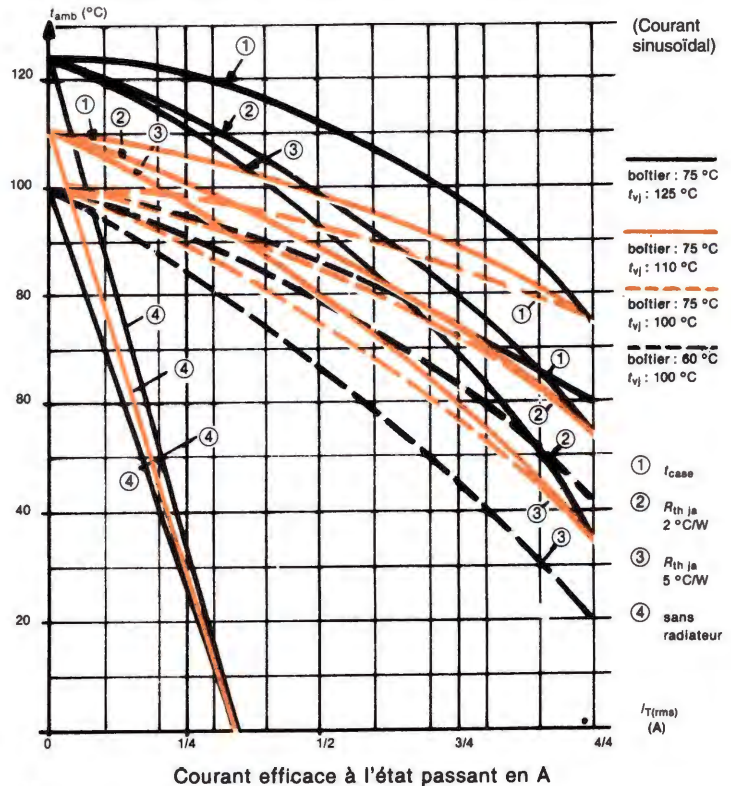


Fig. 10

Les courbes ci-dessus sont données à titre indicatif. Les abaques sont nécessaires pour le choix des dissipateurs et pour le choix des composants.

**24.4.3.  
DÉFINITION DES  
GRANDEURS  
CARACTÉRISANT  
UN TRIAC**

**Courants :**

$I_T (rms)$  : courant efficace à l'état passant  
 $I_{TSM}$  : courant de surcharge de pointe à l'état passant  
 $I_{TM}$  : courant de crête à l'état passant  
 $I_{DRM}$  : courant de crête à l'état bloqué  
 $I_{GT}$  : courant de gâchette d'amorçage  
 $I_H$  : courant continu hypostatique (maintien)

**Tensions**

$V_{TM}$  : tension de crête à l'état passant  
 $V_{DRM}$  : tension maximale d'utilisation à l'état bloqué  
 $V_{GT}$  : tension de gâchette d'amorçage  
 $dV/dt_c$  : vitesse critique de croissance de la tension à la commutation  
 $dV/dt$  : vitesse critique de croissance de la tension à l'état bloqué

**Note :** Suivant le quadrant de fonctionnement le constructeur donne différentes valeurs de  $I_{GT}$

**Autres caractéristiques :**

$t_{case}$  : température du boîtier  
 $t_{vj}$  : température virtuelle de jonction  
 $t_{amb}$  : température ambiante

$t_{gt}$  : temps d'amorçage par la gâchette  
 $dI/dt$  : vitesse critique de croissance du courant à l'état passant  
 $I^2t$  : contrainte thermique

Type	$V_{ORM} \pm$ (V)	$I_{TSM}$ 20 ms (A)	$I_{DRM}^*$ @ $V_{ORM}$ max (mA)	Suffixe	$I_{GT}$ (mA) max				$I_H$ max (mA)	$V_{TM}/I_{TM}$ max (V) (A)	$(dV/dt)_c$ min (V/ $\mu$ s)	$dI/dt$ @ 67 % $V_{DRM}$ min (V/ $\mu$ s)	Boîtier	
					I ++	II +-	III --	IV -+						
<b>1 A (rms)/t connex. = 40 °C <math>t_{vj} = 110</math> °C <math>I^2t = 4,5</math> A<sup>2</sup>s</b>														
TLC 111 B TLC 221 B TLC 331 B TLC 381 B	200 400 600 700	30	0,75	B	25	25	25	50	8 typ	1,8 1,4	4 typ	20 typ	TL (CB 274)	
<b>3 A (rms)/t connex. = 40 °C <math>t_{vj} = 110</math> °C <math>I^2t = 4,5</math> A<sup>2</sup>s</b>														
TLC 116 B TLC 226 B TLC 336 B TLC 386 B	200 400 600 700	30	0,75	B	25	25	25	50	8 typ	1,85 4	4 typ	20 typ	TL (CB 274)	
<b>6 A (rms)/t case = 75 °C <math>t_{vj} = 110</math> °C <math>I^2t = 36</math> A<sup>2</sup>s</b>														
Isolé BTA 06-200 BTA 06-400 BTA 06-600 BTA 06-700 suffixes B, C	Non isolé BTA 06-200 BTA 06-400 BTA 06-600 BTA 06-700 suffixes B, C	200 400 600 700	85	0,5	B	50	50	50	100	50	1,65 8,5	10	100	TO 220 AB
<b>8 A (rms)/t case = 75 °C <math>t_{vj} = 110</math> °C <math>I^2t = 36</math> A<sup>2</sup>s</b>														
Isolé BTA 08-200 BTA 08-400 BTA 08-600 BTA 08-700 suffixes B, C	Non isolé BTA 08-200 BTA 08-400 BTA 08-600 BTA 08-700 suffixes B, C	200 400 600 700	85	0,5	B	50	50	50	100	50	1,75 11	10	100	TO 220 AB
<b>10 A (rms)/t case = 75 °C <math>t_{vj} = 110</math> °C <math>I^2t = 66</math> A<sup>2</sup>s</b>														
Isolé BTA 10-200 BTA 10-400 BTA 10-600 BTA 10-700 suffixes B, C	Non isolé BTA 10-200 BTA 10-400 BTA 10-600 BTA 10-700 suffixes B, C	200 400 600 700	115	0,5	B	50	50	50	100	50	1,45 14	10	100	TO 220 AB
<b>15 A (rms)/t case = 75 °C <math>t_{vj} = 110</math> °C <math>I^2t = 112,5</math> A<sup>2</sup>s</b>														
TRAL 1115 D TRAL 2215 D TRAL 3315 D TRAL 3815 D	200 400 600 700	150	3		50	100	50	100	60	1,8 21	5	200	TO 48	
<b>25 A (rms)/t case = 60 °C <math>t_{vj} = 110</math> °C <math>I^2t = 270</math> A<sup>2</sup>s</b>														
TRAL 1115 D TRAL 2225 D TRAL 3325 D TRAL 3825 D TRAL 1025 D TRAL 1225 D	200 400 600 700 1 000 1 200	230	3		100	100	100	150	50	2 35	5	100 min	TO 48 (CB-267)	
<b>35 A (rms)/t case = 60 °C <math>t_{vj} = 110</math> °C <math>I^2t = 450</math> A<sup>2</sup>s</b>														
TRAL 1135 D TRAL 2235 D TRAL 3335 D TRAL 3835 D	200 400 600 700	300	4		100	150	100	150	60	2 53	5	100	TO 48 (CB-267)	
<b>60 A (rms)/t case = 75 °C <math>t_{vj} = 125</math> °C <math>I^2t = 1 250</math> A<sup>2</sup>s</b>														
TGAL 602 TGAL 604 TGAL 606 TGAL 608 TGAL 610	200 400 600 800 1 000	500	10		100	150	100	150	60	2 100	5	100	TO 65 (CB-296)	

Définitions des quadrants (24.1.3.) - Brochages (24.4.5.)

\* @  $t_{vj}$  maximum

**24.4.5.  
BROCHAGES  
DES THYRISTORS  
ET TRIACS**

**Thyristor**

- 1 : K (cathode)
- 2 : G (gâchette)
- 3 : A (anode)

**Triac**

- 1 : A1 (anode 1)
- 2 : G (gâchette)
- 3 : A2 (anode 2)

(Vue de dessous)



**Thyristor**

- 1 : K (cathode)
- 2 : G (gâchette)
- 3 : A (anode)

**Triac**

- 1 : A1 (anode 1)
- 2 : G (gâchette)
- 3 : A2 (anode 2)



**24.5. LES THYRISTORS G.T.O. (Gate turn off)**

Le thyristor G.T.O., représenté avec la symbolisation ci-contre, est un semi-conducteur bistable, trijonction, destiné au contrôle de courant unidirectionnel. Il réalise une très bonne combinaison des avantages des thyristors classiques et des transistors :

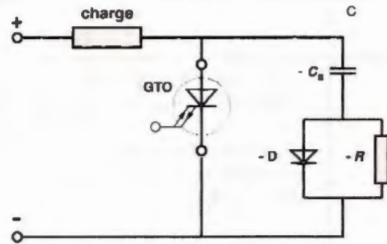


- à l'état bloqué, il supporte des tensions directes jusqu'à 1 500 V,
- à l'état passant, il admet des pointes de courant bien supérieures à la valeur moyenne,
- il admet des fréquences de commutation élevées jusqu'à 30 kHz,
- sa commande est réalisée par un faible courant de gâchette, positif pour la mise en conduction et négatif pour le blocage.

**Protection contre les dV/dt :**

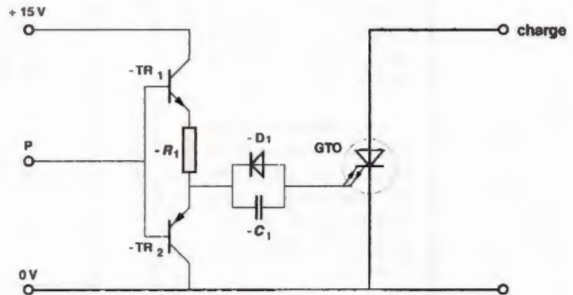
$$C_S = I_T \cdot \frac{1}{dV/dt}$$

La diode D permet de maîtriser le taux de croissance de courant dI/dt lors de l'interruption du courant dans le G.T.O.



**Exemple de commande d'un G.T.O. : (cas simple)**

- D<sub>1</sub> : diode Zéner 12 V.
- TR<sub>2</sub> : Darlington (blocage).
- P : commande du G.T.O.
- R<sub>1</sub> : limitation de I<sub>GT</sub>
- C<sub>1</sub> : permet le blocage du G.T.O.
- TR<sub>1</sub> : Darlington (amorçage).



- V<sub>DRM</sub> : tension de crête répétitive à l'état bloqué (1 000 V).
- V<sub>DC</sub> : tension continue à l'état bloqué (650 V).
- V<sub>GT</sub> : tension de gâchette d'amorçage (10 V).
- C<sub>S</sub> : Capacité de protection contre les dV/dt (50 nF).
- T<sub>vj</sub> : Température virtuelle de jonction (120 °C).
- I<sub>T(AV)</sub> : Courant direct moyen (10 A).
- I<sub>TCRM</sub> : Courant de crête non répétitif (25 A).
- I<sub>GT</sub> : Courant de gâchette d'amorçage (0,25 A).
- R<sub>th jc</sub> : Résistance thermique jonction-boîtier (1,8 °C/W).
- Boîtier : TO 220 (R<sub>th cr</sub> = 3 °C/W).

## 24.6. CHOIX DES TRANSISTORS

(D'après THOMSON)

### 24.6.1. VARIATION DE LA PUISSANCE DISSIPÉE

#### UTILISATION DE L'ABAQUE (Fig. 11)

Cet abaque est utilisable pour les transistors ayant une  $t_{vj}$  de 200 °C et une puissance maximale de dissipation pour une température  $t_{case}$  de 25 °C.

– Graduer l'axe des ordonnées à partir de  $P_d$  donnée par le constructeur en W  
100 % =  $P_d$  totale.

– Suivant  $t_{case}$ , lire la puissance maximale dissipable par le transistor.

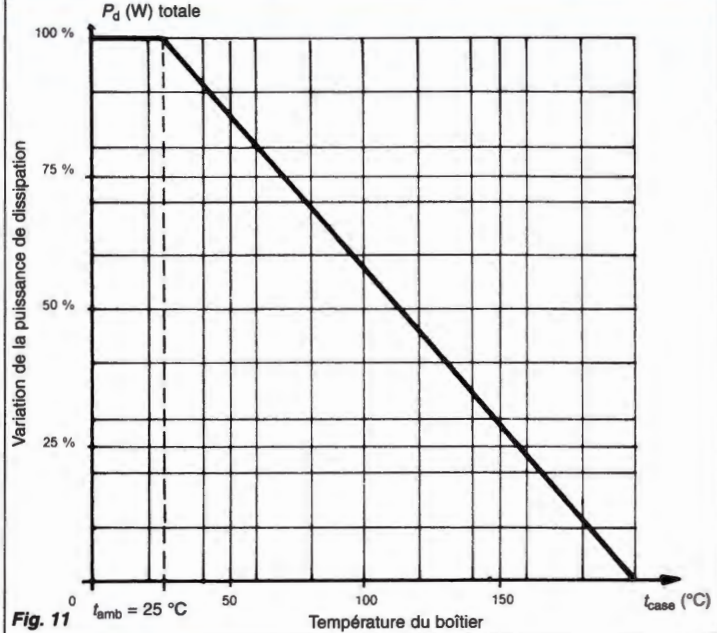


Fig. 11

### 24.6.2. AIRE DE SÉCURITÉ D'UN TRANSISTOR

#### UTILISATION DES ABAQUES (Fig. 12)

– Graduer l'axe des abscisses en V  
100 % =  $V_{CE0}$

– Graduer l'axe des ordonnées en A  
100 % =  $I_c$

– Placer le point de fonctionnement sur le graphe, il doit se trouver à l'intérieur de l'aire de sécurité.

– L'aire de sécurité en régime impulsionnel permet en particulier de déterminer la protection contre les surcharges (fusibles par exemple).

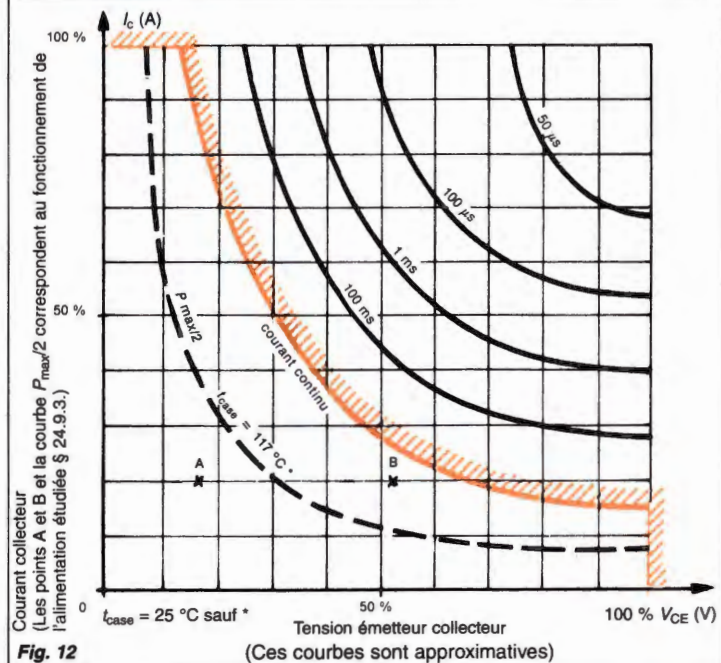


Fig. 12

### 24.6.3. DÉFINITION DES GRANDEURS CARACTÉRISANT UN TRANSISTOR

#### Courants

- $I_c$  : courant continu collecteur
- $I_b$  : courant continu base
- $h_{21E}$  : valeur statique du rapport de transfert direct du courant (émetteur commun)

#### Autres caractéristiques :

- $P_{tot}$  : puissance dissipée totale
- $t_f$  : temps de décroissance
- $t_r$  : retard à la décroissance

#### Tensions

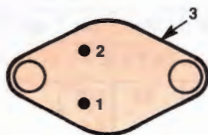
- $V_{CE0}$  : tension continue collecteur-émetteur ( $I_b = 0$ ) pour  $I_c$  spécifié.
- $V_{CES}$  : tension de saturation collecteur-émetteur avec  $I_c$  et  $I_b$  spécifiés.

- $f_T$  : fréquence de transition
- $t_d + t_r$  : temps total d'établissement
- $t_{vj}$  : température de la jonction
- $t_{case}$  : température du boîtier

**24.6.4.  
CHOIX DES  
TRANSISTORS  
(FICHES  
TECHNIQUES)**

TYPES		V <sub>CE0</sub> (V)	I <sub>c</sub> (A)	P <sub>tot</sub> (W) I <sub>cmax</sub> : 25 °C	h <sub>21E</sub> / I <sub>c</sub>		V <sub>CEs</sub>		I <sub>c</sub> / h <sub>h</sub>	t <sub>d</sub> + t <sub>r</sub>	t <sub>s</sub>	t <sub>f</sub>	f <sub>f</sub>	R <sub>th jc</sub>	Boîtier	
NPN	PNP				min	max	(A)	max (V)	(A)	(A)	(μs)	(μs)	(μs)	(MHz)		(°C/W)
<b>TRANSISTORS À USAGE GÉNÉRAL DE 3 à 30 A - t<sub>vj</sub> = 200 °C</b>																
2N 3054	BDX 14	55	4	25	25	100	0,5	1	0,5	0,05				0,8	7	TO 66
2N 3055	BDX 18	60	15	117	20	70	4	1,1	4	0,4				0,8	1,5	TO 3
2N 3441	BDX 16	140	3	25	20	80	0,5	1	0,5	0,05				0,8	7	TO 66
	2N 3740	60	4	25	20		0,5	0,6	1	0,125				4	7	TO 66
	2N 3741	80	4	25	20		0,5	0,6	1	0,125				4	7	TO 66
2N 3442	BDX 20	140	10	117	20	70	3	1	3	0,3				0,8	1,5	TO 3
2N 3771		40	30	150	15	60	15	2	15	1,5				0,8	1,17	TO 3
2N 3772		60	20	150	15	60	10	1,4	10	1				0,8	1,17	TO 3
2N 3773		140	16	150	15	60	8	1,4	8	0,8				0,8	1,17	TO 3
<b>TRANSISTOR DE COMMUNICATION DE 6 à 25 A t<sub>vj</sub> = 200 °C</b>																
BDY 26		180	6	87,5	15	180	2	0,6	2	0,25	1	1,5	0,5	10,8	2	TO 3
BDY 27		200	6	87,5	15	180	2	0,6	2	0,25	1	1,5	0,5	10	2	TO 3
BDY 28		250	6	87,5	15	180	2	0,6	2	0,25	1	1,5	0,5	10	2	TO 3
BDY 55		60	15	117	10		10	2,5	10	3,3	0,5	1,5	0,5	10	1,5	TO 3
BDY 56		120	15	117	10		10	2,5	10	3,3	0,5	1,5	0,5	10	1,5	TO 3
BDY 57		80	25	175	20	60	10	1,4	10	1	0,25	1,5	0,5	7	1	TO 3
BDY 58		125	25	175	20	60	10	1,4	10	1	0,25	1,5	0,5	7	1	TO 3
<b>TRANSISTOR DE PUISSANCE DE 8 à 50 A t<sub>vj</sub> = 200 °C</b>																
BUX 39		90	30	120	8		20	1,6	20	2,5	1,5	1	0,3	8	1,46	TO 3
BUX 40		125	20	120	8		15	1,6	15	1,9	1,2	1	0,4	8	1,46	TO 3
BUX 41		200	15	120	8		8	1,6	8	1	1	1,7	0,8	8	1,46	TO 3
BUX 42		250	12	120	8		6	1,6	6	0,75	1	2	1,2	8	1,46	TO 3
BUX 43		325	10	120	8		5	1,6	5	1	1	2,2	1,2	8	1,46	TO 3
BUX 44		400	8	120	8		4	2	4	0,8	1	2,5	1,2	8	1,46	TO 3
BUX 45		500	5	120	8		2	2	2	0,4	1	5	1,2	8	1,46	TO 3
BUX 10		125	25	150	10		20	1,2	20	2	1,5	1,2	0,3	8	1,17	TO 3
BUX 11		200	20	150	10		12	1,5	12	1,5	1	1,8	0,4	8	1,17	TO 3
BUX 12		250	20	150	10		10	1,5	10	1,25	1	2	0,5	8	1,17	TO 3
BUX 13		325	15	150	8		8	1,5	8	1,6	1,2	2,5	1	8	1,17	TO 3
BUX 14		400	10	150	8		6	1,5	6	1,2	1,4	3	1,2	8	1,17	TO 3
BUX 15		500	8	150	8		4	1	4	0,8	1,6	5	1,4	8	1,17	TO 3
BUX 20		125	50	350	10		50	1,2	50	5	1,5	1,2	0,3	8	0,5	CB 159
BUX 21		200	40	350	10		25	1,5	25	3	1,2	1,8	0,4	8	0,5	CB 159
BUX 22		250	40	350	10		20	1,5	20	2,5	1,3	2	0,5	8	0,5	CB 159
BUX 23		325	30	350	8		16	1	16	3,2	1,3	2,5	1,2	8	0,5	CB 159
BUX 24		400	20	350	8		12	1	12	2,4	1,6	3	1,4	8	0,5	CB 159
BUX 25		500	15	350	8		8	1	8	1,6	1,8	5	1,6	8	0,5	CB 159
BUX 47		850*	9	107	5		6	1,5	8	1,2	1	3	0,8		1,4	TO 3
BUX 48		850*	15	175	5		10	1,5	10	2	1	3	0,8		1,2	TO 3
BUX 98		850*	30	250	5		20	1	20	4	1	3	0,8		1,2	TO 3
BUX 48 A		1 000*	15	175	5		8	1,5	8	1,6	1	3	0,8		1,2	TO 3
BUV 18		120**	50	250	10		80	1,5	80	8	1,5	1,1	0,25	8	0,7	CB 159
BUV 19		160**	50	250	10		60	1,2	60	6	1,3	1,1	0,25	8	0,7	CB 159
BUV 20		125	50	250	10		50	1,2	50	5	1,5	1,2	0,3	8	0,7	CB 159
BUV 21		200	40	250	10		25	1,5	25	3	1,2	1,8	0,4	8	0,7	CB 159
BUV 22		250	40	250	10		20	1,5	20	2,5	1,3	2	0,5	8	0,7	CB 159
BUV 23		325	30	250	8		16	1	16	3,2	1,3	2,5	1,2	8	0,7	TO 3
BUV 24		400	20	250	8		12	1	12	2,4	1,6	3	1,4	8	0,7	TO 3
<b>Remarques :</b>																
* V <sub>CEX</sub> : tension continue collecteur - émetteur avec V <sub>BE</sub> = - 2,5 V																
** V <sub>CEX</sub> avec V <sub>BE</sub> = - 1,5 V																
V <sub>CE0</sub> = V <sub>CEX</sub> /2.																
(Exemples § 24.9.3. - Brochages § 24.6.5.)																

**24.6.5.  
BROCHAGE  
DES  
TRANSISTORS**



(Vue de dessous)  
 - Boîtiers : T03 (CB 19), T03 (CB 159), TO66 (CB 72).  
 - Brochages tous types.  
 1 : Base  
 2 : Émetteur  
 3 : Collecteur (relié au boîtier)

**24.7. CHOIX DES FUSIBLES EN ÉLECTRONIQUE  
DE PUISSANCE**

(D'après FERRAZ)

COEFFICIENT CORRECTEUR DÉPENDANT DE LA TEMPÉRATURE AMBIANTE  $A_1$

Le constructeur donne la relation suivante : (à appliquer si  $\theta_a > 30^\circ\text{C}$ )

$$A_1 = \sqrt{\frac{a - \theta_a}{a - 30}}$$

$a$  : coefficient donné par le constructeur  
 $\theta_a$  : température ambiante en  $^\circ\text{C}$   
 $A_1$  : coefficient correcteur dépendant de la température ambiante.

COEFFICIENT CORRECTEUR DÉPENDANT DE LA VITESSE DE VENTILATION  $B_1$

Lorsque la vitesse de ventilation  $V$  est inférieure à 5 m/s on admettra que le coefficient  $B_1$  varie proportionnellement à cette vitesse, d'où la relation.

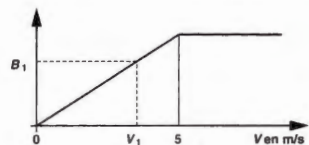


Fig. 13

$$B_1 = 1 + \frac{(b - 1) V_1}{5}$$

$b$  : coefficient donné par le constructeur  
 $V_1$  : vitesse de ventilation en m/s  
 $B_1$  : coefficient correcteur dépendant de la vitesse de ventilation.

CALCUL DU CALIBRE SUIVANT LES AGENTS EXTÉRIEURS (courant constant)

$$I_{na} = \frac{I_{eff}}{C_1}$$

$I_{na}$  : calibre minimal du fusible à utiliser  
 $I_{eff}$  : valeur efficace du courant traversant le fusible  
 $C_1 = A_1 B_1$

**24.7.1.  
DÉTERMINATION  
DU CALIBRE  
EN  
TENANT COMPTE  
DES VARIATIONS  
DE LA  
CARTOUCHE  
FUSIBLE**

DÉTERMINATION DU CALIBRE EN TENANT COMPTE DES VARIATIONS DE COURANT  $C_2$

Ce coefficient  $C_2$  doit être appliqué à une cartouche fusible soumise à un courant variable dont la valeur efficace varie suivant des périodes de conduction qui se succèdent régulièrement ou irrégulièrement. La durée de chaque cycle peut être comprise entre 0,1 seconde et 1 heure environ.

$$I_{nb} = \frac{I_{eff}}{C_1 C_2}$$

$I_{nb}$  : calibre minimal du fusible à utiliser  
 $I_{eff}$  : valeur efficace du courant traversant le fusible sur un cycle (Fig. 14)  
 $C_1$  : coefficient défini précédemment  
 $C_2$  : coefficient donné par le constructeur

DÉTERMINATION DU CALIBRE EN TENANT COMPTE DES VARIATIONS DE COURANT  $C_3$

Ce coefficient  $C_3$  doit être appliqué à chaque période de fonctionnement

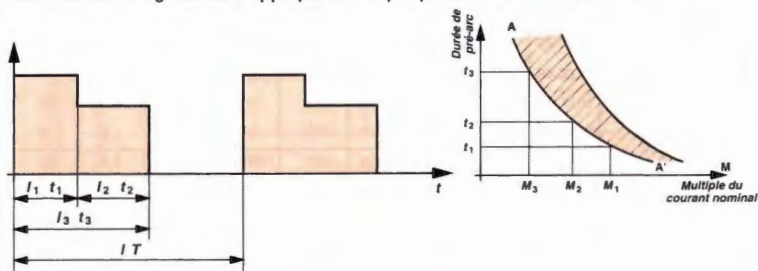


Fig. 14 T = durée d'un cycle

Pour chaque période de fonctionnement  $t_1$ ,  $t_2$  et  $t_3$  calculer le calibre minimal de la cartouche en appliquant les relations suivantes :  
 $(I_1, I_2, I_3)$  : courants efficaces correspondant aux temps  $t_1, t_2, t_3$ )

$$(I_1 \text{ de } t_1) I_{nc1} = \frac{I_{eff}}{M_1 C_3} \quad (I_2 \text{ de } t_2) I_{nc2} = \frac{I_{eff2}}{M_2 C_3} \quad (I_3 \text{ de } t_3) I_{nc3} = \frac{I_{eff3}}{M_3 C_3}$$

$C_3$  : coefficient donné par le constructeur

**DÉTERMINATION DU CALIBRE EN CAS DE SURCHARGE EXCEPTIONNELLE**  
 $C_4$

- C'est le cas d'un court-circuit. Il faut connaître :
  - la première onde du court-circuit en ampères efficaces,
  - la durée du court-circuit et la valeur efficace du courant de court-circuit (*Chapitre 6*).
- Déterminer le calibre minimal de la cartouche comme indiqué précédemment :

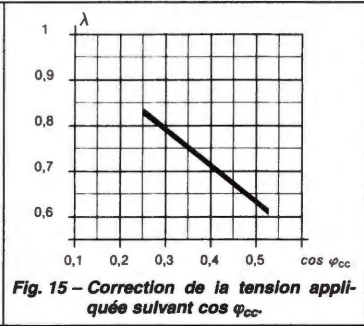
$$(I_{cc1} \text{ de } t_{cc1}) I_{n_{d1}} = \frac{I_{eff \text{ cc1}}}{M_1 C_4}$$

$$(I_{cc2} \text{ de } t_{cc2}) I_{n_{d2}} = \frac{I_{eff \text{ cc2}}}{M_2 C_4}$$

$I_{eff \text{ cc1}}$  : courant efficace de la première onde du court-circuit (cette onde peut être asymétrique suivant la valeur de  $\cos \varphi_{cc}$ ),  
 $t_{cc1}$  : durée de cette première onde de court-circuit,  
 $I_{eff \text{ cc2}}$  : courant efficace de court-circuit présumé,  
 $t_{cc2}$  : durée du court-circuit (temps de réponse du disjoncteur),  
 $C_4$  : coefficient donné par le constructeur.  
*Exemples (§ 18.8).*

**INFLUENCE DU FACTEUR DE PUISSANCE**  
 $\cos \varphi_{cc}$

- Les caractéristiques de protection des semi-conducteurs sont définies pour des  $\cos \varphi_{cc}$  compris entre 0,1 et 0,2.
- Le  $\cos \varphi_{cc}$  de certaines installations est différent des valeurs ci-dessus.
- La courbe (*Fig. 15*) donne, en fonction de  $\cos \varphi_{cc}$  le coefficient  $\lambda$  à appliquer à la tension d'utilisation (tension à considérer = tension appliquée  $\lambda$ )



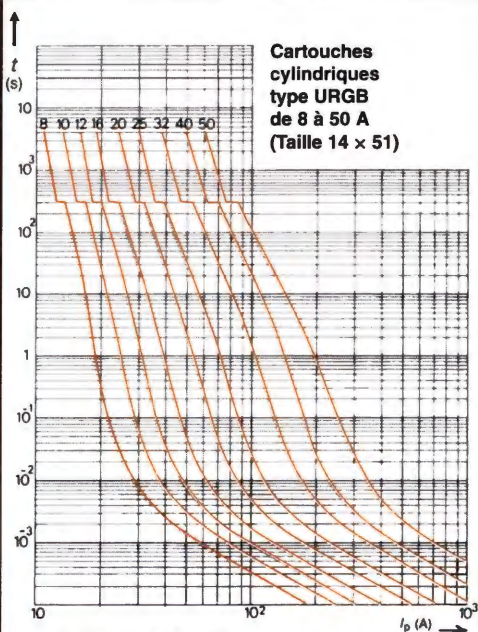
**REMARQUE SUR LE CHOIX DES FUSIBLES**

- On peut être amené à utiliser deux ou plusieurs fusibles pour obtenir le calibre désiré. Il faut :
  - prendre soin d'en appareiller les résistances,
  - multiplier le  $I^2t$  par le carré du nombre de fusibles en parallèle.
- **Exemple :**
  - $I^2t$  d'un fusible = 1 000 A<sup>2</sup>s
  - $I^2t$  de  $n$  fusibles en parallèle =  $n^2$  1 000 A<sup>2</sup>s (fusibles de calibre identique).

	TAILLE	TYPE	CALIBRE	CONTRAINTES THERMIQUES $I^2t$ SOUS 660 V (A <sup>2</sup> s)		PERTES (W)	POUVOIR DE COUPURE SOUS 660 V (kA)	TAILLE	TYPE	CALIBRE	$I^2t$ maximum sous 660 V (A <sup>2</sup> s)	PERTES (W) sous		POUVOIR DE COUPURE SOUS 660 V (kA)																				
				(A)	$I_p \leq 30 I_n$							$I_p > 30 I_n$	0,8 $I_n$		$I_n$																			
																(A)	(A <sup>2</sup> s)	(A <sup>2</sup> s)	(A <sup>2</sup> s)															
<b>14 x 51</b>			URGB 8	20	17	2,7	200																											
			URGB 12	75	60	4,6	200									30	URGK 125	11 700	16	30	200													
			URGB 16	95	75	6,2	200									30	URGG 160	12 600	12,5	24	300													
			URGB 20	175	145	7,4	200															30	URGG 200	24 500	16	30	300							
						URGB 25	300									250	8,6	200																
						URGB 32	550									460	10,6	200									31	URGG 250	38 000	20	38	300		
						URGB 40	1 150									940	11,5	200									31	URGG 315	79 000	25	47	300		
						URGB 50	2 550									2 070	13	200									31	URGG 350	122 000	27,5	52,5	300		
																													31	URGG 400	168 000	31,5	60	300
<b>22 x 58</b>			URGA 25	210		8,5	200																											
			URGA 32	400		10,3	200									32	URGG 400	126 000	31,5	60	300													
			URGA 40	700		12,8	200									32	URGG 450	178 000	35	67,5	300													
			URGA 50	1 270		15,7	200									32	URGG 500	239 000	39	75	300													
			URGA 63	2 770		17,7	200									33	URGG 500	185 000	39	75	300													
			URGA 80	5 500		21,7	200															33	URGG 630	336 000	49,5	94,5	300							
			URGA 100*	10 000		25,7	200									33	URGG 700	452 000	55	105	300													

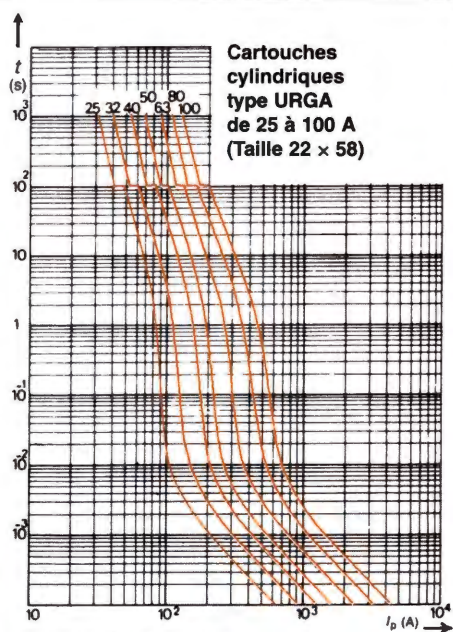
\* limité à 600 V au lieu de 660 V.  
**Fig. 16 - Cartouches cylindriques type URG.** **Fig. 17 - Cartouches à couteaux type URG.**

**24.7.3.  
CARACTÉRISTIQUES  
DES CARTOUCHES  
CYLINDRIQUES  
TYPE URG**



$t$  : durée réelle de préarc  
 $I_p$  : valeur efficace du courant de préarc  
 Valeurs des coefficients définis § 24.7.1.  
 $a = 130$        $C_2 = 0,6$   
 $b = 1,25$        $C_3 = 0,6$   
                      $C_4 = 0,8$

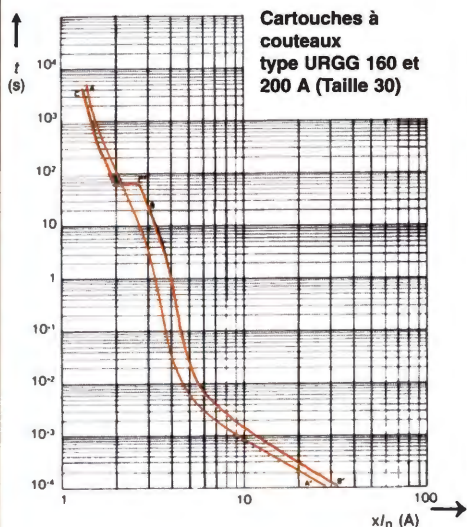
**Fig. 18 – Caractéristiques temps/courant.**



$t$  : durée réelle de préarc  
 $I_p$  : valeur efficace du courant de préarc  
 Valeurs des coefficients définis § 24.7.1.  
 $a = 130$        $C_2 = 0,6$   
 $b = 1,25$        $C_3 = 0,6$   
                      $C_4 = 0,8$

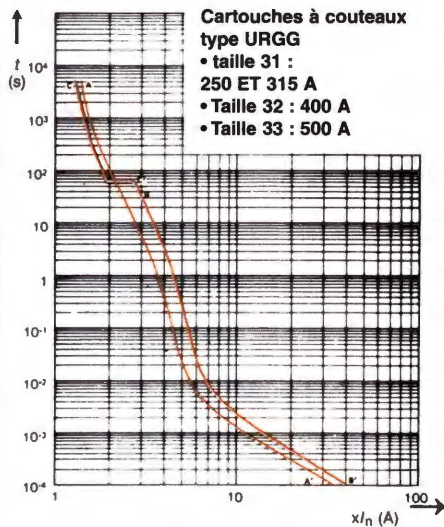
**Fig. 19 – Caractéristiques temps/courant.**

**24.7.4.  
CARACTÉRISTIQUES  
DES CARTOUCHES  
À COUTEAUX  
TYPE URG**



$t$  : durée réelle de préarc  
 $xI_n$  : valeur efficace du courant de préarc en multiples du courant nominal  
 Valeurs des coefficients définis § 24.7.1.  
 $a = 130$        $C_2 = 0,7$   
 $b = 1,25$        $C_3 = 0,6$   
                      $C_4 = 0,8$

**Fig. 20 – Caractéristiques temps/courant.**

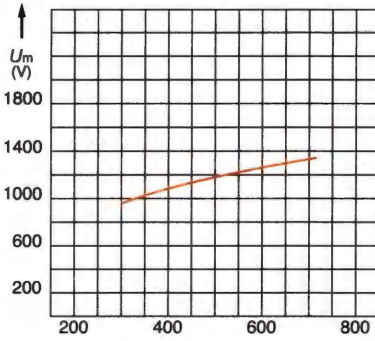


$t$  : durée réelle de préarc  
 $xI_n$  : valeur efficace du courant de préarc en multiples du courant nominal.  
 Valeurs des coefficients définis § 24.7.1.  
 $a = 130$        $C_2 = 0,7$   
 $b = 1,25$        $C_3 = 0,6$   
                      $C_4 = 0,8$

**Fig. 21 – Caractéristiques temps/courant.**

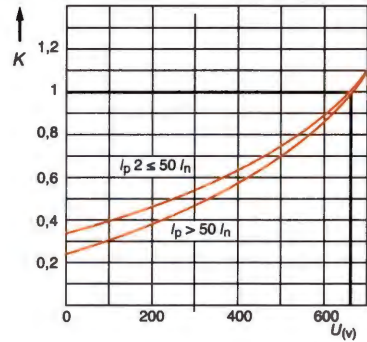
**24.7.5.  
COEFFICIENTS  
CORRECTEURS  
POUR  
CARTOUCHES  
TYPE URG**

**COEFFICIENTS CORRECTEURS POUR CARTOUCHES FUSIBLES CYLINDRIQUES :**



$U$  : tension efficace d'utilisation  
(à corriger, éventuellement, suivant Fig. 15)  
 $U_m$  : tension de coupure

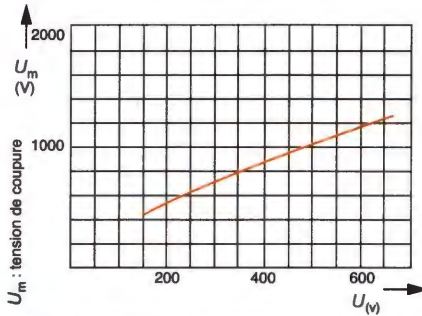
**Fig. 22 – Tension de coupure  $U_m$ .**



$U$  : tension efficace d'utilisation  
(à corriger, éventuellement, suivant Fig. 15)  
 $K$  : coefficient correcteur du  $I^2t$

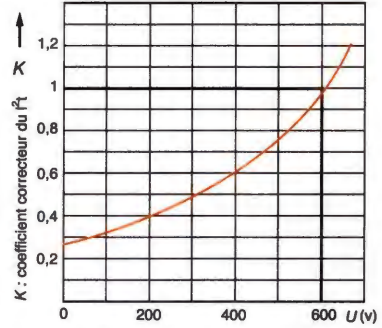
**Fig. 23 – Coefficient multiplicateur.**

**COEFFICIENTS CORRECTEURS POUR CARTOUCHES FUSIBLES À COUTEAUX :**



$U$  : tension efficace d'utilisation  
(à corriger, éventuellement, suivant Fig. 15)

**Fig. 24 – Tension de coupure  $U_m$ .**



$U$  : tension efficace d'utilisation  
(à corriger, éventuellement, suivant Fig. 15)

**Fig. 25 – Coefficient multiplicateur K.**

**24.7.6.  
EXEMPLE  
D'UTILISATION  
DES ABAQUES**

– Une diode type TV 3008 est traversée par un courant efficace de 300 A. La tension d'utilisation est de 400 V. La température ambiante est de 40 °C et la vitesse de ventilation de 4 m/s. Le courant de court-circuit à une première onde efficace de 1 250 A pendant 15 ms, le  $\cos \varphi_{cc}$  vaut 0,3 donnant un courant de court-circuit présumé de 925 A<sub>eff</sub> coupé au bout de 150 ms par le disjoncteur.

– La diode (§ 24.2.3.) possède un  $I^2t$  de 180 000 A<sup>2</sup>s et une tension  $V_{RRM}$  de 800 V.

– Choix du fusible dans la gamme **URGG** :  $a = 130$  ;  $b = 1,25$  (§ 24.7.4.)

$$A_1 = \sqrt{\frac{130 - 4}{130 - 30}} = 0,95 \quad B_1 = \left(\frac{1,25 - 1}{5}\right) 4 = 1,2 \quad C_1 = 0,95 \times 1,2 = 1,14 \quad (\S 24.7.1.)$$

Calibre  $I_{n1} = 300/1,14 = 263$  A → calibre choisi par excès : 315 A (§ 24.7.2.)

– **Contrôle** : – La Fig. 15 donne  $\lambda = 0,8$  pour  $\cos \varphi_{cc} = 0,3$  d'où  $U = 400 \times 0,8 = 320$  V

– La Fig. 25 donne  $K = 0,5$  pour  $U = 320$  V d'où  $I^2t$  fusible = 79 000  $\times$  0,5  $\approx$  40 000 A<sup>2</sup>s

– La Fig. 24 donne  $U_m = 700$  V pour  $U = 320$  V

La diode convient ( $I^2t$  fusible <  $I^2t$  diode et  $U_m < V_{RRM}$ )

– Surcharge exceptionnelle  $C_4 = 0,8$

La Fig. 21 donne  $M = 5,1$  pour 15 ms et  $M = 4,5$  pour 150 ms d'où :

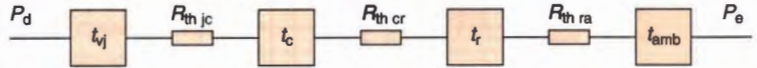
$$I_{n1} (15 \text{ ms}) = \frac{1\,250}{5,1 \times 0,8} = 306 \text{ A} \text{ et } I_{n2} (150 \text{ ms}) = \frac{925}{4,5 \times 0,8} = 257 \text{ A} \quad (I_{n1} \text{ et } I_{n2} < 315 \text{ A})$$

Le fusible **URGG** taille 31 de 315 A protège correctement la diode TV 3008.

## 24.8. CHOIX DES DISSIPATEURS

ÉCOULEMENT DE LA CHALEUR DE LA JONCTION VERS L'AIR AMBIANT

Chaîne thermique jonction – air ambiant :



$P_d$  : puissance à dissiper par la ou les jonctions (en W) (puissance à calculer et à corriger suivant les paramètres précisés dans les paragraphes précédents).

$P_e$  : puissance évacuée.

$t_{vj}$  : température maximale de la jonction en °C (donnée par le constructeur).

$t_c$  : température maximale du boîtier en °C pour le maximum de puissance à dissiper par le composant (donnée par le constructeur). Cette température peut être plus élevée si le courant traversant la jonction est inférieur au courant maximum.

$t_r$  : température du dissipateur en °C.

$t_{amb}$  : température ambiante en °C (se placer dans le cas le plus défavorable, c'est-à-dire pour une température ambiante maximale).

$R_{th jc}$  : résistance thermique jonction – boîtier en °C/W donnée par le constructeur soit sur les fiches techniques, soit § 24.8.2.

$R_{th cr}$  : résistance thermique boîtier – dissipateur en °C/W donnée par le constructeur (§ 24.8.2.).

$R_{th ra}$  : résistance thermique dissipateur – air ambiant en °C/W à déterminer en fonction :  
 – des paramètres ci-dessus,  
 – du type de dissipateur, et de son montage (§ 24.8.3.),  
 – du montage du composant sur le dissipateur (isolé ou non).

24.8.1.  
DÉTERMINATION  
D'UN DISSIPATEUR  
POUR  
COMPOSANT  
ÉLECTRONIQUE  
DE PUISSANCE

CALCUL DE  
 $R_{th ra}$   
(méthode a)

Par définition :

d'où :

$$P_d = \frac{t_{vj} - t_{amb}}{\Sigma R_{th}}$$

$$R_{th ra} = \frac{t_{vj} - t_{amb}}{P_d} - R_{th jc} - R_{th cr}$$

$P_d$  en W ; température en °C ; résistances thermiques en °C/W.

Choisir § 24.8.5. et 24.8.7. le dissipateur se rapprochant le plus de  $R_{th ra}$  par valeur inférieure.

$$R_{th \text{dissipateur}} \leq R_{th ra \text{ calculée}}$$

$R_{th ca}$  : négligée,

$R_{th ra}$  : par rayonnement négligée

CHOIX DU  
DISSIPATEUR  
(méthode b)

Certains constructeurs donnent les courbes  $\Delta t = f(P_d)$ .

Pour faire le choix des dissipateurs, il faut :

– calculer  $P_d$  (W)

– calculer  $\Delta t = t_c - t_{amb}$  (°C)

$t_{amb}$  : température ambiante

$t_c$  : température du boîtier donnée par le constructeur ou calculée ; choisir la longueur du dissipateur § 24.8.6.

$$t_c = t_{vj} - R_{th jc} P_d$$

Dans ce cas, il est conseillé de prévoir une majoration de 10 à 20 %.

REMARQUE

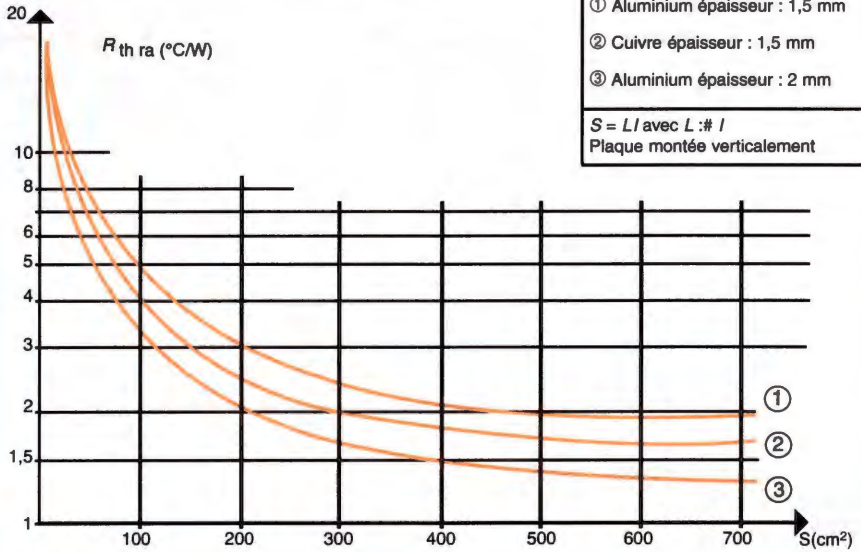
Lorsque plusieurs composants sont montés sur le même dissipateur (montage isolé ou non), il est conseillé de calculer les dissipateurs pour un seul composant et de diviser la résistance thermique  $R_{th ra}$  trouvée par le nombre de composants montés sur ce même dissipateur (cas de composants identiques). Si les composants sont différents, la résistance thermique  $R_{th ra}$  totale suit la loi des résistances électriques branchées en parallèle.

$$(1/R_{th ra \text{ équivalente}} = 1/R_{th ra_1} + 1/R_{th ra_2} + \dots + 1/R_{th ra_n})$$

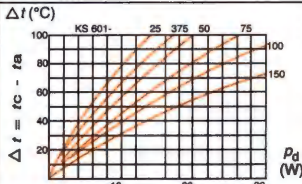
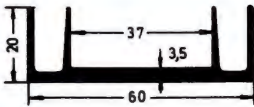
	DIODES												
	BOÎTIERS		$R_{th\ jc}$ (°C/W)			$R_{th\ cr}$ (°C/W)	Couple de serrage		Observations				
	Type	Calibres	180° $\theta$	120° $\theta$	60° $\theta$		maxi Nm	recommandé Nm					
24.8.2. RÉSISTANCES THERMIQUES $R_{th\ jc}$ ET $R_{th\ cr}$ COUPLE DE SERRAGE	DO 4	3 A 6 A 12 A	5,2 3,5 1,8	6,56 4,42 2,27	7,87 5,31 2,71	0,7	2,2	1,8	$\theta$ angle de conduction en degrés				
	DO 5	20 A 40 A	1,3 0,74	1,64 0,94	1,97 1,09					0,3	3,1	2,5	
	RG (T)	60 A	0,54	0,69	0,80								0,3
	F6 2 m	100 A 150 A	0,43 0,35	0,552 0,442	0,644 0,515	0,1	8,2	6,6	Couple de serrage indicatif				
	DO 8	200 A	0,25	0,32	0,37					0,09	8,2	6,6	
	DO 9	300 A	0,173	0,221	0,258	0,06	12,1	9,7	Couple de serrage indicatif				
	THYRISTORS – TRIACS												
	TO 39	–	35	–	–	–	–	–	–	Sans dissipateur			
	TO 64	7,4 A	3,1	3,94	4,57	0,7	2,2	1,8					
	TO 48	16 A 25 A 35 A 50 A	1,59 1,08 1,08 0,864	2,02 1,38 1,38 1,105	2,34 1,61 1,61 1,29	0,4	3,1	2,5	Boîtier pour triacs et thyristors				
	TO 65	63 A	0,752	1,03	1,13					0,3			
	TO 94	120 A 150 A 180 A	0,324 0,276 0,259	0,414 0,352 0,332	0,483 0,411 0,386					0,1	8,2	6,6	Boîtier pour thyristors
	TO 93	275 A 325 A	0,173 0,14	0,221 0,18	0,258 0,21								
	TO 220 (AB)	4 A 6 A 8 A 10 A	4,3 2,8 2,18 1,67	– – – –	– – – –	3	– – – –	– – – –	Boîtier pour triacs				
TRANSISTORS													
TO 3	–	–	–	–	1					–	–	–	Les valeurs de $R_{th\ jc}$ sont données § 24.6.4.
TO 66	–	–	–	–	2					–	–	–	
CB 159	–	–	–	–	1	–	–	–					
24.8.3. INFLUENCE DU MONTAGE SUR LA RÉSISTANCE THERMIQUE $R_{th\ cr}$	<p><b>La résistance thermique <math>R_{th\ cr}</math> varie suivant le montage du composant sur le dissipateur :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– par utilisation d'une graisse aux silicones, multiplier <math>R_{th\ cr}</math> par 0,2 ;</li> <li>– par utilisation d'une graisse sans silicones, multiplier <math>R_{th\ cr}</math> par 0,4 ;</li> <li>– par utilisation de disques isolants : <ul style="list-style-type: none"> <li>– rondelle de mica épaisseur 0,05 mm, résistance thermique de transition : 0,8 °C/W ; 2 kV</li> <li>– rondelle de mica argenté 50 <math>\mu</math>m, résistance de transition : 0,4 °C/W ; 1,5 kV</li> <li>– rondelle isolante en Kapton 50 <math>\mu</math>m, résistance thermique de transition : 0,35 °C/W ; 0,5 kV.</li> </ul> </li> </ul> <p>La résistance thermique totale boîtier – dissipateur, dans le cas d'un montage isolé par rondelle devient égale à :</p>												
	$R_{th\ cr} = 2 R_{th\ cr} + R_{th\ tr}$			<p><math>R_{th\ cr}</math> : résistance thermique totale  <math>R_{th\ cr}</math> : résistance thermique donnée § 24.8.2.  <math>R_{th\ tr}</math> : résistance thermique de transition.</p>									
<p>Éventuellement corriger 2 <math>R_{th\ cr}</math> si des graisses sont utilisées.  Choisir de préférence des dissipateurs dont l'épaisseur est au moins égale à 2 mm.</p>													
24.8.4. INFLUENCE DU MONTAGE SUR LA RÉSISTANCE THERMIQUE $R_{th\ ra}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Si le dissipateur est monté horizontalement, multiplier <math>R_{th\ ra}</math> calculée par 0,5.</li> <li>– Si le dissipateur n'est pas en finition anodisée noir, retrancher à <math>R_{th\ ra}</math> calculée 0,3 °C/W.</li> </ul>												
	<p><b>Remarque concernant le montage du dissipateur :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Si le composant est directement monté sur le dissipateur, le potentiel de ce dissipateur est au potentiel du boîtier du composant, il faut alors isoler le dissipateur du châssis de montage.</li> </ul>												

**24.8.5. PLAQUES ALUMINIUM ET CUIVRE POUR PETITS DISSIPATEURS**

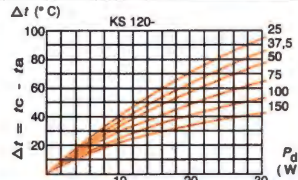
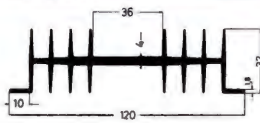
$R_{th ra} \geq 1,5 \text{ } ^\circ\text{C/W}$



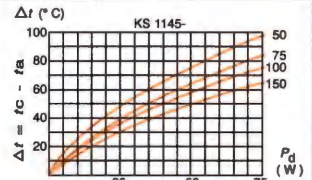
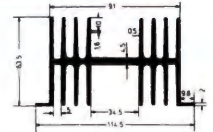
**KS 601.**  
Finition A\* ou E\*\*. Longueurs (mm) 25 ; 37,5 ; 50 ; 75 ; 100 ; 1 000. Masse (g/cm) : 8,2



**KS 120.**  
Finition A\* ou E\*\*. Longueurs (mm) : 37,5 ; 50 ; 75 ; 100 ; 150 ; 1 000. Masse (g/cm) : 20



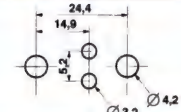
**KS 1145.**  
Finition A\* ou E\*\*. Longueurs (mm) : 50 ; 75 ; 100 ; 150 ; 1 000. Masse (g/cm) : 40



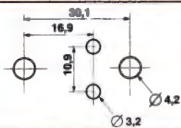
**24.8.6. CHOIX DES DISSIPATEURS**

$0,7 \leq R_{th ra} \leq 7 \text{ } ^\circ\text{C/W}$

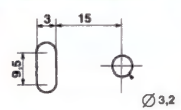
**USINAGE POUR TO 66**



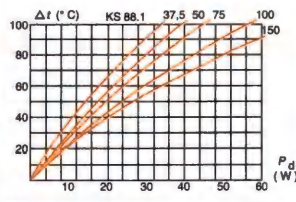
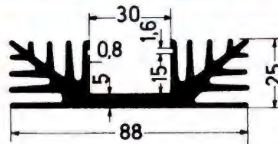
**USINAGE POUR TO 3**



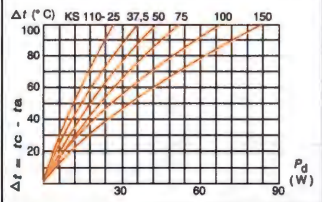
**USINAGE POUR TO 220**



**KS 881.**  
Finition A\* ou E\*\*. Longueurs (mm) : 31,5 ; 50 ; 75 ; 100 ; 150 ; 1 000. Masse (g/cm) : 24



**KS 110.**  
Finition A\* ou E\*\*. Longueurs (mm) : 50 ; 75 ; 100 ; 1 000. Masse (g/cm) : 21.



\* A : finition anodisée blanc

\*\* E : finition anodisée noir (les diagrammes ci-dessus s'appliquent pour ce type de finition)  
Longueurs commercialisées en mm. Masse en g/cm.

**24.8.7.**  
**CHOIX DES**  
**DISSIPATEURS**  
 $R_{th} ra \leq 2,8 \text{ } ^\circ\text{C/W}$

\* Convection naturelle ; dissipateur noir anodisé monté verticalement.

\*\* Convection forcée ou ventilation forcée ; dissipateur blanc anodisé monté verticalement.

– Dans ce cas le dissipateur est monté dans une enveloppe en tôle d'acier chromé blanc.

– Généralement les ventilateurs aspirent l'air froid puis le soufflent sur les dissipateurs.

– Il est recommandé d'utiliser des filtres à poussières en milieu difficile, il faut alors surdimensionner les dissipateurs de 20 à 30 %.

– Afin de prolonger la durée de vie de ces ventilateurs, il est conseillé de placer des interrupteurs thermiques à mini-maxi.

**Caractéristiques des ventilateurs**

**Modèle 1 :**

18 VA 220 V monophasé  
2 800 min<sup>-1</sup>.  
Classe : E  
63 m<sup>3</sup>/h. 0,55 kg, temps de fonctionnement à 50°C : 15 à 20 000 h.

**Modèle 2 :**

26 VA 220 V monophasé  
2 550 min<sup>-1</sup>.  
Classe : E  
180 m<sup>3</sup>/h. 0,65 kg, temps de fonctionnement à 50°C : 10 à 15 000 h.

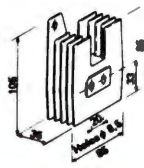
**PROFIL CB**



Type	L mm	$R_{th} \text{ } ^\circ\text{C/W}$		
		convection naturelle*	ventilation forcée**	
CB 80	80	2,8	1 m/s	5 m/s
			1,5	0,4

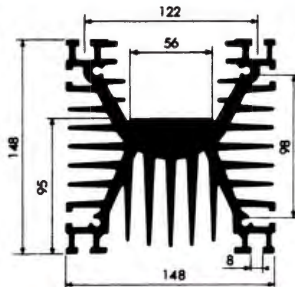
Poids au mètre 3,55 kg

**MOULAGE M5**



Type	L mm	$R_{th} \text{ } ^\circ\text{C/W}$		
		convection naturelle*	ventilation forcée**	
M5	35	1,8	1 m/s	5 m/s
			0,42	0,22

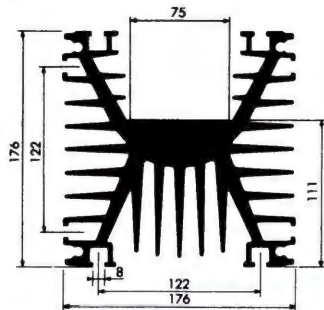
**PROFIL Z**



Type	L mm	$R_{th} \text{ } ^\circ\text{C/W}$		
		convection naturelle*	ventilation forcée**	
Z 100	100	0,46	1 m/s	5 m/s
			0,25	0,22
Z 150	150	0,39	1 m/s	5 m/s
			0,19	0,10
Z 200	200	0,34	1 m/s	5 m/s
			0,17	0,09
Z 300	300	0,29	1 m/s	5 m/s
			0,15	0,04

Poids au mètre 20 kg

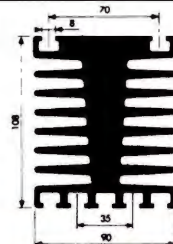
**PROFIL R**



Type	L mm	$R_{th} \text{ } ^\circ\text{C/W}$		
		convection naturelle*	ventilation forcée**	
R 150	150	0,30	1 m/s	5 m/s
			0,18	0,09
R 200	200	0,27	1 m/s	5 m/s
			0,17	0,08
R 300	300	0,23	1 m/s	5 m/s
			0,15	0,07

Poids au mètre : 30 kg

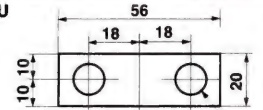
**PROFIL P**



Type	L mm	$R_{th} \text{ } ^\circ\text{C/W}$		
		convection naturelle*	ventilation forcée**	
P 80	80	0,70	1 m/s	5 m/s
			0,32	0,15
P 100	100	0,60	1 m/s	5 m/s
			0,28	0,14
P 150	150	0,46	1 m/s	5 m/s
			0,25	0,13
P 200	200	0,42	1 m/s	5 m/s
			0,23	0,125
P 250	250	0,40	1 m/s	5 m/s
			0,22	0,121

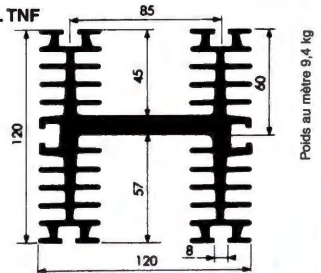
Poids au mètre 13,5 kg

**BARRE À EAU**



$R_{th} = 0,08 \text{ } ^\circ\text{C/W}$ . Température de l'eau = 20 °C

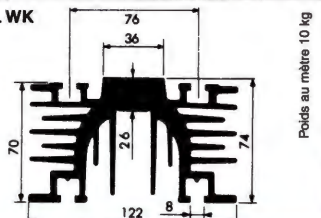
**PROFIL TNF**



Type	L mm	$R_{th} \text{ } ^\circ\text{C/W}$		
		convection naturelle*	ventilation forcée**	
TNF 80	80	0,7	1 m/s	5 m/s
			0,31	0,17
TNF 100	100	0,62	1 m/s	5 m/s
			0,27	0,16
TNF 150	150	0,51	1 m/s	5 m/s
			0,25	0,15
TNF 200	200	0,42	1 m/s	5 m/s
			0,24	0,134

Poids au mètre 9,4 kg

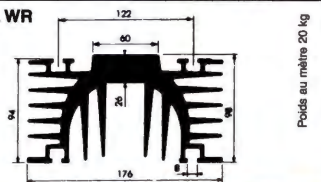
**PROFIL WK**



Type	L mm	$R_{th} \text{ } ^\circ\text{C/W}$		
		convection naturelle*	ventilation forcée**	
2xWK 100	100	0,50	1 m/s	5 m/s
			0,23	0,11
2xWK 150	150	0,38	1 m/s	5 m/s
			0,19	0,09

Poids au mètre 10 kg

**PROFIL WR**



Type	L mm	$R_{th} \text{ } ^\circ\text{C/W}$		
		convection naturelle*	ventilation forcée**	
2xWR 100	100	0,33	1 m/s	5 m/s
			0,17	0,09
2xWR 150	150	0,26	1 m/s	5 m/s
			0,13	0,07
2xWR 200	200	0,20	1 m/s	5 m/s
			0,12	0,065
2xWR 250	250	0,18	1 m/s	5 m/s
			0,12	0,06

Poids au mètre 20 kg

## 24.9. EXEMPLES D'APPLICATION

VALEUR MOYENNE D'UNE TENSION REDRESSÉE

Dans le cas de l'alimentation d'un inductif de moteur à courant continu, il faut une tension moyenne au moins égale à 220 V pour un moteur marqué 220 V (continu pur). Valeurs usuelles de la tension moyenne suivant la tension du secteur :

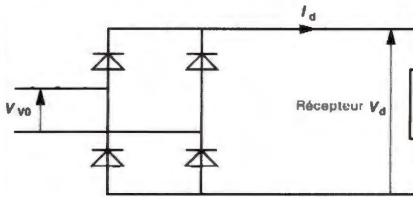
Type de pont	Réseau	
	230 V	400 V
Monophasé simple alternance	99 V	171 V
Pont monophasé	198 V	342 V
Etoile triphasé	147 V	255 V
Pont triphasé	297 V	513 V

**Exemple :**

Moteur à courant continu 220 V. Si ce moteur est alimenté par un pont branché directement sur le secteur, le pont devra être du type étoile triphasé sur réseau 230/400 V.

EXEMPLE DE CHOIX D'UN PONT MONOPHASÉ DE MOYENNE PUISSANCE

**Schéma de principe :**



**Données :**

- Le pont redresseur comporte 4 diodes (Température ambiante 30 °C)
- $\bar{I}_d$  (courant moyen dans le récepteur) : 35 A.
- $\bar{V}_d$  (tension moyenne aux bornes du récepteur) : 220 V.
- Caractéristiques du réseau : 230 V ; 50 Hz (entre phase-neutre)
- Protection en amont par un disjoncteur.

CHOIX DES DIODES

- Le pont redresseur comporte 4 diodes ; déterminer les caractéristiques d'une diode.
  - Le tableau (§ 24.2.1.) donne pour  $\bar{V}_d = 220$  V et  $\bar{I}_d = 35$  A :
    - un courant moyen redressé par diode :  $I_o = 0,5$   $I_d = 0,5 \times 35 = 17,5$  A
    - une tension inverse appliquée crête :  $V_{RRM} = 1,57$   $V_d = 1,57 \times 220 = 345,4$  V
  - Le tableau (§ 24.2.3.) donne :
    - 4 diodes 20 A 400 V type 1N1196 boîtier DO5. (2 diodes pourront être à anodes communes et 2 à cathodes communes).
  - Caractéristiques des diodes type 1N1196 :
    - courant de crête non répétitif (durée 10 ms) :  $I_{FSM} = 450$  A.
    - contrainte thermique  $I^2t = 1\ 000$  A<sup>2</sup>s.
- Il est à noter que le  $I^2t$  peut être déterminé à partir de  $I_{FSM}$  de la façon suivante :
- $$I^2t = (I_{FSM}/\sqrt{2})^2 t = 450/\sqrt{2})^2 \times 10^{-2} = 1\ 012,5$$
- A
- <sup>2</sup>
- s
- $\approx 1\ 000$
- A
- <sup>2</sup>
- s.

ALIMENTATION DU PONT :  
Choix du transformateur  
Chapitre 18

- On désire une tension moyenne de 220 V, le tableau § 24.2.1. donne :
- une tension efficace d'alimentation (secondaire du transformateur)  $V_{vo} = 1,11$   $V_d = 1,11 \times 220 = 244,2$  V.
  - une chute de tension dans les diodes (ramenée côté alternatif) :  $\Delta U = 2,4$  V.
  - une tension nominale secondaire  $U_{2n} = 244,2 + 2,4 \approx 246,5$  V.
  - une puissance moyenne du transformateur :  $S_{P1} = 1,23$   $I_d$   $V_d = 1,23 \times 220 \times 35 = 9\ 471$  VA.
- Caractéristiques du transformateur monophasé d'alimentation :
- $U_1 = 230$  V ;  $U_2 = 246,5$  V ; 50 Hz ; 10 kVA (type TMN 10 ou TMP 10).
- Protection du primaire :
- $I_1 = 10\ 000/230 = 43,5$  A
  - 1 fusible aM 50 A sur la phase
  - 1 bouchon de neutre sur le neutre.

DÉBIT DU PONT

- Courant moyen maximum dans la charge : 35 A.
- On suppose :
  - une charge très selfique : l'ondulation du courant est pratiquement nulle
  - un fonctionnement quasi permanent à charge constante.
- Les faibles surcharges seront éliminées par un disjoncteur associé à un relais thermique.

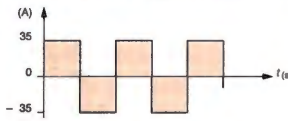
### 24.9.1. REDRESSEUR À DIODES

**CHOIX DES FUSIBLES ET DE LEUR EMBLACEMENT**

- La température ambiante étant inférieure à 30 °C et la charge étant constante, il n'y a pas lieu de déterminer les différents coefficients correcteurs (§ 24.7.1.).
- Deux modes de protection peuvent être envisagés :
  - en plaçant un fusible sur chaque phase,
  - en plaçant un fusible en série avec chaque diode.

**a) Fusible placé sur chaque phase :**

- L'ondulation étant pratiquement nulle, le courant efficace sera de 35 A.



$$\hat{I} = 35 \text{ A} = I_{\text{eff}}$$

Le calibre normalisé immédiatement supérieur est 40 A soit un fusible du type URGA 22 x 58 de 40 A (§ 24.7.2.).

**- Vérification de la protection :**

Lors d'un défaut interne ou externe, deux fusibles couperont le circuit en série. La tension de rétablissement, à cause de l'inégalité de charges dues à la commutation, ne sera pas de moitié de celle du réseau mais de :

$$(246,5/2) \times 1,3 = 160 \text{ V (Fig. 26, § 24.9.2.)}$$

Le tableau § 24.7.2. donne une contrainte thermique  $I^2t$  de fonctionnement total de 700 A<sup>2</sup>s.

La courbe (Fig. 23) donne  $K = 0,45$  pour 160 V ( $U \neq 660$  V) d'où la contrainte thermique  $I^2t$  du fusible = 700 x 0,45 = 315 A<sup>2</sup>s

La protection est assurée car la contrainte thermique  $I^2t$  des diodes est supérieure à 315 A<sup>2</sup>s.

- La tension de coupure est sans influence sur les diodes dans ce cas

**b) Fusible placé en série avec chaque diode**

- La valeur efficace du courant devient :  $35/\sqrt{2} = 25$  A



$$\hat{I} = 35 \text{ A} ; I_d = 17,5 \text{ A} ; I_{\text{eff}} = 25 \text{ A}$$

Le calibre du fusible normalisé immédiatement supérieur est de 32 A soit un fusible URGA 22 x 58 de 32 A (§ 24.7.2.).

**- Vérification de la protection :**

Comme précédemment la tension de rétablissement vaut 160 V ;  $K = 0,45$

$$I^2t \text{ du fusible} = 400 \times 0,45 = 180 \text{ A}^2\text{s}$$

La protection est assurée car la contrainte thermique  $I^2t$  des diodes est supérieure à 180 A<sup>2</sup>s.

- La tension de coupure est sans influence sur les diodes dans ce cas.

**CHOIX DU DISSIPATEUR**

- Puissance à dissiper par diode (A partir du § 24.2.3.) :

$$V_{\text{FM}} = 1,5 \text{ V} \quad I_o = 20 \text{ A} \quad \text{d'où } P_d/\text{diode} = 20 \times 1,5 = 30 \text{ W}$$

- Détermination des résistances thermiques : (méthode a § 24.8.1.)

$$- R_{\text{th ja}} = \frac{t_{vj} - t_{\text{amb}}}{P_d} = \frac{175 - 30}{P_d} = 4,83 \text{ } ^\circ\text{C/W}$$

$$- R_{\text{th jc}} = 1,3 \text{ } ^\circ\text{C/W (Boîtier DO5) (§ 24.8.2.)}$$

$$- R_{\text{th cr}} = 0,3 \text{ } ^\circ\text{C/W (Boîtier DO5)}$$

$$- R_{\text{th ra}} = R_{\text{th ja}} - R_{\text{th jc}} - R_{\text{th cr}} = 4,83 - 1,3 - 0,3 = 3,2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$$

- En supposant un montage direct, diodes deux à deux :

$$R_{\text{th ra}} = 3,2/2 = 1,6 \text{ } ^\circ\text{C/W}$$

- Le § 24.8.7. donne un dissipateur du type P80 à convection naturelle.

- **Détermination du dissipateur (méthode b : § 24.8.1.)**

$$P_d/\text{diode} = 30 \text{ W}$$

$$- \Delta t = (t_{vj} - R_{\text{th jc}} P_d - t_{\text{amb}}) 0,8 \equiv (t_c - t_{\text{amb}}) 0,8 = (150 - 30) \times 0,8 = 96 \text{ } ^\circ\text{C}$$

- Le § 24.8.6. donne (en supposant le même montage que précédemment) un dissipateur du type KS 120 - 25 pour une diode, soit un dissipateur KS 120 - 50 pour 2 diodes.

- **En résumé il faut, pour réaliser ce redresseur (composants de base) :**

- un transformateur TMN 10 230/246,5 V,
- un fusible aM 50 + une cartouche de neutre,
- deux diodes 1N 1196 A,
- deux diodes 1N 1196 A, R,
- deux fusibles URGA 22 x 58 de 40 A,
- deux dissipateurs KS 120 - 50.

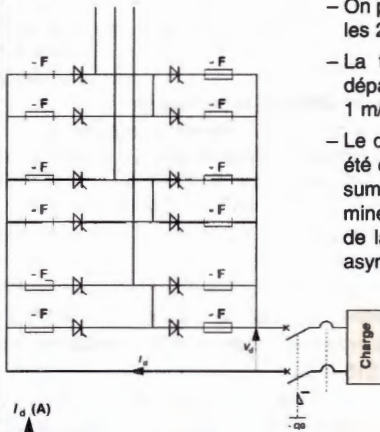
**24.9.2.  
REDRESSEUR  
CONTRÔLÉ À  
THYRISTORS**

**EXEMPLE DE  
CHOIX D'UN  
PONT  
TRIPHASÉ  
TOUT  
THYRISTOR**

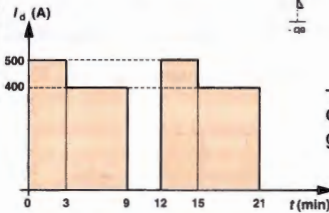
- Alimentation directe d'un pont triphasé double alternance à thyristors.
- Caractéristiques principales de l'alimentation triphasée : 3 x 230 V 50 Hz
- On désire deux thyristors par bras, chaque thyristor étant protégé séparément par un fusible (protection conseillée lorsqu'il y a plusieurs composants en parallèle par bras) ; la protection côté continu sera assurée par un disjoncteur associé à un relais magnétique.

**Schéma de l'équipement**

3 x 230 V



- On précise que le coefficient de répartition entre les 2 thyristors est de 1,1.
- La température ambiante dans le coffret ne dépasse pas 40 °C et ce coffret est ventilé à 1 m/s.
- Le disjoncteur Q0 et son relais magnétique ont été choisis pour un courant de court-circuit présumé de 1 400 A (courant de court-circuit éliminé en 250 ms). Le courant de court-circuit de la première onde vaut 3 400 A crête (onde asymétrique) avec :  $\cos \varphi_{cc} = 0,12$  (Chapitre 6) durée de cette onde : 15 ms



- Le redresseur à étudier débite dans une charge constante un courant variable représenté par le graphique ci-contre. (Le courant moyen varie grâce à l'angle de conduction des thyristors, on admet que les 500 A sont obtenus pour la conduction maximum des thyristors.)

**Graphique de fonctionnement**

(Valeur moyenne maximale de la tension = 311 V)

- On se place dans le cas où le courant moyen  $I_d$  dans la charge vaut 500 A. (Pour une conduction maximale, on peut assimiler cet équipement à un pont de diodes.)
- Le tableau § 24.2.1. donne  $I_o/I_d = 0,333$  ( $I_o$  courant moyen dans un bras) :
  - $I_o = 500 \times 0,333 = 167$  A
  - soit par thyristor :  $167 \times 1,1/2 = 92$  A.
- Calcul de la tension inverse de crête :
  - $V_{vo}/V_d = 0,74 \rightarrow V_d = 230/0,74 = 311$  V
  - $V_{RRM}/V_d = 1,05 \rightarrow V_{RRM} = 311 \times 1,05 = 326$  V.
- Cas le plus défavorable pour un de défaut :  $V_{vo} = 230$  V (Fig. 26).

Type de défaut	Place des fusibles	Tension de fonctionnement
Défaut interne (1 thyristor par bras)	sur thyristor	1,3/2 $V_{vo}$
	sur phase	1,3/2 $V_{vo}$
Défaut interne (n thyristors par bras)	sur thyristor	$V_{vo}$
	sur phase	1,3/2 $V_{vo}$
Défaut externe (1 ou n thyristors par bras)	sur thyristor	1,3/2 $V_{vo}$
	sur phase	1,3/2 $V_{vo}$
Défaut de recombinaison (marche en onduleur seulement 1 ou n thyristors par bras)	sur phase 1 par bras	$\frac{V_d + V_{vo}\sqrt{2}}{2\sqrt{2}}$ 1,3
	sur thyristor 1 par bras	
	sur phase n par bras	$\frac{V_d + V_{vo}\sqrt{2}}{\sqrt{2}}$
	sur thyristor n par bras	

**Fig. 26 – Tension de fonctionnement des fusibles.**

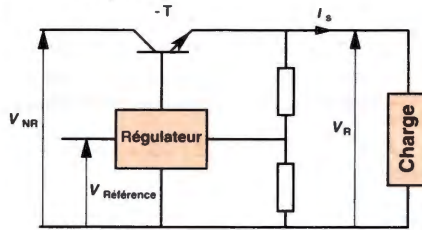
CHOIX DES THYRISTORS	Les thyristors TK 1804 Boîtier TO 94 (§ 24.3.4.) seront retenus sous réserve des vérifications ci-après.
CHOIX DES FUSIBLES (§ 24.7.1.)	<p>– Courant efficace par bras : <math>\bar{I}_d = 500 \text{ A}</math> <math>\longrightarrow I_1 = 500 \times 0,577 = 289 \text{ A}</math>  <math>\bar{I}_d = 400 \text{ A}</math> <math>\longrightarrow I_2 = 400 \times 0,577 = 231 \text{ A}</math></p> <p>– Courant efficace par thyristor : <math>I_{\text{eff}1} = 289 \times 1,1/2 = 159 \text{ A}</math> (Valeur approchée)  <math>I_{\text{eff}2} = 231 \times 1,1/2 = 127 \text{ A}</math></p> <p>– Courant efficace par thyristor durant le passage du courant :  <math>I_{\text{eff}3} = \sqrt{(159^2 \times 3 + 127^2 \times 6)} \times 1/9 = 139 \text{ A}</math></p> <p>– Courant efficace par thyristor sur un cycle : <math>I_{\text{eff}} = 139 \times \sqrt{9/12} = 121 \text{ A}</math></p> <p>– Le choix des fusibles se fera dans la gamme URG (§ 24.7.2.).  – Calibre suivant les influences externes (<math>a = 130</math> ; <math>b = 1,25</math>)  <math>A_1 = \sqrt{\frac{130 - 40}{130 - 30}} = 0,95</math> ; <math>B_1 = 1 + \frac{(1,25 - 1) \cdot 1}{5} = 1,05</math> ; <math>C_1 = A_1 \cdot B_1 \approx 1</math></p> <p><math>I_{\text{nb}} = \frac{121}{C_1 \cdot C_2}</math>      <math>C_1 = 1</math>      <math>C_2 = 0,7</math>      <math>I_{\text{nb}} = \frac{121}{1 \times 0,7} = 173 \text{ A}</math></p> <p>– Calibres suivant les variations de courant (<math>C_3 = 0,6</math>).  – Multiples de <math>I_n</math> (Courbe de préarc AA' Fig. 20).  <math>t_1 = 180 \text{ s} \rightarrow M_1 = 1,9</math> ; <math>t_2 = 360 \text{ s} \rightarrow M_2 = 1,75</math> ; <math>t_3 = 540 \text{ s} \rightarrow M_3 = 1,7</math></p> <p><math>I_{\text{nc}1} = \frac{159}{1,9 \times 0,6} = 140 \text{ A}</math> ; <math>I_{\text{nc}2} = \frac{127}{1,75 \times 0,6} = 121 \text{ A}</math> ; <math>I_{\text{nc}3} = \frac{139}{1,7 \times 0,6} = 136 \text{ A}</math></p> <p>– Il faut choisir le calibre égal ou immédiatement supérieur à 173, 140, 121 ou 136 A.  – On choisit 12 fusibles 200 A référence : URGG taille 30 de 200 A.  – Calibre suivant les surcharges exceptionnelles (<math>C_4 = 0,8</math>) crête asymétrique :  <math>3400 \text{ A}</math> soit <math>3400/\sqrt{2} = 2400 \text{ A}_{\text{eff}}</math> durant 15 ms (<math>I_{\text{cc}1}</math>)  <math>I_{\text{cc}2} = 1400 \text{ A}_{\text{eff}}</math>  <math>t_1 = 15 \text{ ms} \rightarrow M = 4,8</math>      <math>t_2 = 250 \text{ ms} \rightarrow M = 3,7</math></p> <p><math>I_{\text{nd}1} = \frac{2400 \times 1,1 \times 0,577}{4,8 \times 0,8 \times 2} = 198 \text{ A}</math>      <math>I_{\text{nd}2} = \frac{1400 \times 1,1 \times 0,577}{3,7 \times 0,8 \times 2} = 150 \text{ A}</math></p> <p>(Courant dans chaque thyristor lors d'un court-circuit côté continu.)  – Il faut des fusibles de calibre supérieur à 198 A pour qu'ils supportent le défaut éliminé par le disjoncteur : les fusibles URGG taille 30 de 200 A conviennent.</p>
CONTRÔLE DES PROTECTIONS	<p>– La tension de rétablissement ou d'utilisation des fusibles est 230 V (<math>\lambda = 1</math>).  – La tension de coupure pouvant apparaître aux bornes d'un fusible lors de son fonctionnement (donc aux bornes du thyristor placé en parallèle) vaut 600 V (Fig. 24). Les thyristors TK 1804 ne conviennent pas (<math>V_{\text{RRM}} = 400 \text{ V}</math>). Il faut des thyristors TK 1806 boîtier TO 94 (<math>V_{\text{RRM}} = 600 \text{ V}</math>).  – Défaut interne (cas le plus défavorable) <math>V_{\text{vo}} = 230 \text{ V}</math>.  – <math>I^2t</math> thyristor = 20 000 A<sup>2</sup>s (§ 24.3.4.).  – <math>I^2t</math> maximum de fonctionnement du fusible = 24 500 A<sup>2</sup>s (§ 24.7.2.).  – Pour une tension de fonctionnement de 230 V, <math>K = 0,42</math> (Fig. 25).  – <math>I^2t</math> fusible = 24 500 <math>\times</math> 0,42 = 10 300 A<sup>2</sup>s.  La protection est assurée car la contrainte thermique <math>I^2t</math> des thyristors est de 20 000 A<sup>2</sup>s. (On suppose que le défaut n'affecte qu'un seul thyristor d'un bras.)  – Courant efficace de l'onde asymétrique dans chaque thyristor :  <math>2400 \times 1,1 \times 0,577/2 = 762 \text{ A}</math> soit <math>762^2 \times 0,015 = 8710 \text{ A}^2\text{s} &lt; I^2t</math> thyristor.</p>
CHOIX DES DISSIPATEURS (§ 24.8.1.)	<p>– La conduction maximum de chaque thyristor est <math>\theta = 120^\circ</math> ; <math>I_o = 114 \text{ A}</math>  – Pour <math>\theta = 120^\circ</math> <math>I_d = 0,9 I_o</math> (Fig. 7) soit 100 A (les thyristors TK 1806 conviennent).  – <math>V_{\text{TM}} = 1,5 \text{ V}</math> ; <math>t_{\text{vj}} = 125^\circ \text{C}</math> ; <math>t_{\text{case}} = 80^\circ \text{C}</math> (§ 24.3.4.).  – <math>P_d = 1,5 \times 100 = 150 \text{ W}</math>.  – <math>t_{\text{case}}</math> maxi (<math>\theta = 120^\circ</math>) = <math>72^\circ \text{C}</math> (Fig. 8).  – <math>R_{\text{th} \text{ jc}} (\theta = 120^\circ) = 0,332^\circ \text{C/W}</math> ; <math>R_{\text{th} \text{ cr}} = 0,1^\circ \text{C/W}</math> (tableau § 24.8.2.) : montage direct.  – <b>Méthode 1</b> : <math>R_{\text{th} \text{ ra}} = R_{\text{th} \text{ ja}} - R_{\text{th} \text{ jc}} - R_{\text{th} \text{ cr}} = \frac{125 - 40}{150} - 0,332 - 0,1 = 0,135^\circ \text{C/W}</math>  – <b>Méthode 2</b> : <math>R_{\text{th} \text{ ra}} = R_{\text{th} \text{ ca}} - R_{\text{th} \text{ cr}} = \frac{125 - 40}{150} - 0,1 = 0,113^\circ \text{C/W}</math>. (résultat sensiblement identique).  – Le § 24.8.7. donne un profil WK 150 à ventilation forcée 5 m/s par thyristor.</p>
EN RÉSUMÉ	<p>Il faut : – 12 thyristors 180 A TK 1806.  – 12 fusibles URGG taille 30 de 200 A.  – 12 profils WK 100 ventilé à 5 m/s.</p>

**24.9.3.  
ALIMENTATION  
STABILISÉE À  
TRANSISTOR**

**ÉTUDE D'UNE  
ALIMENTATION  
STABILISÉE**

- On désire réaliser une alimentation stabilisée de 15 V fournissant un courant de sortie de 6 A maximum, protégée contre les courts-circuits.
- On envisage une régulation série par transistor ballast à partir d'une tension redressée filtrée de 21,5 V à vide.
- Température ambiante : 30 °C maximum.

**Schéma de principe**



T : transistor ballast  
 $V_{NR}$  : tension redressée filtrée non régulée  
 $V_R$  : tension régulée  
 $I_s$  : courant de sortie  
 Le circuit de régulation limite le courant  $I_s$  à 6 A, il permet un éventuel réglage de la tension de sortie.

**ÉTUDE DU  
BALLAST EN  
FONCTIONNE-  
MENT NORMAL**

- **Le composant sélectionné est un transistor du type 2N 3771.**  
 (Généralement on choisit un transistor dont la puissance dissipée vaut 4 à 5 fois la puissance normale à dissiper.)
- Puissance à dissiper :  $6 \times 6,5 = 39 \text{ W}$  ( $V_{CE} = 21,5 - 15 = 6,5 \text{ V}$ ).
- Caractéristiques du transistor 2N 3771 (Tableau § 24.6.4.)
- $I_c = 30 \text{ A}$  ;  $V_{CEO} = 40 \text{ V}$  ;  $P_d = 150 \text{ W}$  ;  $R_{th jc} = 1,17 \text{ }^\circ\text{C/W}$  ; Boîtier TO 3
- $R_{th cr} = 1 \text{ }^\circ\text{C/W}$  ramenée à  $0,2 \text{ }^\circ\text{C/W}$  par utilisation d'une graisse aux silicones (§ 24.8.2. et 24.8.3.).
- On se fixe une résistance thermique  $R_{th ra}$  de  $1 \text{ }^\circ\text{C/W}$
- $R_{th ja} = 1,17 + 0,2 + 1 = 2,37 \text{ }^\circ\text{C/W}$
- $P_d \text{ maxi} = \frac{t_{vj} - t_{amb}}{R_{th ja}} = \frac{200 - 30}{2,37} = 72 \text{ W}$
- $t_{case} = t_{amb} + P_d \text{ maxi} R_{th ca}$
- $R_{th ca} = R_{th cr} + R_{th ra} = 0,2 + 1 = 1,2 \text{ }^\circ\text{C/W}$
- $t_{case} = 30 + (72 \times 1,2) = 117 \text{ }^\circ\text{C}$ .
- Pour une température  $t_{case}$  de  $117 \text{ }^\circ\text{C}$ , la puissance que peut dissiper le transistor est de 50 % par rapport à une température  $t_{case}$  de  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  (Fig. 11).
- Tracer sur le réseau Fig. 12 la nouvelle aire de sécurité  $P_{max}/2 = 150/2 = 75 \text{ W}$  ( $t_{case} = 117 \text{ }^\circ\text{C}$ ).
- Le point de fonctionnement doit se trouver dans le nouveau domaine de sécurité :  $I_c = 6 \text{ A}$  ;  $V_{CE} = V_{NR} - V_R = 21,5 - 15 = 6,5 \text{ V}$ .
- Point A (Fig. 12) : il est bien à l'intérieur de cette zone.

**CHOIX DU  
DISSIPATEUR**

- $\Delta t = t_{case} - t_{amb} = 117 - 30 = 87 \text{ }^\circ\text{C}$ .
- $P_d = 72 \text{ W}$ . Le tableau § 24.8.6. donne un profil KS 1145 - 75.

**COMPORTE-  
MENT DU  
TRANSISTOR  
EN COURT-  
CIRCUIT**

- En court-circuit le transistor doit supporter 6 A sous 21,5 V ( $V_R = 0\text{V}$ ).
- Point B (Fig. 12) : Il n'est plus à l'intérieur de la zone de sécurité.
- On prévoit un système de mise hors tension supplémentaire pour que le point B reste dans les limites de l'aire de sécurité relative au régime d'impulsion unique.
- On suppose que le système de protection coupe le circuit en moins de 100 ms.
- Température du boîtier en régime normal :  $t_{case} = 30 + (1,2 \times 39) = 77 \text{ }^\circ\text{C}$ .
- Au moment du court-circuit le transistor doit débiter  $21,5 \times 6 = 129 \text{ W}$  pendant 100 ms.
- $t_{case} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$  ; 100 ms ;  $P_d = 320 \text{ W}$  (Fig. 12).
- $t_{case} = 77 \text{ }^\circ\text{C}$  ; 100 ms ; 70 % de  $P_d$  (Fig. 11).
- $P_d = 320 \times 0,7 = 224 \text{ W}$ . Ce qui donne  $I_c \text{ max} (100 \text{ ms}) = 224/21,5 = 10,4 \text{ A}$ .
- Le courant étant limité à 6 A, la protection prévue assure une bonne protection du montage.

# 25. MESURE ÉLECTRIQUE INDUSTRIELLE

## 25.1 MULTIMÉTRIE

### 25.1.1. MULTIMÉTRIE ANALOGIQUE

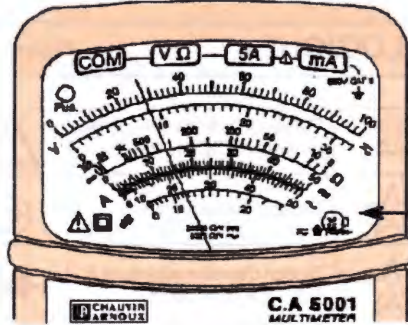
(D'après MÉTRIX - CHAUVIN ARNOUX)

#### SYMBOLES DES CADRANS

	Continu		Classe de précision au-dessus du symbole de position		Consultez la notice
	Alternatif		Tension d'épreuve 500 V		Référence à la norme NF C 42-100
	Continu et alternatif		Tension d'épreuve supérieure à 500 V (Ex. : 2 kV 50 Hz)		Redresseur
	Cadran horizontal		Appareil dispensé de l'épreuve		Shunt et chute de tension correspondante
	Cadran vertical		Borne de Terre		Résistance additionnelle
	Cadran incliné (60°)		Remise à zéro		Inductance additionnelle
	Impédance additionnelle		Appareil à aimant mobile		Appareil magnétoélectrique avec shunt extérieur et chute de tension correspondante
	Écran électrique		Logomètre (quotient-mètre) à aimant mobile		Appareil magnétoélectrique à redresseur
	Écran magnétique		Appareil ferromagnétique		Appareil magnétoélectrique à redresseur et transformateur de courant incorporé
<b>AST</b>	Appareil astatique		Appareil à fer mobile et à aimant		Protection magnétique
	Appareil magnétoélectrique		Logomètre (quotient-mètre) ferromagnétique		Appareil ferrodynamique
	Logomètre (quotient-mètre) magnétoélectrique		Appareil électrodynamique sans fer		Logomètre (quotient-mètre) électrodynamique
	Logomètre (quotient-mètre) ferrodynamique		Thermocouple non isolé pour mesure des valeurs efficaces	<b>Appareil ferromagnétique</b> La suspension de la bobine est sur pivots. L'échelle peut être normale, moteur ou dilatée. <i>Avantages :</i> L'appareil fonctionne en alternatif et continu. La loi d'échelle est fonction de la valeur efficace.	
	Appareil à induction	$\# \text{---} \text{---} \text{---} \#$ 400/100V	À brancher sur transformateur de tension TT 400/100 V	<b>Appareil magnétoélectrique</b> La suspension est assurée par pivots ou par ruban tendu. L'appareil fonctionne en alternatif. L'échelle est linéaire. <i>Avantages :</i> Faible consommation.	
	Logomètre (quotient-mètre) à induction		Intensité de champ magnétique exprimée en kiloampères par mètre produisant une variation correspondant à l'indice de classe (2 kA/m)	<b>Attention :</b> pas de ruban tendu sur des montages instables mécaniquement (groupe électrogène...).	
	Appareil bimétallique		Valeur de champ électrique exprimée en kilovolts par mètre produisant une variation correspondant à l'indice de classe (10 kV/m)	<b>Appareil magnétoélectrique à redresseurs</b> Caractéristiques identiques à appareil magnétoélectrique, mais avec un pont de diodes pour redresser l'alternatif. <i>Avantages :</i> L'appareil fonctionne en alternatif et continu. La bande passante est étendue jusqu'à 10 kHz. Loi d'échelle fonction de la valeur moyenne graduée en efficace. La consommation reste faible.	
	Appareil électrostatique	Un indicateur porte toujours inscrit sur son cadran la valeur de son calibre.			
	Appareil à lames vibrantes	<i>Exemple :</i> 2 mA, 100/5 A, 400/100 V... Sauf si le calibre est direct, celui-ci correspondant aux graduations de l'échelle du cadran. <i>Exemple :</i> voltmètre gradué de 0 à 250 V et d'un calibre de 250 V.			

## CLASSE DE PRÉCISION

La **classe de précision** caractérise la précision relative de l'appareil de mesure. Elle fournit les limites d'erreurs garanties en pourcentage de la valeur finale de la plage de mesure.



Classe de précision

1,5 % en DC  
2,5 % en AC

### ERREUR ABSOLUE ( $\Delta V$ ) :

L'**erreur absolue** maximale en tout point de la lecture est définie par :  
 $\Delta V$  : incertitude de lecture de part et d'autre de la tension lue.

**Exemple :**

Voltmètre de classe 2,5 sur le calibre 100 V AC.

$$\Delta V = \frac{\text{Classe. calibre (V)}}{100}$$

$$\Delta V = \frac{2,5 \cdot 100}{100} = \pm 2,5 \text{ V}$$

### ERREUR RELATIVE :

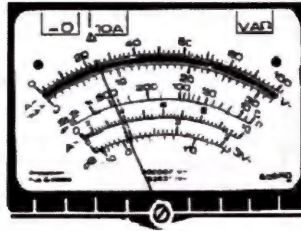
L'**erreur relative** ( $\epsilon$ ) traduit la précision de mesure. Elle s'exprime en pourcentage.

**Exemple :** tension en volts.

$$\epsilon (\%) = \frac{\Delta V \cdot 100}{V \text{ lue}}$$

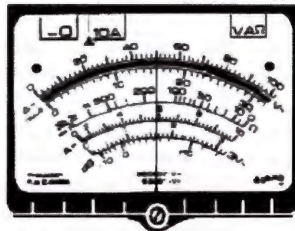
**Exemple sur calibre tension 100 V AC :**

Valeur lue = 25 V



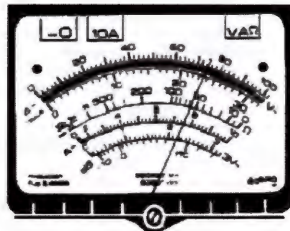
$$\epsilon (\%) = \frac{2,5 \cdot 100}{25} = 10 \%$$

Valeur lue = 50 V



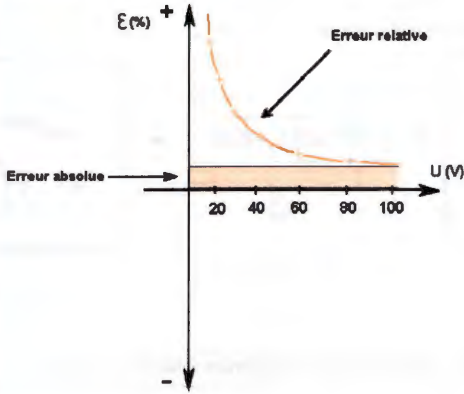
$$\epsilon (\%) = \frac{2,5 \cdot 100}{50} = 5 \%$$

Valeur lue = 75 V

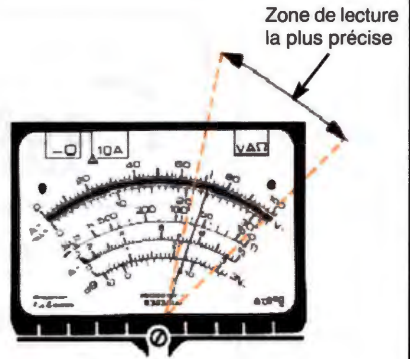


$$\epsilon (\%) = \frac{2,5 \cdot 100}{75} = 3,33 \%$$

**COURBE D'ERREUR :**



**CONCLUSION :**



L'erreur relative diminue si la valeur lue se rapproche de la pleine échelle.

On considère que dans le dernier tiers de l'échelle l'erreur de mesure est faible, donc la valeur mesurée est précise.

**CLASSIFICATION DES APPAREILS DE MESURE :**

Appareils de mesure	Classe de précision	
	de l'appareil	de l'accessoire
Appareils de mesure de précision	0,1	0,05
	0,2	0,10
	0,5	0,20
Appareils de mesure de service	1	0,5
	1,5	0,5
	2,5	1
	5	1

**Résolution :**

C'est le plus petit écart décelable sur un appareil de mesure numérique.

**Exemple :** Afficheur 2 000 points, calibre utilisé 1 volt

Mesure : 1 volt pleine échelle → 1.000

Mesure de la plus petite valeur sur le calibre 1 volt → .001 soit 1 mV

**La résolution sera de 1 mV sur le calibre 1 V.**

**Précision :**

Elle est généralement donnée en pourcentage de la lecture avec plus ou moins une erreur constante qui s'exprime en « digit ».

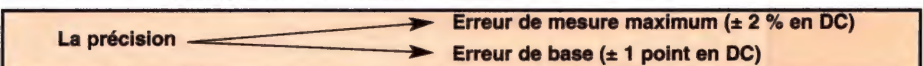
**Exemple :**

V DC et AC <sup>(1)</sup>	2 V	20 V	200 V	600 V <sup>(2)</sup>
Résolution	1 mV	10 mV	100 mV	1 V
Précision <sup>(3)</sup>	± 2 % L ± 1 pt en DC et ± 3 % L ± 5 pts en AC			
Surcharge admissible	1 000 V eff. pendant 5 secondes			

(1) Domaine d'utilisation : 10 Hz à 400 Hz sinusoïdal (bande passante).

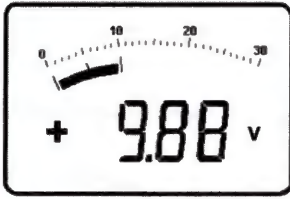
(2) Affichage 2 000 points limité à 600 V eff.

(3) Précision en pourcentage de la lecture.



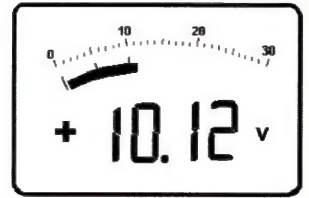
**Exemple de calcul :**

- Afficheur : 2 000 points, précision  $\pm 1\% \pm 2$  points.
- Calibre : 20 volts, on mesure une tension de 10 volts.
- L'écart de mesure est de  $\pm (0,1 + 0,02)$ , soit :



$$10 - 0,1 - 0,02 = 9,88 \text{ V}$$

$10 \text{ V} \pm (0,1 + 0,02)$



$$10 + 0,1 + 0,02 = 10,12 \text{ V}$$

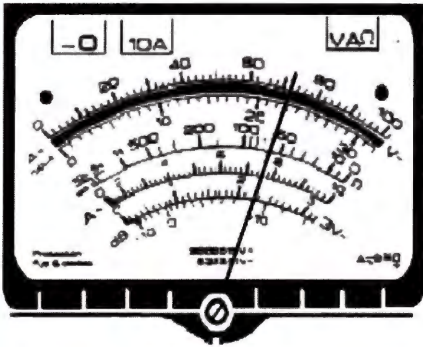
**Résultat : La mesure se situe entre 9,88 V et 10,12 V**

**À RETENIR :**

Sur les multimètres numériques, l'erreur relative est **constante sur toute la plage de mesure**. L'erreur de **mesure relative** ne dépend pas de la valeur mesurée.

**ÉTUDE COMPARATIVE DES DEUX TECHNIQUES :**

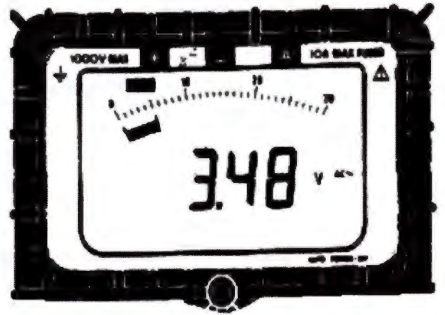
**ANALOGIQUE**



**Particularités**

- Impédance d'entrée **basse**.
- Perception immédiate de la **tendance** du signal.
- Affichage stable même sur les signaux parasites (**intégration du signal**).
- Pas de consommation de piles (sauf ohmmètre).

**NUMÉRIQUE**



**Particularités**

- Impédance d'entrée **élevée**.
- Pas de consommation sur les entrées.
- **Précision** élevée sur toute la gamme.
- **Excellente résolution**.
- Grande facilité de lecture.
- Plus de fonctions.
- **Robustesse** (pas de mécanisme).

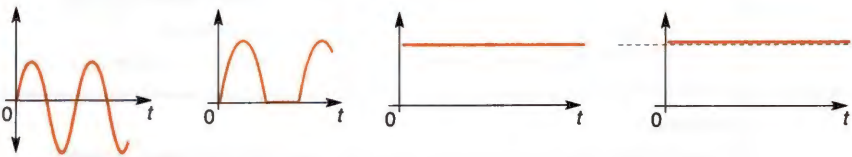
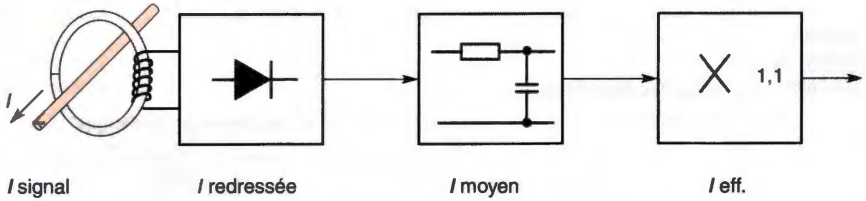
25.1.3.  
MESURE EN  
VALEUR  
MOYENNE

**PRINCIPE :**

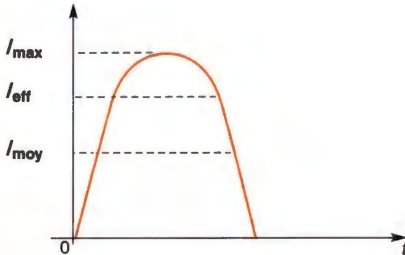
La mesure d'une grandeur alternative sinusoïdale est affectée par un redressement, puis par un filtrage du signal qui donne une valeur moyenne (**AVG**).

Cette dernière est ensuite affectée d'un coefficient pour donner la valeur efficace.

**Exemple :** Chaîne de mesure de la pince ampèremétrique en valeur moyenne.



**Note :** Le passage d'une valeur moyenne (sur signal sinusoïdal redressé) à une valeur efficace est affecté d'un coefficient 1,1.



$$I_{\max} = I_{\text{eff}} \times \sqrt{2}$$

$$I_{\text{eff}} = 1,1 \times I_{\text{moyen}}$$

$$I_{\text{moyen}} = 0,9 \times I_{\text{eff}}$$

25.1.4.  
MESURE EN  
VALEUR  
EFFICACE

**PRINCIPE :**

Les appareils numériques actuels sont dotés de circuits de calcul **RMS (Root Mean Square)**, afin de mesurer exactement la valeur efficace vraie (eff.).

**Exemple :** Pour un courant, la valeur efficace vraie est donnée par la relation :

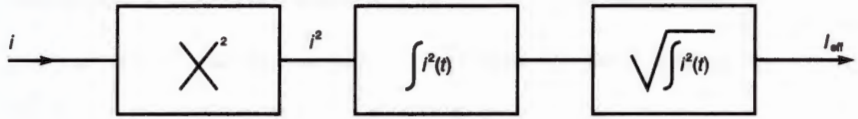
$$I_{\text{eff}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T I^2(t) dt}$$



**MESURE EN VALEUR EFFICACE**

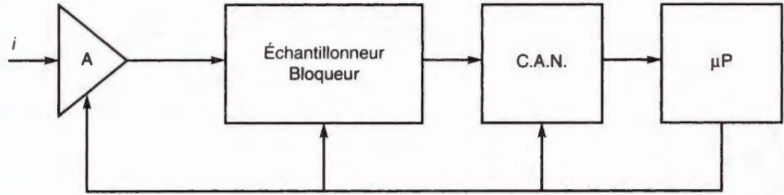
**CALCUL ANALOGIQUE :**

Le convertisseur **RMS** (analogique) réalise l'opération suivante :



**CALCUL NUMÉRIQUE :**

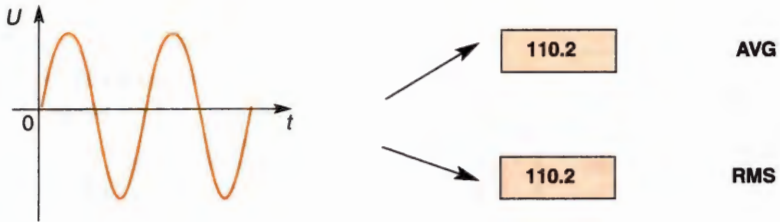
On obtient la valeur efficace du signal par un échantillonnage numérique.



**RAPPEL :**

L'interprétation de la mesure est fonction de l'appareil utilisé (**AVG** ou **RMS**).

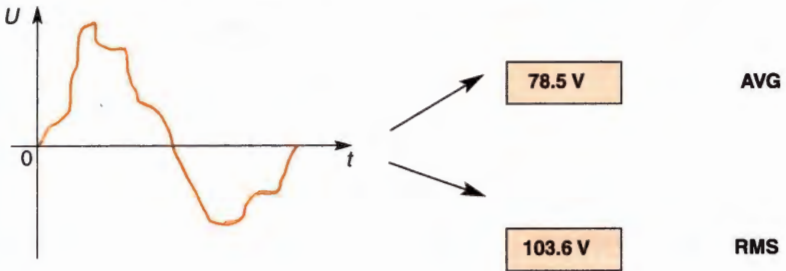
a) Exemple avec un **signal non déformé** (signal sinusoïdal)



**Interprétation des résultats :**

on constate que la **mesure est identique** sur un signal sinusoïdal pur avec un appareil de type AVG ou de type valeur efficace.

b) Exemple avec un **signal déformé** (signal non sinusoïdal) :



**Interprétation des résultats :**

l'écart entre les deux mesures sur un **signal déformé** peut atteindre 30 % à 50 %. Pour effectuer une mesure sur un **signal déformé**, il faut obligatoirement utiliser un **appareil RMS**.

**25.1.5. SIGNAUX SINUSOÏDAUX OU DÉFORMÉS**

**RAPPEL :**

Le facteur de crête  $F_C$  d'un signal est le ratio de la valeur **Max** sur la valeur efficace.

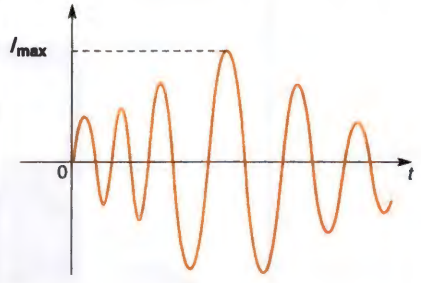
$$F_C = \frac{\text{Valeur Max (1/2 période)}}{\text{Valeur RMS}}$$

**Exemple :**

Pour un courant  $I$

$$F_C = \frac{I_{\text{max}} (1/2 \text{ période})}{I_{\text{RMS}}}$$

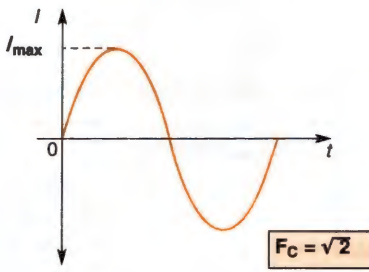
**Exemple d'un courant alternatif présentant un maximum de courant**



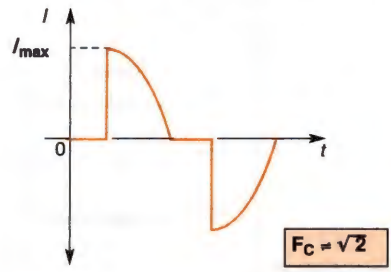
La valeur du facteur de crête nous renseigne sur la forme du signal (sinusoïdal ou déformé).

Deux cas peuvent se présenter :

**Signal sinusoïdal**



**Signal déformé (présence d'harmoniques)**



**25.1.6. FACTEUR DE CRÊTE**

**FORME D'ONDE AVEC SON FACTEUR DE CRÊTE :**

Forme du signal (courant)	$I_{\text{moyen}} (1/2 \text{ période})$	$I_{\text{efficace}}$	Facteur de crête
	$0,636 \hat{I}$	$0,707 \hat{I}$	1,414
	$0,5 \hat{I}$	$0,577 \hat{I}$	1,732
	$1 \hat{I}$	$1 \hat{I}$	1
	$0,32 \hat{I}$	$0,5 \hat{I}$	2

**À retenir :**

$F_C = 1,414 \Rightarrow$  Signal **sinus**

$F_C \neq 1,414 \Rightarrow$  Signal **déformé**

**en particulier :**

$F_C = 1 \Rightarrow$  Signal **carré**

$F_C = 2 \Rightarrow$  Signal **présentant des pics**

**MATÉRIEL INFORMATIQUE** (micro-ordinateur, bureautique...)

Ce matériel génère des signaux déformés et il est particulièrement sensible à ces signaux.

Un appareil de mesure **RMS** permettra de déterminer le facteur de crête  $F_c$  ( $I_{\text{crête}} / I_{\text{rms}}$ )

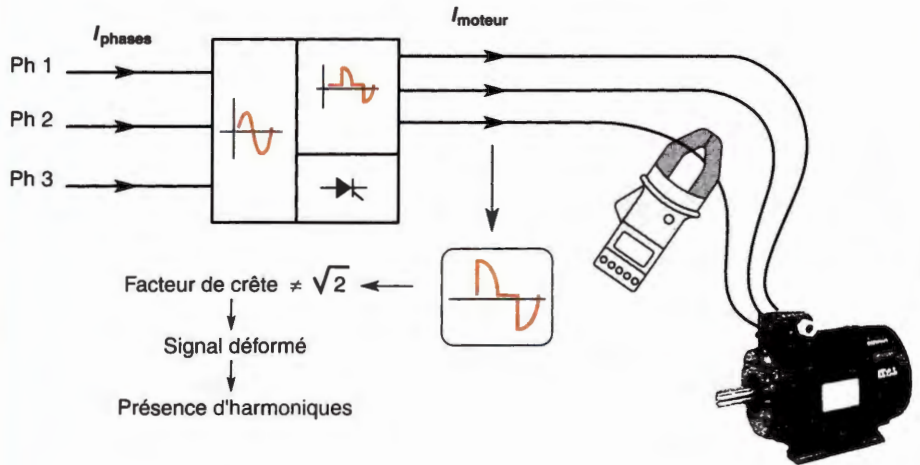


Si  $F_c = 2 = 1,414 \Rightarrow$  le signal est sinusoïdal, donc pas d'harmonique.

Si  $F_c \neq \sqrt{2} \neq 1,414 \Rightarrow$  présence d'harmoniques, donc le signal n'est plus sinusoïdal.

**Note** : il y a un risque de perturbations électriques.

**ALIMENTATION D'UN MOTEUR ALTERNATIF PAR UN VARIATEUR À THYRISTORS :**



La mesure sur une alimentation à découpage est un exemple classique de mesure de courant déformé (non sinusoïdal).

Elle doit s'effectuer avec un appareil TRMS et gagne en facilité de manipulation avec une pince appropriée.

**PRINCIPALES CHARGES « NON LINÉAIRES » :**

- Les convertisseurs de puissances ;
- les convertisseurs de fréquences statiques ;
- les alimentations à découpage (informatique...);
- les onduleurs ;
- les moteurs pilotés par variateurs électroniques ;
- les fours à arcs, les machines à souder ;
- l'éclairage fluorescent doté de ballast électronique.

Sur ces charges, on privilégiera la mesure avec des pinces de courant **TRMS** ou des pinces multimètres **RMS** qui traitent ces formes de signaux et permettent de connaître la valeur des **facteurs de crête** du courant.

### CRITÈRES DE CHOIX D'UNE PINCE AMPÈREMÉTRIQUE :

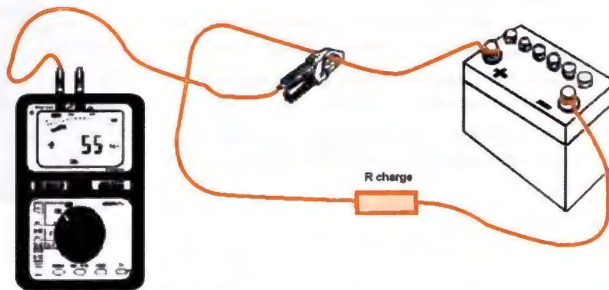
- nature du courant : alternatif (pinces transformateurs)  
et/ou continu (pinces à effet Hall) ;
- intensité maximale à mesurer ;
- diamètre maximum des câbles (ouverture maximale des mâchoires) ;
- précision ;
- plage de fréquence (bande passante) ;
- signal de sortie qui doit correspondre au calibre du multimètre ou à la nature du signal de l'oscilloscope associé (rapport de transformation, connecteur de sortie...).

### MESURE D'UN COURANT CONTINU EN SORTIE D'UNE BATTERIE :

L'utilisation d'une pince ampèremétrique évite l'ouverture du circuit, facilitant ainsi la prise de mesure.

#### Exemple :

Multimètre associé à une pince à effet Hall.

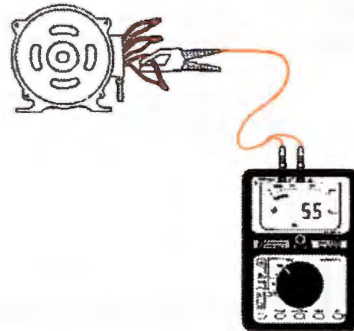
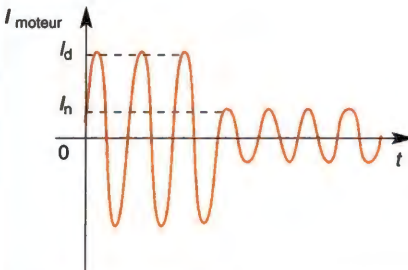


### MESURE D'UN COURANT ALTERNATIF D'UN MOTEUR ÉLECTRIQUE :

La pince associée au multimètre donne la valeur du **courant nominal** ( $I_n$ ) du moteur.

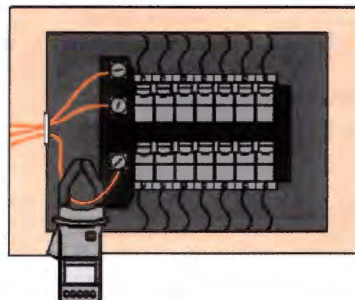
La fonction « crête » (1 ms) du multimètre précise le courant de démarrage moteur.

#### Forme du signal



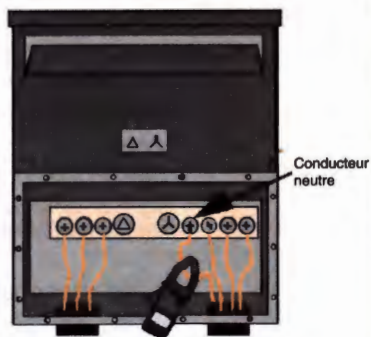
### TABLEAU ÉLECTRIQUE. ARMOIRE ÉLECTROMÉCANIQUE :

- Mesure du courant **RMS** dans la partie du circuit jusqu'à 700 A.
- Contrôle du courant déformé avec la valeur du facteur de crête  $F_c = \sqrt{2}$ , ou  $F_c \neq \sqrt{2}$ .
- Acquisition **RMS sur 100 ms**.



#### TRANSFORMATEUR BASSE TENSION :

- Contrôle de l'équilibrage sur chaque phase d'alimentation.
- Mesure de l'intensité **RMS** débitée par le transformateur.
- Détection de la présence d'harmoniques dans le **conducteur neutre** (à l'aide de la fonction fréquence).



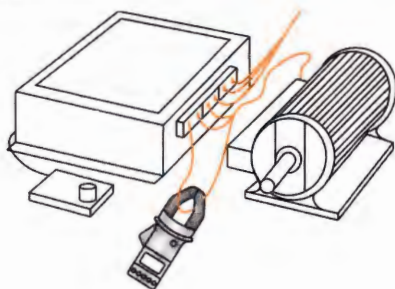
#### MOTEURS TRIPHASÉS :

- Mesure et enregistrement du courant de démarrage avec la fonction : **Peak (1 ms)/Record**.
- Mesure du courant efficace **RMS (100 ms)** en régime permanent.
- Si le signal courant est instable, il faut activer la fonction **Smooth** (lissage de la mesure pendant 3 s).



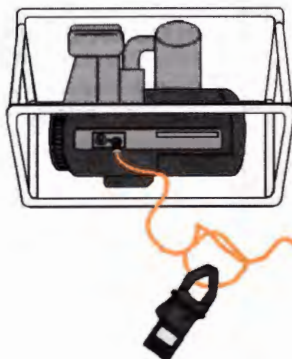
#### MOTEUR ASYNCHRONE PILOTÉ PAR VARIATEUR DE VITESSE :

- Mesures simultanées de la fréquence et du courant (**bargraph**) du moteur ; la fréquence est l'image de la vitesse.
- Contrôle de la stabilité du rapport **fréquence/courant** lors de la variation de vitesse.
- Mesure du courant de démarrage  
⇒ **Peak (1 ms)**



#### PETIT GROUPE ÉLECTROGÈNE :

- Mesure du courant, détection d'une surcharge éventuelle.
- Contrôle de la fréquence du groupe.



## 25.2. SÉCURITÉ ÉLECTRIQUE ET MESURES ASSOCIÉES

(D'après MÉTRIX-CHAUVIN ARNOUX)

### 25.2.1. NORMES APPLICABLES AUX INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES

En **AMONT** des bornes de sortie du disjoncteur de branchement

Norme NF C 14-100

les contrôles sont effectués par :  
– le distributeur d'énergie (EDF,...).

En **AVAL** des bornes de sortie du disjoncteur de branchement

Norme NF C 15-100

appliquée via le décret du 14/11/1988 et l'arrêté du 20/12/1988,

les contrôles sont effectués par :  
– les installateurs,  
– les organismes de contrôle.

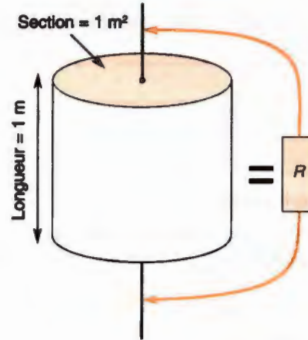
### 25.2.2. MESURES DE TERRE ET DE RÉSISTIVITÉ

#### Résistivité des sols.

#### Qu'est-ce que la résistivité d'un terrain ?

Elle s'exprime en ohm. mètre et correspond à la **résistance théorique d'un cylindre de terrain de 1 m<sup>2</sup> de section et de 1 m de longueur.**

Elle traduit la résistance d'un terrain face à la circulation d'un courant.



La résistivité des sols est très variable suivant les régions et la nature des terrains.

Elle dépend du taux d'humidité et de la température.

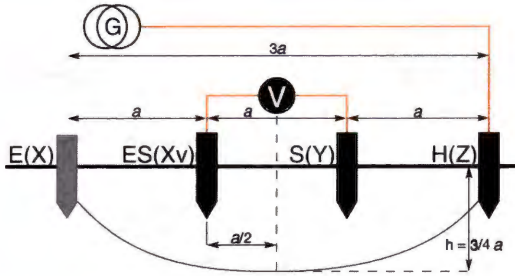
Le gel ou la sécheresse augmente la résistivité.

Nature du terrain	Résistivité (en $\Omega \cdot m$ )
Terrains marécageux	de quelques unités à 30
Limon	20 à 100
Humus	10 à 150
Tourbe humide	5 à 100
Argile plastique	50
Marnes et argiles compactes	100 à 200
Marnes du jurassique	30 à 40
Sables argileux	50 à 500
Sables siliceux	200 à 3 000
Sol pierreux nu	1 500 à 3 000
Sol pierreux recouvert de gazon	300 à 500
Calcaires tendres	100 à 300
Calcaires compacts	1 000 à 5 000
Calcaires fissurés	500 à 1 000
Schistes	50 à 300
Micaschistes	800
Granits et grès en altération	1 500 à 10 000
Granits et grès très altérés	100 à 600

**Comment mesurer la résistivité ?**

**- MÉTHODE DE WENNER :**

$$\rho = 2 \pi a R$$



$\rho$  : résistivité du sol à la profondeur  $h = 3/4 a$ .

$R$  : résistance lue sur l'appareil.

$a$  : distance entre les piquets.

La valeur trouvée doit être la plus faible possible.

**Quelle méthode utiliser suivant les cas ?**

Bâtiment à la campagne avec possibilité de planter des piquets



- Méthode des 62 %
- Méthode en triangle
- Méthode variante des 62 %
- Mesure de boucle Phase-PE

Bâtiment en milieu urbain, sans possibilité de planter des piquets



- Méthode variante des 62 %
- Mesure de boucle Phase-PE

Réseaux de terres multiples en parallèle



- Pince de terre
- Méthode variante des 62 %

**Quelle valeur faut-il trouver ?**

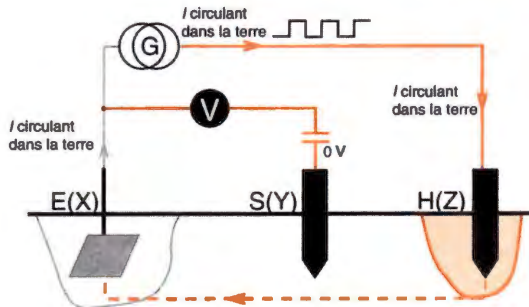
Aucune tension supérieure à 50 V en milieu sec et 25 V en milieu humide ne doit apparaître sur les masses accessibles par les utilisateurs.

$$R_{\text{terre}} < \frac{25 \text{ V}}{I_{\text{DDR max}}} = \frac{25}{0,5} = 50 \Omega$$

**- MÉTHODE DES 62 % :**

Issue de nombreux essais de terrain, c'est la seule méthode qui donne des résultats fiables.

$$R_E = \frac{U_{ES}}{I_{EH}}$$



ES : 62 % de la distance EH

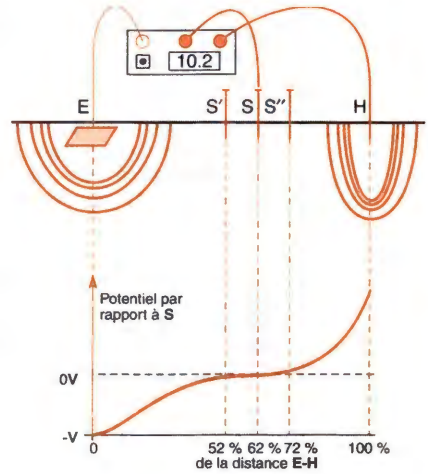
**ATTENTION :** Dans un bâtiment neuf, il faut toujours déconnecter la barrette de terre avant la mesure.

Le piquet tension **S** doit être dans une zone neutre de référence 0 V hors des **zones d'influence** des piquets **E** et **H**.

Distance **EH** > 25 mètres  
(EDF préconise 100 mètres)

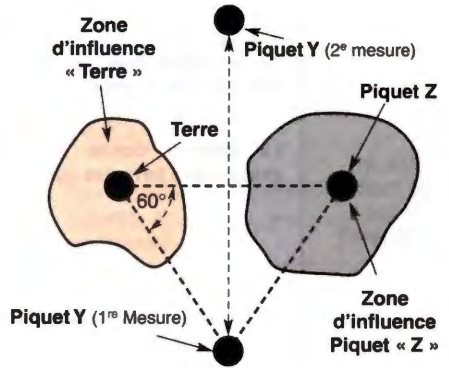
**Vérification :**

Il faut déplacer le piquet **S** de  $\pm 10\%$  en avant ou en arrière. La mesure ne doit pas changer.



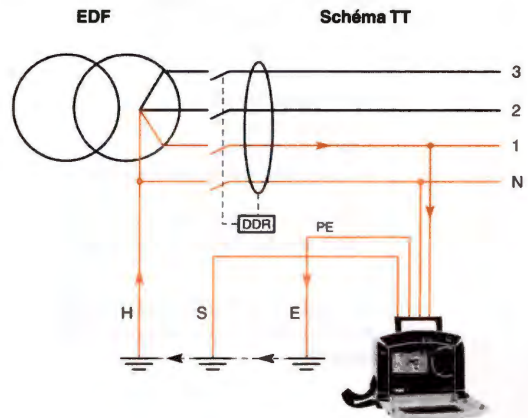
**- MÉTHODE EN TRIANGLE :**

Cette méthode donne des résultats moins fiables que la méthode des 62 %. En effet, les distances entre piquets étant plus faibles, les risques de chevauchement des zones d'influence sont plus importants.



**- MÉTHODE VARIANTE DES 62 % EN SCHÉMA TT :**

Cette méthode est identique et aussi précise que la méthode 62 %. La mesure est alimentée à partir du secteur. Un seul piquet **S** est à planter.

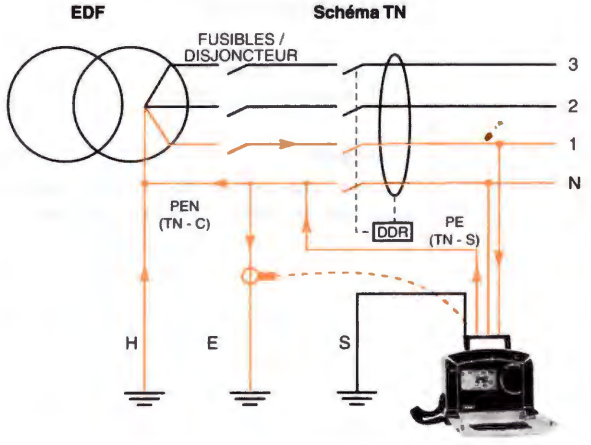


Cette méthode donne la valeur exacte de la terre du client ( $R_E$ ).

**- MÉTHODE VARIANTE DES 62 % EN SCHÉMA TN :**

Dans ce schéma, les terres sont fonctionnelles et non de sécurité puisque les courants de défaut se rebouclent principalement dans le neutre.  
On peut quand même mesurer sélectivement chaque mise à la terre du PEN grâce à une pince de courant associée au contrôleur multifonction.

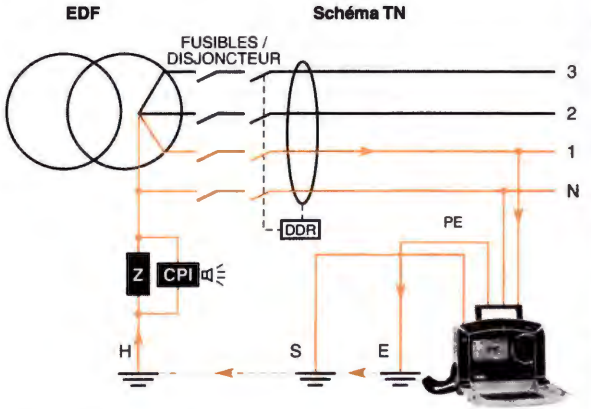
La terre globale n'a pas vraiment de sens.  
**La tension de défaut et l'impédance de la boucle Phase-PE sont plus intéressantes.**



**- MÉTHODE VARIANTE DES 62 % EN SCHÉMA IT :**

Avant la mesure, vérifier que l'installation n'est pas en état de premier défaut non supprimé.  
**Le transformateur ne doit pas être isolé de la terre.**

**La mesure donne la valeur exacte de la terre des masses  $R_E$ .**

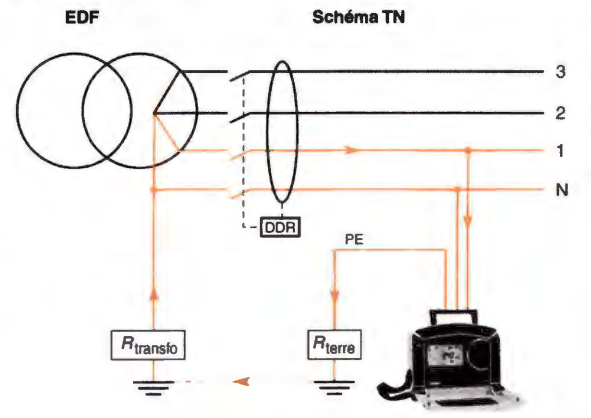


**- MESURE DE LA BOUCLE PHASE-PE EN SCHÉMA TT :**

**But :** mesurer rapidement la terre en milieu urbain sans planter de piquets.

**La mesure inclut :**  
- terre à mesurer,  
- terre du transformateur,  
- résistance interne du transformateur,  
- résistance des câbles,  
**soit environ la terre à mesurer.**

**La mesure est une mesure par excès (valeur réelle toujours inférieure).**



**- MESURE DE BOUCLE PHASE-PE EN SCHÉMA TN :**

La mesure de boucle Phase-PE fournit la résistance de la boucle de défaut.

Cela permet de calculer le courant de court-circuit et donc de dimensionner les fusibles ou les disjoncteurs, mais aussi de vérifier la tension par défaut.

**- MESURE DE BOUCLE PHASE-PE EN SCHÉMA IT :**

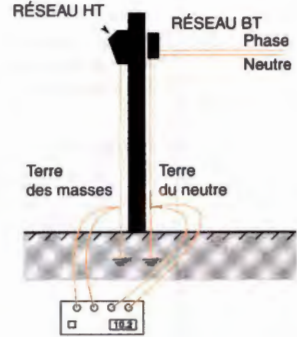
La mesure de boucle Phase-PE inclut la forte impédance de mise à la terre du transformateur. La mesure fournit donc la résistance de boucle de premier défaut et non pas la terre.

Si le transformateur est isolé, la mesure est erronée.

**- MESURE DE COUPLAGE :**

Couplage = influence d'une terre sur une autre (en cas de foudre...).

- 1) Mesurer la terre des masses (méthode 62 %).
- 2) Mesurer la terre du neutre (méthode 62 %).
- 3) Mesurer la résistance masses/neutre (voir schéma 4 fils ci-contre).

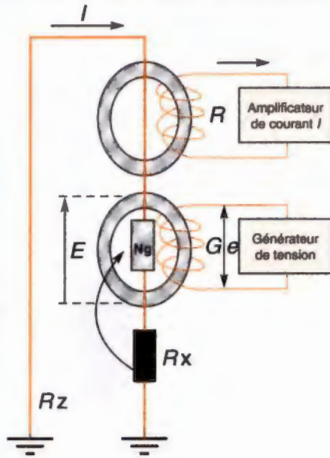


$$R_{\text{couplage}} = (R_{\text{masses}} + R_{\text{neutre}} - R_{\text{masse/neutre}})/2$$

**Coefficient de couplage =**  
 $R_{\text{couplage}} / R_{\text{masses}} < 0,15$  (à EDF)

**LA PINCE DE TERRE :**

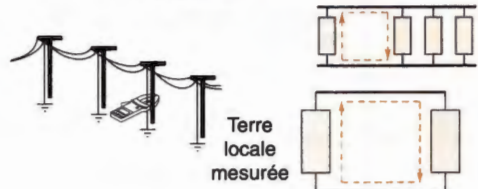
- Principe :  $Z = E$  générée // mesurée



Réseau de terres en parallèle

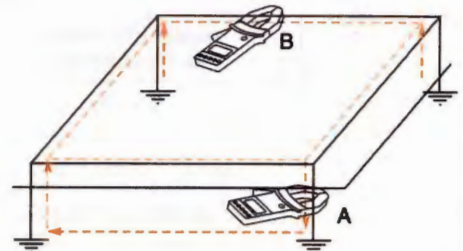
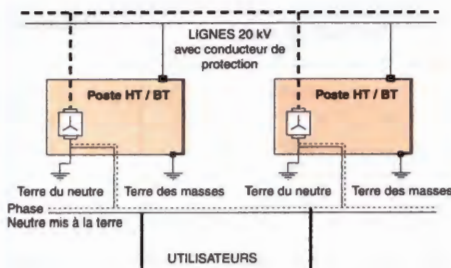


La résistance équivalente aux terres en parallèle avec la terre à mesurer est négligeable.



Les résistances de terre en parallèle ont une résistance équivalente négligeable

**Applications :**



**Terre, masses et neutre de transformateur HT/BT.**

**Continuité des boucles fond de fouille.**

**Pourquoi mesurer l'isolement ?**

**Une baisse du niveau d'isolement signifie :**

- un danger potentiel d'électrocution des personnes ;
- un danger pour les installations et les matériels (court-circuit, incendie...).

**La mesure de la résistance d'isolement permet :**

- la sécurisation pour les personnes des installations et des matériels électriques utilisés ;
- la surveillance du vieillissement des machines et ainsi la réduction des temps d'immobilisation.

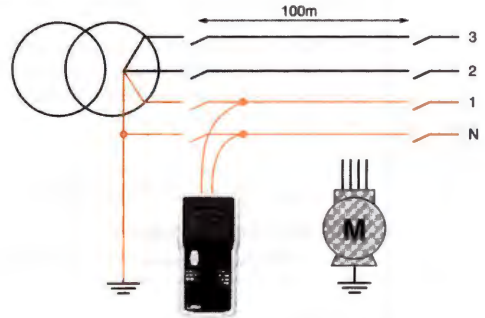
**ISOLEMENT ENTRE CONDUCTEURS :**

**- But :**

Vérifier qu'aucun conducteur n'a subi de dommage mécanique lors de l'installation.

**- Méthode :**

La mesure est faite avant la mise en service, récepteurs débranchés, sur une installation hors tension.



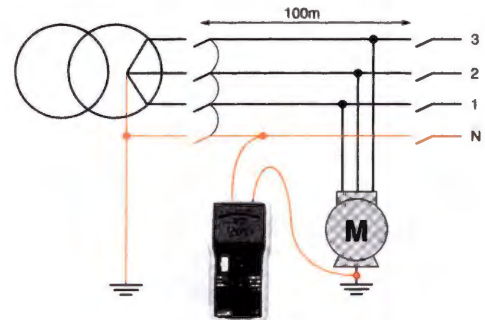
**ISOLEMENT DE L'ENSEMBLE DE L'INSTALLATION PAR RAPPORT À LA TERRE.**

**- But :**

Vérifier que tous les conducteurs sont isolés de la terre.

**- Méthode :**

La mesure est faite avant la mise en service, conducteurs actifs reliés, récepteurs branchés, installation hors tension.



**ASPECT NORMATIF : VALEURS D'ISOLEMENTS MINIMUM.**

La NF C 15-100 exige les valeurs minimales ci-dessous :

Tensions nominales de l'installation	Tension de test DC	Résistance d'isolement minimale
< 50 V	250 V	≥ 0,25 MΩ
de 50 V à 500 V	500 V	≥ 0,50 MΩ
de 500 V à 1 000 V	1 000 V	≥ 1 MΩ

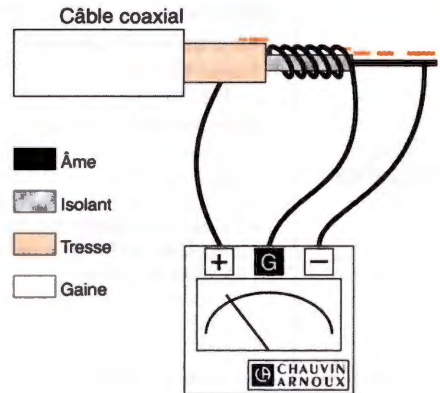
Pour les câbles chauffants noyés dans les parois des bâtiments, l'isolement doit être :

- > 0,25 MΩ pour  $U_n = 230\text{ V}$
- et > 0,4 MΩ pour  $U_n = 400\text{ V}$

### INTÉRÊT D'UN CIRCUIT DE GARDE.

Au-delà de 1 GΩ, l'influence de courants parasites à la surface d'un éventuel isolant entre les deux points de mesure fausse le résultat.

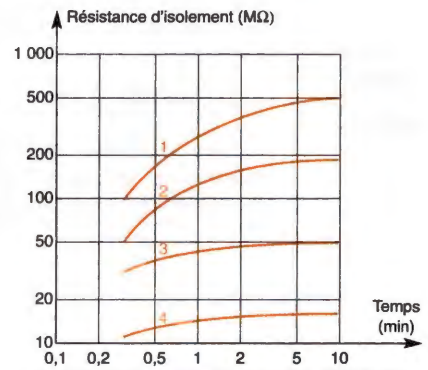
Un circuit de garde permet de sortir ces courants parasites du circuit de mesure et ainsi de garantir la précision du résultat.



### RATIOS DE QUALITÉ D'ISOLEMENT.

La mesure d'isolement sur des éléments capacitifs ou inductifs (moteurs, câbles de grande longueur...) est instable car elle implique 3 courants lors du test :

- un 1<sup>er</sup> courant capacitif qui s'annule dès la composante capacitive chargée ;
- un 2<sup>e</sup> courant d'absorption diélectrique qui s'annule après le courant capacitif ;
- un 3<sup>e</sup> courant de fuite constant, seul représentatif de l'isolement.



Variation typique de la résistance d'isolement en fonction du temps de mesure

La mesure d'un bon isolement ( $I_{fuite}$  faible et constant) sera donc perturbée au départ par les courants parasites.

La mesure va croître dans le temps.

$$\text{Index de polarisation} = R_{10 \text{ min}} / R_{1 \text{ min}}$$

- si PI > 4    ↑ excellent isolement
- si PI = 2 à 4    ↗ bon isolement
- si PI = 1 à 2    → douteux
- si PI < 1       ↘ dangereux

$$\text{Ratio d'absorption diélectrique} = R_{1 \text{ min}} / R_{30 \text{ s}}$$

- si DAR > 1,25 ↗ bon isolement
- si DAR < 1,25 ↘ mauvais

**MESURE D'ISOLEMENT**

**MESURE D'ISOLEMENT SOUS TENSION.**

Utilisation d'une pince à fuite.

- Sans défaut d'isolement :

$$I_{\text{entrant}} = I_{\text{sortant}}$$

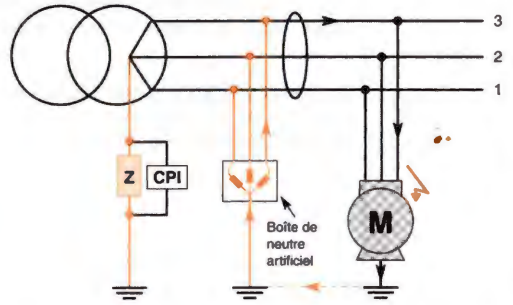
⇒ Mesure = 0

- Avec défaut d'isolement :

$$I_{\text{entrant}} \neq I_{\text{sortant}}$$

⇒ Mesure =  $I_{\text{fuite}}$

**Ce cas est fréquent dans les installations IT qui ne peuvent être interrompues.**



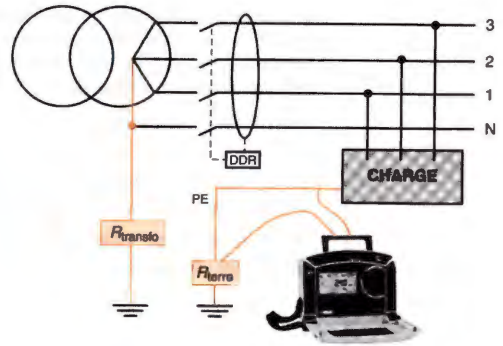
**25.2.4. MESURE DE CONTINUITÉ**

La norme NF C 15-100 recommande de faire la mesure avec un courant de 200 mA sous une tension à vide de 4 à 24 V.

Le but est de vérifier la résistance du conducteur de masse (PE) qui écoule les défauts à la terre.

Sa résistance doit être < 2 Ω

La nouvelle norme IEC/EN 61557 recommande de faire la moyenne de deux essais avec +  $I_{DC}$  et -  $I_{DC}$



**25.2.5. CONTRÔLE DES DISPOSITIFS DE PROTECTION**

**TEST DE DISJONCTEURS DIFFÉRENTIELS (DDR).**

- But :

Vérifier que les DDR déclenchent à  $I_n < I_{dn}$  mais pas inférieur à 50 % de  $I_{dn}$  dans un temps inférieur à 300 ms.

- Rappel :

Un DDR ne déclenche que sur un défaut Phase-Terre (PE).

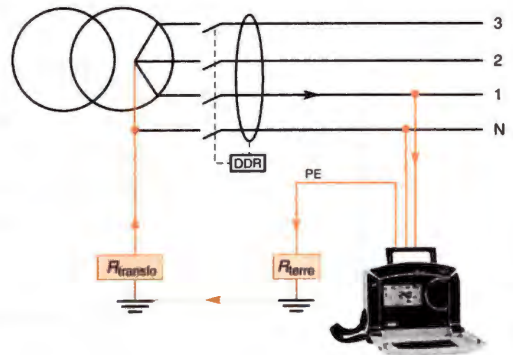
- Définitions :

$I_n$  = courant de test du DDR.

$I_{dn}$  = calibre nominal du DDR

(10, 30, 100, 300, 500, 1 000 mA).

Tension de défaut ( $U_F$ ) =  $U_{masses PE}$  si le courant  $I_{dn}$  circulait.



– MESURES POSSIBLES SUR UN DISJONCTEUR DIFFÉRENTIEL (DDR).

**Tension de défaut :**

Essai avec  $I < 50 \% I_{dn}$  de la résistance de boucle et de la tension de défaut ( $U_F = R_{\text{boucle}} \times I_{dn}$ )

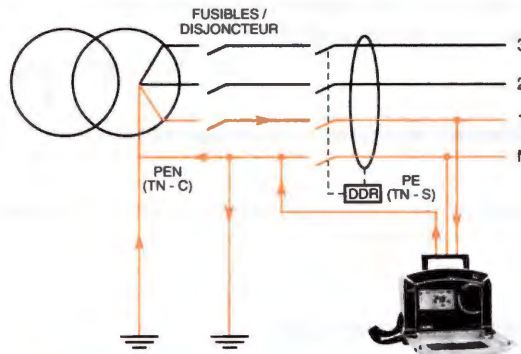
**Non-déclenchement à 50 %  $I_{dn}$  :** essai avec courant constant égal à 50 %  $I_{dn}$ .

**Temps de déclenchement :** essai avec un courant constant égal à  $I_{dn}$ ,  $2 \times I_{dn}$  ou  $5 \times I_{dn}$ .

**Courant de déclenchement :** essai avec rampe de courant allant de 50 %  $I_{dn}$  jusqu'à  $I_n > I_{dn}$ .

– Mesure du courant de court-circuit en schéma TN.

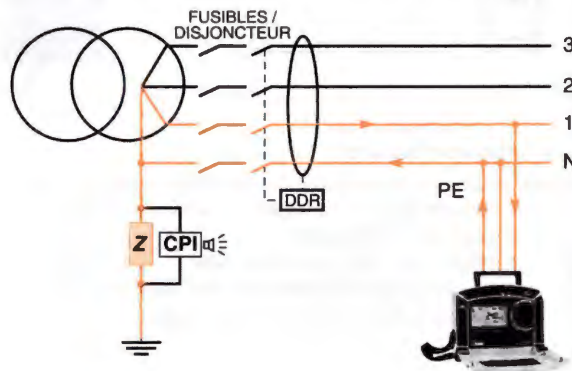
En schéma TN, sauf présence de DDR, la protection est assurée par des dispositifs contre les surintensités (fusibles, disjoncteurs) dès le premier défaut.



$$\text{Courant coupure} < U_{\text{phase-terre}} / Z_{\text{boucle}} < I_{cc}$$

– MESURE DU COURANT DE COURT-CIRCUIT EN SCHÉMA IT.

En schéma IT, la protection est assurée par des dispositifs contre les surintensités (fusibles, disjoncteurs).



Dans la formule ci-dessous, il faut remplacer :  $U_{\text{phase-neutre}}$  par  $U_{\text{phase-phase}}$  si le neutre n'est pas distribué.

$$\text{Courant coupure} < 50 \% U_{\text{phase-neutre}} / Z_{\text{boucle TN}} < I_{cc}$$

# 25.3. SÉCURITÉ DES APPAREILS DE MESURAGE

(D'après MÉTRIX CHAUVIN ARNOUX)

## PROTECTION CONTRE LES DANGERS POTENTIELS LIÉS À L'UTILISATION D'UN APPAREIL :

- Danger de chocs électriques ;
- danger lié au feu ;
- danger d'incertitude ;
- danger de blessure ;
- danger d'utilisation de rayons ;
- etc.

Norme  
**EN 61010**  
ou  
**IEC 61010**

Rappel sur les génériques de la norme IEC 61010.

Tensions AC et catégories :

IEC 61010-2-031 – 600 V CAT. III

Valeur de la tension maximale assignée Phase/Terre\*

Catégorie de surtension\*

\* Il existe quatre catégories de surtension (I, II, III, IV), indication abrégée sur les appareils, les accessoires et les documentations.

## EXEMPLES DE MARQUAGE :

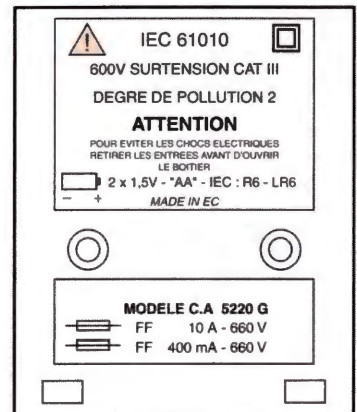
Sur le produit :

- Près des douilles d'entrée :
- tension de mode commun, assignée Phase/Terre ;
  - catégorie de surtension : Cat. I, II, III ou IV ;
  - courant maximum d'utilisation ;
  - renvoi à la documentation technique (mode d'emploi) ;
  - etc.



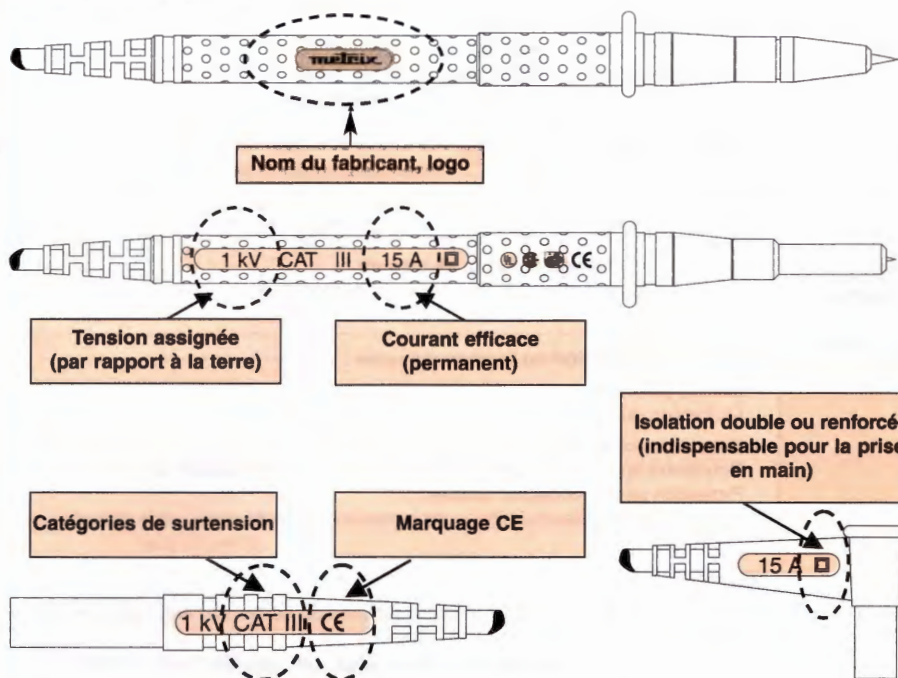
À l'arrière de l'appareil :

- Bien visible, sur une étiquette imperméable ou gravé :
- le symbole double « isolement » (éventuellement) ;
  - la nature de l'alimentation ;
  - la nature du ou des types de fusibles ;
  - les précisions de l'IEC 61010 correspondant à l'appareil ;
  - le marquage CE, les marques nationales ;
  - etc.

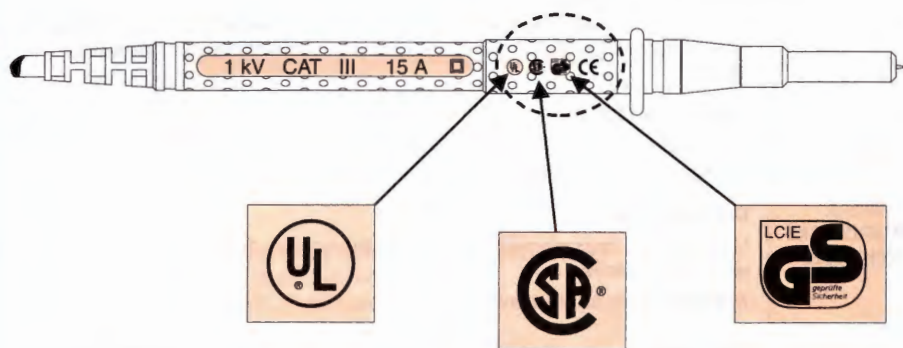


25.3.1.  
SÉCURITÉ  
DES  
UTILISATEURS  
ET  
MARQUAGE

Sur un cordon de mesure :



Homologations :



CSA : Canada  
UL : États-Unis  
GS : France (LCIE)

**25.3.2.  
CONSEILS  
DE  
SÉCURITÉ**

**SÉCURITÉ.**

**Connaître son application :**

- Domaine de mesure avec habilitation (réglementation).
- Niveaux de tension et de surtension (voir norme EN 61010).
- Valeur du courant en usage normal et en cas de défaut.

**Utiliser exclusivement des appareils et des accessoires de raccordement conformes aux normes :**

- IEC 61010 ou EN 61010-1 : Généralités, appareils de mesurage...
- IEC 61010 ou EN 61010-2-032 : Pince ampèremétrique...
- IEC 61010 ou EN 61010-3-031 : Cordons, sondes passives...

**Veiller au bon état des cordons de mesure :**

Les cordons sont plus importants que le multimètre. En cas de défaut, ils sont en contact physique direct avec l'utilisateur.

**Source d'alimentation ou tension mesurée :**

- **Source primaire :**  
Connexion sur le réseau de distribution.
- **Source secondaire :**  
Connexion après un transformateur, dont le primaire est séparé selon les normes en vigueur.  
Protection par disjoncteurs, fusibles...  
Présence éventuelle de limiteurs de surtensions (parafoudre, parasurtenseurs...).

**Note :**

- Dans ce cas, une tension secondaire est considérée comme une catégorie de surtension en dessous de la source primaire.
- Ne pas confondre « **catégorie de surtension** » et « **classe d'isolement** ».

**25.3.3.  
SPÉCIFICATIONS  
TECHNIQUES**

**CATÉGORIES DE SURTENSION.**

**Catégorie IV (Cat. IV) :**

Source primaire, matériel utilisé à l'origine de l'installation, systèmes de lignes aériennes et de câbles y compris les jeux de barres de distribution et les matériels associés de protection contre les surintensités ou de comptage électrique.

**Catégorie III (Cat. III) :**

Matériel des installations fixes et lorsqu'il existe des spécifications particulières de fiabilité ou de disponibilité. Matériel à usage industriel avec raccordement permanent à l'installation fixe, appareils de l'installation fixe.

**Catégorie II (Cat. II) :**

Matériels consommateurs d'énergie alimentés à partir des installations fixes tels que les appareils électro-domestiques, les outils portatifs et analogues...

**Catégorie I (Cat. I) :**

Matériels pour raccordement aux circuits dans lesquels des précautions ont été prises pour limiter les surtensions transitoires

**Exemple :** (circuits électroniques).

**RECOMMANDATIONS POUR LE CHOIX DES CATÉGORIES DE SURTENSION.**

**Mesures sur réseau industriel 230/400 V :**

**Catégorie III (Cat. III) :** utiliser un appareil classé **catégorie III ou IV** si utilisation permanente ou de **catégorie II** si utilisation transitoire.

Avec un appareil classé **catégorie I ou II**, utiliser une sonde atténuatrice ou différentielle de **catégorie III ou IV** si utilisation permanente.

**Mesure sur le réseau domestique 230 V :**

**Catégorie II (Cat. II) :** prises secteur 2P + T.

**Mesure sur un circuit électronique protégé ou sur un circuit en très basse tension de sécurité (TBTS) :**

**Catégorie I (Cat. I) :** l'alimentation doit être détournée par rapport aux prises secteur.

**CATÉGORIES DE SURTENSION EN FONCTION DES TENSIONS ASSIGNÉES DE L'INSTALLATION (ALTERNATIVES OU CONTINUES).**

V <sub>rms</sub> (AC ou DC) Phase-Neutre	Tension de tenue au choc par catégorie de surtension			
	Cat. I	Cat. II	Cat. III	Cat. IV
50	330	500	800	1 500
100	500	800	1 500	2 500
150	800	1 500	2 500	4 000
300	1 500	2 500	4 000	6 000
600	2 500	4 000	6 000	8 000
1 000	4 000	6 000	8 000	12 000

**DEGRÉS DE POLLUTION.**

Le degré de pollution permet la classification du micro-environnement.

- **Pollution 1** : C'est une pollution non conductrice ; elle n'a pas d'influence (locaux à humidité et température contrôlés).
- **Pollution 2** : C'est une pollution conductrice occasionnelle, uniquement par condensation (cas des ateliers couverts).
- **Pollution 3** : C'est une pollution conductrice, correspondant à une utilisation de matériel en ambiance imprévisible ne pouvant être contrôlée (à l'extérieur par exemple).

**CLASSES D'ISOLEMENT.**

- **Classe 1** : L'appareil est relié à une terre de protection.
- **Classe 2** : L'appareil n'est pas relié à une terre de protection ; il peut véhiculer des tensions dangereuses, mais ses parties conductrices ne sont pas accessibles à l'utilisateur.
- **Classe 3** : L'appareil n'est pas sous tension dangereuse (TBTS), soit :  
  - < 30 Vac ou 60 Vdc en condition normale,
  - < 50 Vac ou 120 Vdc en condition de premier défaut.

**Note pour la classe 3**

Les réseaux RLC peuvent être générateurs de transitoires de fort niveau (ex : transitoires > 1 kV à partir d'une manipulation en 12 V).  
 Le cordon d'alimentation doit être différencié d'un raccordement secteur standard et raccordé sur une tension TBTS, selon NF C 20-030

**EXEMPLE PRATIQUE D'APPLICATION DES NORMES.**

Extrait de la notice d'utilisation d'un multimètre.

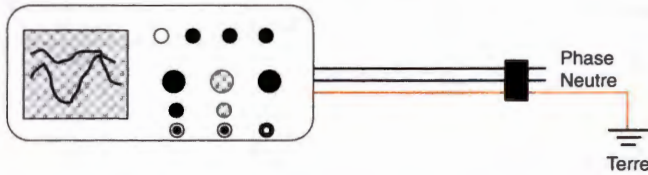
**Conformité aux normes :**

- Double isolation (selon IEC 61010-1 Cat. III, degré de pollution 2)
- Étanchéité : IP 50 (selon IEC 529)
- Autoextinguibilité : V1 et V2 (selon UL 94)
- Chute libre : 1 m (selon IEC 61010)
- Chocs : 0,5 joule (selon IEC 68-2-27)
- Vibrations : 0,75 mm (selon IEC 68-2-6)
- Décharge électrostatique : 4 kV classe 2 (selon IEC 801-2)
- Champs rayonnés : 3 V/m (selon IEC 801-3)
- Transitoires rapides : 2 kV (selon IEC 801-4)
- Chocs électriques : 3 kV (selon IEC 801-5)

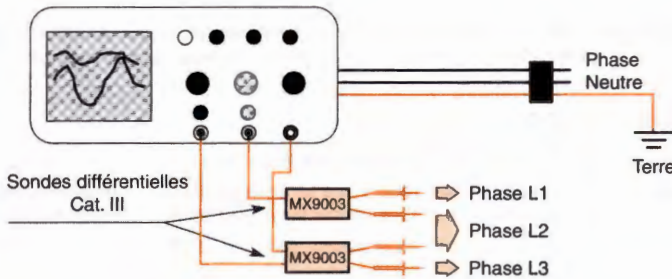
**Conclusion** : ce multimètre répond aux spécifications exigées par la norme dans la catégorie de surtension III et au degré de pollution 2.

## CLASSE 1 EN PRATIQUE.

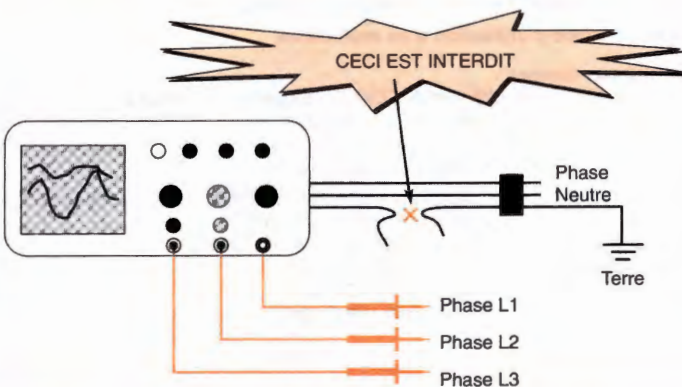
L'appareil est relié à une terre de protection :



**Note :** Tout défaut électrique, interne ou externe à l'appareil lié à son utilisation, est évacué sur la terre de protection qui assure la sécurité de l'utilisateur.



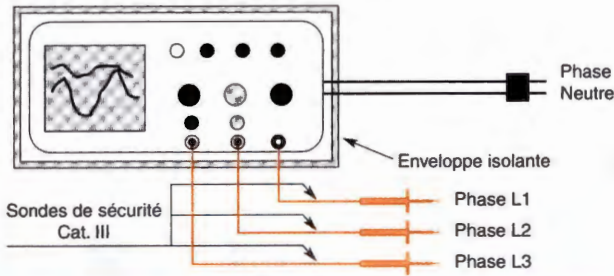
Une sonde différentielle isolée présente une forte impédance sur les entrées + et -, ainsi qu'une atténuation (jusqu'à /200). Le potentiel des phases sera donc diminué à une valeur non dangereuse, soit : < 50 V.



**Note :** Avec un oscilloscope de classe 1, pour réaliser une mesure flottante sur les trois phases du secteur par exemple, il est nécessaire d'intercaler un transformateur d'isolement et de couper la terre, ce qui est STRICTEMENT INTERDIT. Dans cette configuration, l'oscilloscope est porté au potentiel de l'une des phases ; cette utilisation ne peut pas garantir la sécurité de l'opérateur.

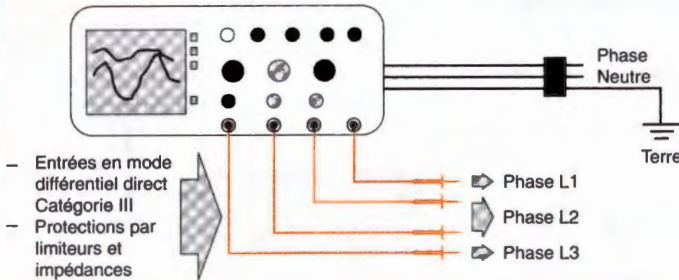
## CLASSE 2 EN PRATIQUE.

### Classe 2 : appareil double isolation (ou isolation renforcée)



**Note :** Si un défaut électrique apparaît, il ne peut être évacué vers la terre de protection (inexistante). En cas de défaut interne ou externe lié à l'opérateur, il est prévu un niveau supplémentaire de protection. Dans le cas d'un oscilloscope, il doit être totalement et doublement isolé de l'alimentation réseau et des entrées de mesure.

## ENTRÉES DIFFÉRENTIELLES EN PRATIQUE.

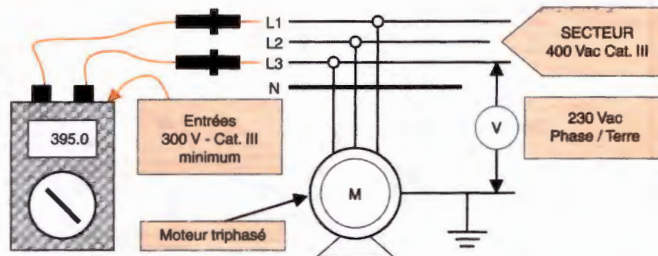


ENTRÉES  
Diff

**Note :** La sécurité est assurée par la terre de protection, classe 1. Les entrées différentielles permettent de se relier sans référence de masse, la séparation totale des circuits de mesure évite les courants de circulation de masse, assure une protection avec mode commun > 500 V, grande dynamique de sensibilité 10 mV à 200 V/div., la bande passante de l'oscilloscope est préservée, etc.

## MULTIMÈTRE AVEC CORDONS.

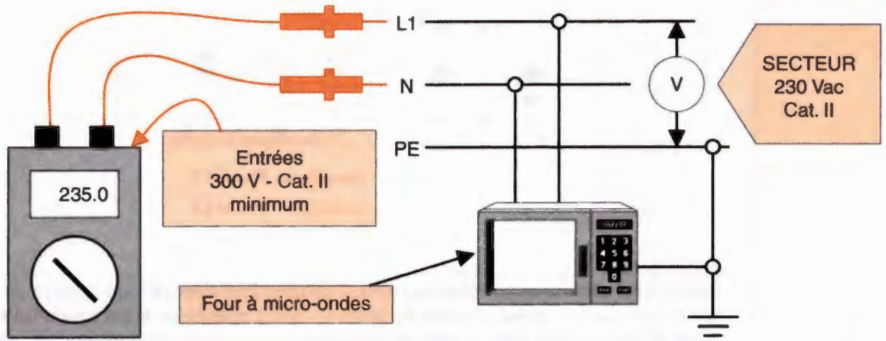
– Environnement industriel :



**Note :** Le multimètre et ses cordons doivent être au minimum :  
 – tension assignée : 300 V par rapport à la terre (selon tableau IEC 61010),  
 – catégorie de surtension III, pour un schéma TT ( $V_1 = V_2 = V_3 = 230 \text{ Vac}$ ).

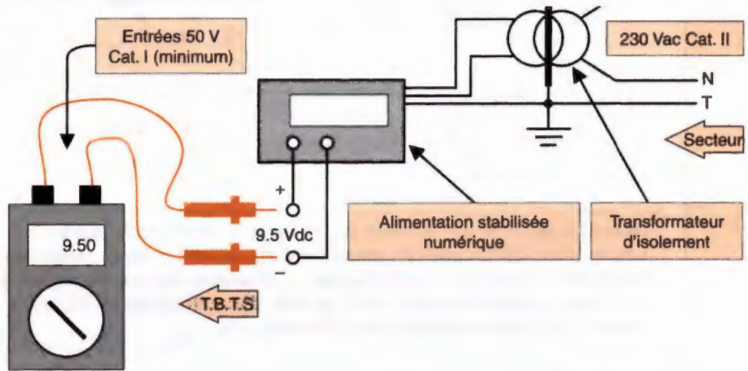
**MULTIMÈTRE AVEC CORDONS.**

- Environnement domestique :



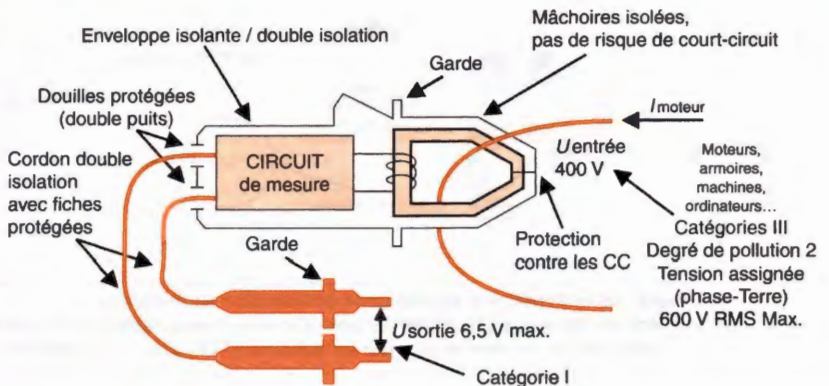
**Note :** Le multimètre et ses cordons doivent être au minimum :  
 - tension assignée : 300 V par rapport à la terre (selon tableau IEC 61010),  
 - catégorie de surtension II.

- Application, montage TBTS :



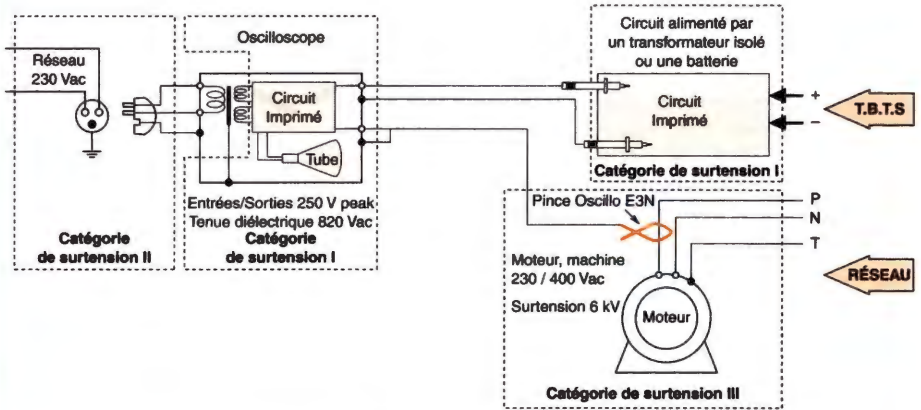
**Note :** Le multimètre et ses cordons doivent être au minimum :  
 - tension assignée : 50 V par rapport à la terre (selon tableau IEC 61010),  
 - catégorie de surtension I.

- Exemple d'application :



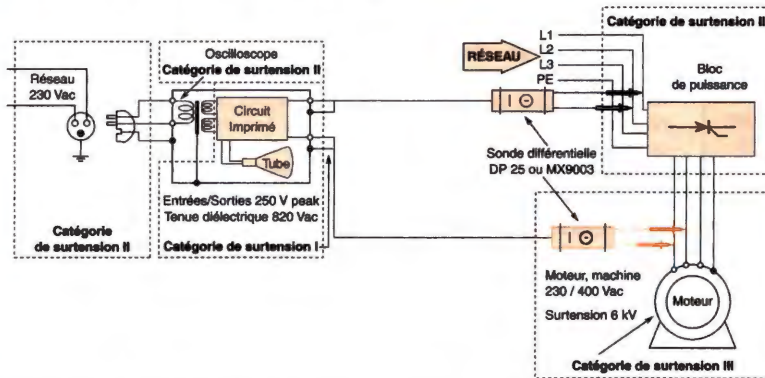
## OSCILLOSCOPE AVEC PINCE AMPÈREMÉTRIQUE.

### OSCILLOSCOPE :



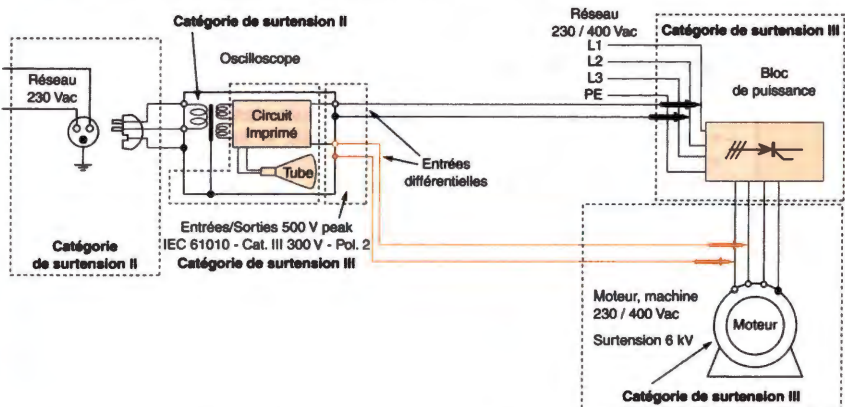
Exemple de raccordement d'un oscilloscope (entrées masses communes).

### OSCILLOSCOPE AVEC SONDES DIFFÉRENTIELLES :



Exemple de raccordement d'un oscilloscope (entrées masses communes).

### OSCILLOSCOPE AVEC ENTRÉES DIFFÉRENTIELLES :

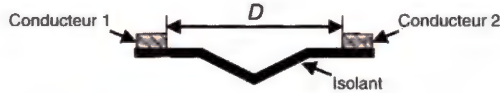


Exemple de raccordement d'un oscilloscope (entrées différentielles).

**DISTANCES DANS L'AIR ET LIGNE DE FUITE.**

– **La distance dans l'air :**

C'est la distance la plus courte **D** entre deux parties conductrices pour assurer un bon isolement à l'utilisateur.



– **La ligne de fuite :**

C'est la distance la plus courte **L<sub>f</sub>** mesurée le long de la surface d'un isolant.



La longueur de la ligne de fuite est égale à :  $L_f = a + b + c + d$

**APPAREILLAGES EXISTANTS.**

Il n'y a pas ou peu de possibilités de les rendre conformes aux directives européennes en vigueur (CEM, IEC 61010...) :

- non-respect des lignes de fuite et/ou distances dans l'air (entre les pistes sur le circuit imprimé, au niveau des commutateurs, IRC des boîtiers non conforme...);
- possibilité d'accès manuels aux éléments internes véhiculant des tensions dangereuses : par la trappe à pile (« moins » de piles ⇒ commun général),
- par la possibilité d'un démontage manuel des capots de protection...

**Règle importante à retenir**

**Aucune partie conductrice, véhiculant des tensions dangereuses, ne doit être accessible à l'utilisateur sans l'aide d'un outil.**

Mise en sécurité des appareils correspondant aux prescriptions de sécurité du droit du travail :

- s'assurer que les appareils sont déjà conformes aux normes en vigueur avant janvier 1997 (ICE 348, ICE 414 ou ICE 1010...);
- utiliser des bornes et des cordons de sécurité, bloquer les trappes à piles, les capots, les boîtiers...;
- s'assurer que les appareils sont équipés de fusibles HPC;
- mettre, si nécessaire, des parasurtenseurs au niveau des entrées pour limiter les surtensions transitoires (protégés par fusibles si nécessaire).

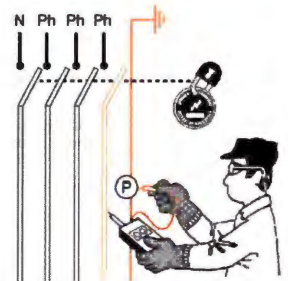
**Conseils utiles**

Contactez un organisme de SAV spécialisé qui se chargera des modifications dans les règles de l'art.

**VÉRIFICATION D'ABSENCE DE TENSION (VAT) :**

L'exécution de travaux **hors tension**, sur machines, armoires ou moteurs, implique le respect des conditions suivantes :

- nécessité d'arrêter l'alimentation des matériels et équipements;
- séparation de l'installation ou de la partie d'installation concernée de toute source d'énergie;
- condamnation en position d'ouverture de tous dispositifs de coupure assurant la séparation des sources d'énergie;
- VAT par un dispositif normalisé sûr et fiable;
- mise en court-circuit et mise à la terre des ouvrages. Les normes NF C 18-310 et IEC 61243-3 s'appliquent à la VAT qui doit être effectuée à l'aide d'un appareil normalisé prévu à cet effet.



**P** : point de référence à potentiel fixé (terre). Ce point est le plus souvent une masse reliée à la terre; il peut être le conducteur PE.

*Exemple de VAT sur un réseau BT.*

# 26. NORMES ET TEXTES RÉGLEMENTAIRES







## 26.1. DÉCRETS, CIRCULAIRES, ARRÊTÉS, BROCHURES, RELATIFS À LA SÉCURITÉ

### LES RISQUES ET LES RECOMMANDATIONS

(D'après L'INRS)

INTITULÉ	PRINCIPAUX POINTS TRAITÉS	N° INRS	NOMBRE DE PAGES
<b>LE COMITÉ D'HYGIÈNE, DE SÉCURITÉ ET DES CONDITIONS DE TRAVAIL (C.H.S.C.T.)</b>	Tableau comparatif des anciennes et des nouvelles dispositions légales. Le CHSCT ; Le CHSCT, on en parle ; Le CHSCT, se former pour une action.	ED 1163 ED 675 ED 379 ED 731	32 4 8
<b>LES POSTURES ET LES MANUTENTIONS MANUELLES</b>	– Bien se tenir, c'est important. – Bien soulever une charge. – Les règles à respecter pour soulever une charge. Moins de fatigue, moins d'accidents ; Les lombalgies ; Les bons gestes ça s'apprend.	ED 229 ED 464 ED 719	14 12 12
<b>LES OUTILS À MAIN</b>	– Causes des accidents les plus fréquents. – Attitudes préventives et consignes. La main, l'outil et le métier ; La sécurité dans l'emploi des outils et appareils légers de manutention.	ED 610 ED 518	12 108
<b>L'AMBIANCE</b>	– État d'esprit. – Bâtiments. – Surfaces de circulation. – Postes de travail. – Ordre. – Éclairage. – Bruit. – Atmosphère. La circulation dans l'entreprise. Les installations d'éclairage et de sécurité. Assainissement et aération des ambiances de travail. Dossier bruit.	ED 715 ED 639-704 ED 720 ED 696-707	36 62-24 48 6-4
<b>LES RISQUES ÉLECTRIQUES</b>	– Comment peut-on s'électrocuter ? – Causes des accidents les plus fréquents. – Attitude préventive. – Avant le travail. – Pendant le travail. Termes principaux de l'électrotechnique traditionnelle relatifs à la sécurité. Prévention des risques électriques. Schémas électriques des machines industrielles de sécurité. L'électricité, comment s'en protéger ? L'électricité, qu'est-ce que l'électricité ? Origine du risque électrique, prévention des accidents dus à l'utilisation de l'énergie électrique. L'électricité statique. Les installations d'éclairage de sécurité dans les établissements assujettis au Code du travail. Protection des travailleurs dans les établissements qui mettent en œuvre des courants électriques.	ED 537 ED 336 ED 581 ED 548 ED 596 ED 507 ED 639 ED 723	96 3 56 56 96 84 62 90

INTITULÉ	PRINCIPAUX POINTS TRAITÉS	N° INRS	NOMBRE DE PAGES
<b>LE SOUDAGE AU GAZ</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les risques et leurs conséquences :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- flamme, chaleur, rayonnement de la flamme ou de la pièce,</li> <li>- projection de particules,</li> <li>- inhalation ou ingestion de gaz ou fumées inconfortables, insalubres et toxiques,</li> <li>- chute des pièces, des bouteilles ou de l'opérateur.</li> </ul> </li> <li>- Cause des accidents les plus fréquents.</li> <li>- Attitude préventive.</li> </ul> Soudage au chalumeau. Fiches pratiques de sécurité, chalumeaux oxy-gaz manuels.	ED 364 ED 009	30 4
<b>LE SOUDAGE À L'ARC</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les risques et leurs conséquences :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- arcs, rayonnement et chaleur de l'arc ou des pièces à souder,</li> <li>- courant électrique,</li> <li>- projection de particules,</li> <li>- chute des pièces ou de l'opérateur,</li> <li>- inhalation ou ingestion de gaz ou de fumées inconfortables, insalubres ou toxiques.</li> </ul> </li> <li>- Causes des accidents les plus fréquents.</li> <li>- Attitude préventive.</li> </ul> Soudage à l'arc. Soudage manuel à l'arc avec électrodes enrobées.	ED 360 ED 569	64 28
<b>LES PERCEUSES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les risques et leurs conséquences :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- enroulement de vêtements ou de cheveux,</li> <li>- projection de copeaux.</li> </ul> </li> <li>- Causes des accidents les plus fréquents.</li> <li>- Attitude préventive.</li> </ul> La perceuse.	ED 471	24
<b>LES MACHINES À MEULER FIXES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les risques et leurs conséquences :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- éclatement de la meule,</li> <li>- coincement de la pièce,</li> <li>- contact des mains ou des bras avec la meule,</li> <li>- projection des particules,</li> <li>- inhalation de poussières.</li> </ul> </li> <li>- Causes des accidents les plus fréquents.</li> <li>- Attitude préventive.</li> </ul> Les meules. Fiche technique de sécurité – Meules.	ED 463 ED 557	16 12
<b>LES TOURS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les risques et leurs conséquences :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- enroulements des vêtements, des cheveux, fractures,</li> <li>- éjection de la pièce, du porte-pièce, de la clé,</li> <li>- présence de copeaux coupants,</li> <li>- projection de copeaux.</li> </ul> </li> <li>- Causes des accidents les plus fréquents.</li> <li>- Attitude préventive.</li> </ul> Le tour. Fiche technique de sécurité – Tours, machines à tourner.	ED 481 ED 568	44 24
<b>LES FRAISEUSES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les risques et leurs conséquences :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- enroulement des vêtements, des cheveux, fractures,</li> <li>- projection de copeaux,</li> <li>- projection de fragments d'outil,</li> <li>- translation de la table.</li> </ul> </li> <li>- Causes des accidents les plus fréquents.</li> <li>- Attitude préventive.</li> </ul> Fiche technique de sécurité – Fraiseuse, machines à fraiser.	ED 584	20

INTITULÉ	PRINCIPAUX POINTS TRAITÉS	N° INRS	NOMBRE DE PAGES
<p><b>LE TRAVAIL DES MÉTAUX EN FEUILLES</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les risques et leurs conséquences :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- les risques qui dépendent des machines,</li> <li>- les risques liés au produit.</li> </ul> </li> <li>- Causes des accidents les plus fréquents.</li> <li>- Attitude préventive.</li> </ul> <p>Fiche technique de sécurité – Presses plieuses.            Répertoire des fournisseurs – Protection individuelle :  <i>//</i> : membres supérieurs.  <i>/V</i>: membres inférieurs</p>	<p>ED 714</p> <p>ED 275</p> <p>ED 529</p>	<p>14</p> <p>24</p> <p>12</p>
<p><b>LES SCIES À RUBAN</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les risques et leurs conséquences :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- défilement à grande vitesse d'une lame coupante,</li> <li>- contact avec la denture de cette lame,</li> <li>- rupture de la lame, projection.</li> </ul> </li> <li>- Causes des accidents les plus fréquents.</li> <li>- Attitude préventive.</li> </ul> <p>Fiche technique de sécurité – Scie à ruban à table.            Dispositif de protection pour scie à ruban à table.</p>	<p>ED 708</p> <p>ED 014</p>	<p>16</p> <p>4</p>
<p><b>LES SCIES CIRCULAIRES</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les risques et leurs conséquences :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- rotation à grande vitesse d'un outil coupant,</li> <li>- contact des mains avec l'outil,</li> <li>- rejet du bois – heurts violents.</li> </ul> </li> <li>- Causes des accidents les plus fréquents.</li> <li>- Attitude préventive.</li> </ul> <p>Scie circulaire à table et à format.</p>	<p>ED 701</p>	<p>16</p>
<p><b>LES RISQUES CHIMIQUES</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les risques et leurs conséquences :               <ul style="list-style-type: none"> <li>- incendies ou explosions,</li> <li>- altération rapide ou lente de la santé.</li> </ul> </li> <li>- Causes des accidents les plus fréquents.</li> <li>- Attitude préventive.</li> <li>- Les maladies professionnelles.</li> <li>- Étiquetage réglementaire (communauté européenne).</li> </ul> <div style="display: flex; flex-wrap: wrap; padding: 10px 0;"> <div style="width: 50%;">  <p><b>explosif</b></p> <p>Une substance est dite explosive si seule ou dans certains mélanges elle peut entrer en réaction explosive sous certaines conditions de température, de frottement ou de choc.</p> </div> <div style="width: 50%;">  <p><b>corrosif</b></p> <p>On appelle corrosives les substances qui peuvent endommager gravement les tissus vivants (peau et muqueuses) et attaquer d'autres matières, ex. : acides alcalis.</p> </div> <div style="width: 50%;">  <p><b>facilement inflammable</b></p> <p>Une substance ou préparation est dite inflammable si elle peut, à température ambiante, s'enflammer au contact de l'air, au contact d'une source d'inflammation (étincelle, flamme).</p> </div> <div style="width: 50%;">  <p><b>irritant ou nocif</b></p> <p>Un produit irritant est susceptible d'entraîner une lésion de la peau ou des muqueuses par contact prolongé ou répété. Il est dit nocif s'il peut entraîner des lésions de gravité limitée lorsqu'il pénètre dans l'organisme par la peau, par inhalation ou par ingestion.</p> </div> <div style="width: 50%;">  <p><b>comburant</b></p> <p>Une substance ou une préparation est dite comburante si elle entretient la combustion d'une substance inflammable.</p> </div> <div style="width: 50%;">  <p><b>toxique</b></p> <p>Sont dites toxiques les substances qui peuvent entraîner des risques graves aigus ou chroniques, voire la mort lorsqu'elles sont absorbées par un être vivant.</p> </div> </div> <p>Sécurité dans les manipulations scientifiques.            Fiches toxicologiques INRS consacrées aux principaux produits chimiques dangereux.            Les mains et les produits chimiques.            Les maladies professionnelles.</p>	<p>ED 609</p> <p>ED 486</p>	<p>10</p> <p>52</p>

INTITULÉ	PRINCIPAUX POINTS TRAITÉS	N° INRS	NOMBRE DE PAGES
<b>PROTECTION INDIVIDUELLE</b>	Vêtement de protection – Le corps. Protecteur d'oreille. Masque (appareils de protection respiratoire). Lunettes. Gants (protection des mains et des membres supérieurs). Gants, résistance aux solvants industriels. Chaussures de sécurité (protection des membres inférieurs). (répertoire des fournisseurs).	ED 319 ED 501 ED 005 ED 279 ED 275 ED 573 ED 344 ED 529	16 28 4 24 24 8 32 12
<b>APPAREILS DE LEVAGE</b>	Sécurité, engins de chantiers – Grues mobiles. Ponts roulants – Portiques. Grues hydrauliques. Ponts roulants.	ED 516 ED 561 ED 676 ED 716	88 144 80 84
<b>CHAUFFAGE</b>	Éléments chauffants intégrés à la construction.	ED 002	4
<b>COULEURS DE SÉCURITÉ</b>	Signalisation de sécurité sur les lieux de travail.	ED 704	24
<b>CIRCUIT DE COMMANDE</b>	Les relais et contacteurs auxiliaires à contacts liés. Interrupteurs de position à ouverture forcée. Blocs logiques pour commandes bimanuelles électriques.	ED 013 ED 015 ED 017	4 4 4
<b>CIRCUIT HYDRAULIQUE</b>	Fluides hydrauliques sous pression. Risques généraux.	ED 018	4
<b>AIR COMPRIMÉ</b>	Efficacité acoustique et pneumatique des silencieux d'échappement d'air comprimé.	ED 504	12
<b>SECOURISME</b>	Que faire pour le sauver ? Stages de formation et de perfectionnement d'animateurs de sécurité en gestes et postures de travail.	ED 722 ED 400	5 32
<b>CAISSE NATIONALE DE L'ASSURANCE MALADIE (CNAM)</b>	Liste des dispositions générales étendues et des recommandations de la CNAM.	ED 505	
<b>LES ÉCHELLES PORTABLES</b>	– Causes d'accidents et recommandations. – Choix de l'échelle. – Transport des échelles. – Mise en place des échelles. Conseils aux utilisateurs d'échelles portables.	ED 552	55
<b>LES ÉCHAFAUDAGES DE SERVICE</b>	– Risques communs à tous les échafaudages. – Risques des échafaudages de pieds. – Risques des échafaudages roulants. – Risques des échafaudages volants. – Risques spécifiques aux plates-formes. – Choix de l'échafaudage approprié. Conseils aux utilisateurs d'échafaudages de service.	ED 673	71
<b>L'INCENDIE ET SA PRÉVENTION</b>	Prévention et lutte contre le feu. Les extincteurs mobiles. Ça brûle. Éléments pour la rédaction des consignes pour le cas d'incendie dans un établissement. Douches antifeu.	ED 310 ED 380 ED 410 ED 541 ED 508	96 56 4 2 8

## LES EXTINCTEURS MOBILES.

### Répartition et emplacement des extincteurs :

- Pour les établissements industriels : 1 extincteur par étage.
- Dans les établissements recevant du public :
  - 1<sup>er</sup> et 4<sup>e</sup> catégories : dans les nouvelles dispositions particulières, la capacité (6 litres minimum) et le nombre (un appareil par zone de 150 à 200 m<sup>2</sup>) dépendent du type d'établissement.
  - 5<sup>e</sup> catégorie : les extincteurs pour foyer type A21 doivent être répartis à raison d'un appareil par 300 m<sup>2</sup> de surface.
- dans l'ensemble des catégories, il y a au moins un extincteur par niveau.
- les locaux comportant des risques particuliers tels que chaufferies, cuisines et dépôts de matériel doivent être équipés d'extincteurs appropriés.

### Définition des classes de feux :

- **Classe A** : Feux de matériaux solides (cellulose, bois, tissus, papiers, etc.) dont la combustion se fait généralement avec formation de braises. Ces feux sont aussi dits « **Feux secs** ».
- **Classe B** : Feux de liquides et de solides liquéfiables : produits pétroliers, alcools, solvants organiques, huiles, graisses. Ces feux sont aussi dits « **Feux gras** ».
- **Classe C** : Feux de gaz : méthane, butane, propane, gaz de ville, etc.
- **Classe D** : Feux de métaux : sodium, magnésium, aluminium, uranium, etc.

### Adaptation des extincteurs aux classes de feu :

Appareils extincteurs	Feux de classe				Emploi sur courant électrique TBT – BT (< à 430 V) (2)
	A	B	C (1)	D	
Extincteurs à eau en jet plein (3) .....	B	M	M	N'utiliser sur ces feux que des extincteurs à liquides ou à poudres spéciaux (à base de graphite, carbonate, de sodium, chlorure de sodium, etc.)	dangereux
Extincteurs à eau en jet pulvérisé (3).....	B	B (4)	M		sans danger
Extincteurs à mousse ou à liquide dit ignifuge	L	B (5)	M		dangereux
Extincteurs à poudre « B.C. » .....	M	B	B		sans danger
Extincteurs à poudre polyvalente (ou universelle).....	B	B	B		sans danger
Extincteurs à dioxyde de carbone (6).....	M	B	B		sans danger
Extincteurs à hydrocarbures halogénés.....	M	B	B	sans danger	

B : bonne efficacité ; L : efficacité limitée ; M : mauvaise efficacité.

(1) On ne doit éteindre un feu de gaz que si l'on peut aussitôt en couper l'arrivée.

(2) Ces matériels peuvent être utilisés sur des courants électriques de classe HT par des personnes expérimentées. Les extincteurs, qui ne doivent pas être employés sur du courant électrique, en portent la mention.

(3) Le rendement extincteur à l'eau est amélioré par des additifs convenables (« mouillants », eau « légère », etc.).

(4) Eau pulvérisée avec certains additifs, eau « légère » par exemple.

(5) Les feux d'alcool, d'éther, de cétone, de solvants polaires doivent être attaqués au moyen de mousses spéciales « anti-alcool ».

(6) Ou anhydride carbonique.

**Note** : D'autres moyens, tels que bacs à sable sec, employés pour éviter aux flaques de se répandre, ou seaux-pompes à jet plein ou pulvérisé ou couverture pour les feux de personnes, peuvent être mis à disposition.

### Caractéristiques de fonctionnement des extincteurs :

Agent extincteur	Capacité des extincteurs	Durée minimale fonctionnement (s)	Efficacité extinctrice minimale	
			Foyer A (1)	Foyer B (1)
Eau en jet plein.....	6 litres	9	13	
	9 litres	12	21	
Eau en jet pulvérisé avec additif.....	6 litres	9	13	
	9 litres	12	21	
Mousse ou liquide ignifuge.....	6 litres	9	13	
	9 litres	12	21	
Poudre.....	2 kg	6	5 (2)	21
	6 kg	9	13 (2)	55
	9 kg	12	21 (2)	89
	12 kg	15	34 (2)	144
Anhydride carbonique .....	2 kg	6		13
	5 kg	9		34
Hydrocarbures halogénés.....	1 kg	6		8
	2 kg	6		13
	4 kg	9		21
	6 kg	9		34

(1) Foyers types normalisés pour l'homologation (NF S 61-902) (2) Poudre de type « ABC » seulement.

## 26.2. NORMES D'ÉLECTRICITÉ NFC

### UTE C-00 GÉNÉRALITÉ

- NFC 01 – Vocabulaire électrotechnique – Unités de mesure
- 02 – Normes et textes généraux
- 03 – Schémas – Symboles
- 04 – Repérage – Étiquetage.

### INSTALLATION ÉLECTRIQUES

- NFC 10 – Installations électriques – Généralités
- 11 – Réseaux
- 12 – Installations réglementées
- 13 – Installations à haute tension
- 14 – Branchements
- 15 – Installations à basse tension et équipements correspondants.

### NFC 15-100 – INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES À BASSE TENSION – RÈGLES (Voir recueil spécial UTE)

- 17 – Autres installations (paratonnerre, éclairage public, etc.)
- 18 – Mesures de protection et de prévention

### CONSTRUCTION ÉLECTRIQUE MATÉRIAUX ÉLECTROTECHNIQUES

- NFC 20 – Construction électrique
- 23 – Matériel électrique pour atmosphères explosives
- 26 – Isolants – Généralités – Isolants solides – Vernis
- 27 – Fluides pour applications électrotechniques
- 28 – Matériaux magnétiques.

### CONDUCTEURS NUS ET ISOLÉS

- NFC 30 – Conducteurs nus et isolés
- 31 – Conducteurs et fils entrant dans la construction électrique
- 32 – Conducteurs et câbles isolés pour installations et équipements.

### MESURES – COMMANDE – RÉGULATION

- NFC 42 – Appareils et transformateurs de mesure
- 44 – Compteurs d'énergie électrique
- 45 – Relais électriques
- 46 – Mesure et commande dans les processus industriels
- 47 – Dispositifs automatiques pour applications domestiques
- 48 – Système d'alarme.

### MATÉRIELS PRODUISANT OU TRANSFORMANT L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

- NFC 51 – Machines électriques tournantes
- 52 – Transformateurs
- 53 – Électronique de puissance
- 54 – Condensateurs de puissance
- 57 – Transformation directe de l'énergie solaire en énergie électrique
- 58 – Accumulateurs
- 59 – Piles électriques.

### APPAREILLAGE – MATÉRIEL D'INSTALLATION

- NFC 60 – Appareillage – Généralités
- 61 – Appareillage pour installations domestiques et analogues
- 62 – Matériel de branchement
- 63 – Appareillage industriel à basse tension
- 64 – Appareillage à haute tension
- 65 – Matériel de protection et accessoires de réseaux
- 66 – Isolateurs et matériel pour lignes aériennes
- 67 – Supports pour lignes aériennes
- 68 – Matériels de pose des canalisations. Conduits, moulures, accessoires pour canalisations isolées.

### MATÉRIEL UTILISANT L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

- NFC 70 – Matériel utilisant l'énergie électrique – Généralités
- 71 – Appareils d'éclairage électrique et accessoires
- 72 – Sources d'éclairage électrique
- 73 – Appareils électrodomestiques et analogues et leurs accessoires :
  - appareils électrodomestiques autres que les réfrigérateurs
  - accessoires pour appareils électrodomestiques
  - réfrigérateurs
  - appareils aérauliques
  - règles de sécurité
  - appareils de distribution
- 74 – Outils électriques
- 76 – Traction électrique – Véhicules électriques autonomes
- 77 – Traitement de l'information – Machines de bureau
- 78 – Matériel électrique agricole.

### COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES ENTRANT DANS UN SYSTÈME INTERNATIONAL D'ASSURANCE DE LA QUALITÉ

- NFC 80 – Généralités
- 81 – Condensateurs fixes
- 83 – Composants électroniques passifs
- 85 – Tubes électroniques et accessoires
- 86 – Micro-électronique – Semiconducteurs discrets
- 97 – Électro-acoustique et audiovisuel
- 98 – Matériels téléphoniques et télématiques.

### DESSIN TECHNIQUE NFE 04

- NFE 04-056 – Transmissions hydrauliques et pneumatiques – Représentation symbolique fonctionnelle des appareils et des accessoires.
- 04-057 – Transmissions hydrauliques et pneumatiques – Guide pour l'exécution des schémas des circuits.

## 26.3. ORGANISMES AGRÉÉS

### LE CONSUEL : 2, place de la Défense, 92053 PARIS LA DÉFENSE CEDEX

- Tout distributeur d'énergie électrique est tenu d'exiger, avant de mettre sous tension l'installation électrique intérieure d'une construction nouvelle, la remise d'une attestation de conformité aux règlements et aux normes de sécurité.
- L'attestation doit être établie par écrit et sous sa responsabilité par l'installateur, auteur des travaux. En cas de pluralité d'installateurs, chacun établit l'attestation pour la partie de l'installation qu'il a réalisée.
- L'installateur doit faire parvenir l'attestation au Consuel 20 jours au moins avant la date prévue de mise sous tension définitive de l'installation par le distributeur d'énergie électrique.
- Le Consuel doit dans un délai maximal de 15 jours à dater de la réception de l'attestation :
  - soit apposer son visa sur l'attestation et la renvoyer à l'installateur,
  - soit signaler à ce dernier les non-conformités décelées au cours d'un contrôle. Dans ce cas, il appartient à l'installateur, après avoir procédé à la mise en conformité de l'installation, de le déclarer au Consuel par écrit. Le visa du Consuel ne peut être apposé qu'après mise en conformité de l'ensemble des installations électriques concernées.
- En cas de pluralité d'installateurs, le visa est apposé simultanément sur toutes les attestations.
- L'installation de chaque appartement d'un immeuble ou de chaque maison individuelle doit faire l'objet d'une attestation de conformité. Si le logement comporte un chauffage électrique et si celui-ci est réalisé par le même installateur, une seule attestation par logement doit être établie.
- Les installations électriques des services généraux doivent faire l'objet d'attestations de conformité établies par les installateurs, auteurs des travaux. Chaque installateur doit établir et signer une attestation de conformité par comptage pour l'installation électrique qu'il a réalisée.
- Les attestations de conformité des installations électriques des logements et des services généraux doivent être établies sur des formulaires délivrés par le Consuel.

### PROMOTÉLEC : Espace Elec - CNIT - 2, place de la Défense - BP 9 - 92053 PARIS LA DÉFENSE



- Association pour la promotion de la qualité des installations électriques, sans but lucratif, régie par la loi du 1<sup>er</sup> juillet 1901.
- Elle regroupe :
  - les organisations professionnelles d'installateurs électriciens,
  - les organisations professionnelles de la construction électrique,
  - Electricité de France.

PROMOTÉLEC met à la disposition des installateurs électriciens et des élèves de l'enseignement technique :

- **Une revue d'information** traitant des problèmes liés aux installations électriques.

#### - Des documents gratuits :

- |   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>- Schéma de principe d'une installation électrique ;</li><li>- Comment reconnaître l'équipement électrique NF ;</li><li>- Caractéristiques techniques des matériels d'installation électrique ;</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>- Comment concevoir une installation électrique ;</li><li>- L'électricité chez vous en toute sécurité ;</li><li>- Autocollant « Je suis les conseils PROMOTÉLEC ».</li></ul> |
|---|--|

#### - Des feuillets d'information ;

- |   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>A - Appareils électriques dans la salle d'eau.</li><li>C - La liaison équipotentielle dans la salle d'eau.</li><li>E - Canalisations électriques enterrées.</li><li>F - Moulures, plinthes et goulottes dans les locaux d'habitation.</li><li>H - Mise à la terre.</li><li>J - Prise de terre dans les immeubles anciens.</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>B - L'équipement électrique de la salle d'eau.</li><li>D - Installations électriques dans les chaufferies, sous-stations et leurs locaux annexes.</li><li>G - Installation électrique triphasée dans les locaux d'habitation.</li><li>I - Prises de terre.</li><li>K - Liaison équipotentielle principale d'un bâtiment.</li></ul> |
|---|--|

#### - Des mémentos :

- |   |   |  |
|---|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>- Locaux d'habitation.</li><li>- Locaux recevant des travailleurs.</li><li>- Piscines et bâtiments sportifs.</li><li>- Installations électriques de chauffage.</li><li>- Enseignes lumineuses.</li><li>- Exploitations agricoles.</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>- Locaux artisanaux et commerciaux.</li><li>- Équipements frigorifiques thermodynamiques.</li><li>- Étude thermique et isolation.</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>- Automates programmables.</li><li>- Établissements recevant du public.</li><li>- Boulangeries et pâtisseries.</li><li>- Disjoncteurs de branchement et protection différentielle.</li></ul> |
|---|---|--|

#### - Des affiches :

- |   |  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>- Schéma de principe d'une installation électrique.</li><li>- Principaux conducteurs et câbles et leurs utilisations.</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>- Moulures, plinthes et conduits électriques.</li><li>- Sécurité dans la salle d'eau.</li><li>- La prise de terre.</li></ul> |
|---|--|

#### - Des plaquettes, des bristol, des autocollants.

### INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE ET DE SÉCURITÉ (INRS) : 30, rue Olivier-Noyer, 75680 PARIS CEDEX 14

- Organisme qui dépend du ministère des Affaires Sociales et de l'Emploi, direction des Relations du travail.
- Il traite de la protection des travailleurs dans les établissements mettant en œuvre des courants électriques.
- Il établit :
  - les textes réglementaires,
  - les décrets et les circulaires d'application.

# SYMBOLES DES GRANDEURS ET DES UNITÉS DE MESURE

## MULTIPLES ET SOUS-MULTIPLES NFX 02-006

facteur			préfixe	symbole	facteur			préfixe	symbole
10 <sup>18</sup>	ou	1 000 000 000 000 000 000	exa	E	10 <sup>-1</sup>	ou	0,1	déci	d
10 <sup>15</sup>	ou	1 000 000 000 000 000	peta	P	10 <sup>-2</sup>	ou	0,01	centi	c
10 <sup>12</sup>	ou	1 000 000 000 000	téra	T	10 <sup>-3</sup>	ou	0,001	milli	m
10 <sup>9</sup>	ou	1 000 000 000	giga	G	10 <sup>-6</sup>	ou	0,000 001	micro	μ
10 <sup>6</sup>	ou	1 000 000	méga	M	10 <sup>-9</sup>	ou	0,000 000 001	nano	n
10 <sup>3</sup>	ou	1 000	kilo	k	10 <sup>-12</sup>	ou	0,000 000 000 001	pico	p
10 <sup>2</sup>	ou	100	hecto	h	10 <sup>-15</sup>	ou	0,000 000 000 000 001	femto	f
10 <sup>1</sup>	ou	10	déca	da	10 <sup>-18</sup>	ou	0,000 000 000 000 000 001	atto	a

**Exemple :** 1 μΩ = 10<sup>-6</sup> Ω = 0,000 001 Ω      1 mg = 10<sup>-3</sup> g = 0,001 g

## ABREVIATIONS ET SYMBOLES COURANTS NFX 02-100

majuscules	minuscules	nom	majuscules	minuscules	nom	majuscules	minuscules	nom	majuscules	minuscules	nom
A	α	alpha	Σ	σ	sigma	I	ι	iota	Φ	φ	phi
B	β	bêta	T	τ	tau	Λ	λ	lambda		π	pi = 3,1416
K	κ	kappa	Υ	υ	upsilon	M	μ	mu		sin	sinus
Δ	δ	delta	H	η	eta	N	ν	nu		cos	cosinus
E	ε	epsilon	θ	θ	thêta	O	ο	omicron		tan	tangente
Φ	φ	phi	Ψ	ψ	psi	Π	ω	pi		cot	cotangente
Γ	γ	gamma	Ω	ω	oméga	P	ρ	rho			

## SIGNES ET SYMBOLES MATHÉMATIQUES NFX 02-211

signe	utilisation	sens - énoncé	signe	utilisation	sens - énoncé
=	a = b	a est égal à b	×	a × b	a multiplié par b
≠	a ≠ b	a est différent de b	.	a . b	a multiplié par b
≡	a ≡ b	a correspond à b	/	a / b	a divisé par b
≈	a ≈ b	a est approximativement égal à b	—	$\frac{a}{b}$	a divisé par b
<	a < b	a est strictement inférieur à b	Σ	Σ E	sommes de toutes les f.é.m.
>	a > b	a est strictement supérieur à b	Π	Π a <sub>i</sub>	a <sub>1</sub> a <sub>2</sub> ... a <sub>n</sub>
≤	a ≤ b	a est inférieur ou égal à b		$\sum_{i=1}^n a_i$	
≥	a ≥ b	a est supérieur ou égal à b		a <sup>n</sup>	a puissance n
≪	a ≪ b	a est très inférieur à b	√	√a	racine carrée de a
≫	a ≫ b	a est très supérieur à b		$\sqrt[n]{a}$	racine n ième de a
∞		infini		a	valeur absolue de a
+	a + b	a plus b	!	n !	factorielle n
-	a - b	a moins b			
symbole			symbole		
f		fonction ou application	e = 2,7182818		base des logarithmes népériens
f(x)		valeur de la fonction f respectivement en x	e <sup>x</sup> , exp(x)		exponentielle (de base e) de x
$[f(x)]_a^b$ ou $f(x) _a^b$		f(b) - f(a)	log <sub>a</sub> x		logarithme de base a de x
lim f(x)		limite de f(x) quand x tend vers a	ln x		logarithme népérien de x
x → a			lg x		logarithme décimal de x
d f / dx, f', Df		dérivée de la fonction f d'une variable	i ou j		unité imaginaire
$\int_a^b f(x) dx$		intégrale définie de la fonction f de a à b	arg Z		argument de Z, phase de Z
$\bar{f}$		valeur moyenne de f			

## GRANDEURS, UNITES LEGALES ET SYMBOLES

### GRANDEURS, UNITES LEGALES ET SYMBOLES ESPACE ET TEMPS NFX 02-201

symbole	dimension	nom	définition	symbole	dimension	nom	définition
angle plan α, β, γ, θ	sans	radian rad.	angle compris entre deux rayons qui interceptent sur un cercle, un arc de longueur égale à celle du rayon.	angle solide Ω (ω)	sans	stéradian sr	angle qui, ayant son sommet au centre d'une sphère, découpe sur la surface de cette sphère une aire égale à celle d'un carré ayant pour côté le rayon de la sphère.
		tour. tr	1 tr = 2 π rad	long : L, l larg : b haut : h ép. : d, δ diam : d	L	mètre m	longueur égale à 1650 763, 73 longueur d'onde dont le vide de la radiation correspondant à la transition entre les niveaux 2p <sub>10</sub> et 5d <sub>5</sub> de l'atome de krypton 86.
		degré. °	1° = $\frac{\pi}{180}$ rad.				
		minute d'angle	1' = $\frac{1^\circ}{60} = \frac{\pi}{10\ 800}$				
		seconde d'angle	1" = $\frac{1^\circ}{3\ 600} = \frac{\pi}{648\ 000}$				

**GRANDEURS, UNITÉS LÉGALES ET SYMBOLES. ESPACE ET TEMPS (SUITE) NFX 02-201**

symbole	dimension	nom	définition	symbole	dimension	nom	définition
aire superficielle $A (S)$	$L^2$	mètre carré $m^2$	aire d'un carré de 1 m de côté	accélération angulaire $\alpha$	$T^{-2} \frac{d\omega}{dt}$	radian par sec. carrée $rad/s^2$	
volume $V$	$L^3$	mètre cube $m^3$	volume d'un cube de 1 m de côté	vitesse $U, V, W, C$	$LT^{-1} \frac{ds}{dt}$	mètre par seconde $m/s$	
temps, intervalle de temps durée : $t$	$T$	seconde s minute : min heure : h jour : d	durée de 9 192 631 770 périodes de la radiation correspondant à la transition entre les deux niveaux hyperfins de l'état fondamental de l'atome de césium 133	accélération $a$	$LT^{-2} \frac{dv}{dt}$	mètre par seconde carrée $m/s^2$	$g_n = 9,80665 m/s^2$
vitesse angulaire $\omega$	$T^{-1} \frac{d\varphi}{dt}$	radian par seconde $rad/s$					

**GRANDEURS, UNITÉS LÉGALES ET SYMBOLES. PHÉNOMÈNES PÉRIODIQUES ET CONNEXES NFX 02-202**

symbole	dimension	nom	définition	symbole	dimension	nom	définition
période $T$	$T$	seconde s	voir ci-dessus	déphasage différence de phase $\varphi$		radian rad	dans les fonctions : $a = a_m \sin \omega t$ $b = b_m \sin (\omega t - \varphi)$ $\varphi$ est le déphasage de b par rapport à a
constante de temps $\tau, (T)$	$T$	seconde s		longueur d'onde $\lambda$	$L$	mètre m	
fréquence $f, \nu$	$T^{-1} \frac{1}{T}$	hertz Hz	fréquence d'un phénomène périodique dont la période est 1 seconde	niveau de puissance $L_p$		décibel dB	$1 dB = 10 \lg \frac{P}{P_0}$ avec $\frac{P}{P_0} = 10^{1/10}$
fréquence de rotation $n$	$T^{-1}$	seconde à la puissance moins un $s^{-1}$		coefficient d'amortis $\delta$	$T^{-1}$	seconde à la puis. <sup>-1</sup> $s^{-1}$	$\tau = \frac{1}{\delta} =$ constante de temps de l'amplitude
pulsation $\omega$	$T^{-1} 2\pi f$	radian par seconde $rad/s$					

**GRANDEURS, UNITÉS LÉGALES ET SYMBOLES MÉCANIQUE NFX 02-203**

symbole	dimension	nom	définition	symbole	dimension	nom	définition
masse $m$	$M$	kilogramme kg	tonne $t = 10^3$ kg carat métrique $= 2 \times 10^{-4}$ kg	Force $F$	$LMT^{-2}$	newton N	$1 N = 1 m.kg.s^{-2}$
masse volumique $\rho$	$L^{-3} M$	kilogramme par mètre cube : $kg/m^3$	$1 t/m^3 = 10^3 kg/m^3$ $= 1 g/cm^3$	Constante de gravitation $G (f)$	$L^3 M^{-1} T^{-2}$	newton mètre carré par kilogramme	$N.m^2/kg^2$
densité $d$			$\frac{\text{masse volumique}}{\text{masse volumique de référence}}$	moment d'une force $M, T$	$L^2 MT^{-2}$	newton mètre $N.m$	<b>ATTENTION :</b> $mN =$ millinewton
volume massique $V$	$L^3 M^{-1}$	mètre cub. par kilog. $m^3/kg$	$\frac{\text{volume}}{\text{masse}}$	pression $p$	$L^{-1} MT^{-2}$	pascal Pa bar	$1 Pa = 1 N/m^2$ $= 1 m^{-1}.kg.s^{-2}$ $1 bar = 10^5 Pa$ $1 Pa = 0,102 mm d'eau$
masse linéique $\rho_l$	$L^{-1} M$	kilogramme par mètre $kg/m$	$\frac{\text{masse}}{\text{longueur}}$	travail $W, (A)$	$L^2 MT^{-2}$	joule J wattheure Wh	$1 J = 1 m^2.kg.s^{-2}$ $= 1 N.m = 1 W.s$ $1 Wh = 3,6.10^3 J$
masse surfacique $\rho_A (\rho_S)$	$L^{-2} M$	kilog. par mètre carré $kg/m^2$	$\frac{\text{masse}}{\text{aire}}$	énergie $E, (W)$		électronvolt eV	$1 eV = 1,602 1892.10^{-10} J$
quantité de mouv. ent $\rho$	$LMT^{-1}$	kilog. mètre par seconde $kg.m/s$	produit de la masse par la vitesse	puissance $P$	$L^{-2} MT^{-3}$	watt W	$1 W = 1 J/s$ $= 1 m^2.kg.s^{-3}$
moment cinétique $L$	$L^2 MT^{-1}$	kilog. mètre carré par seconde $kg.m^2/s$	c'est aussi le moment de quantité de mouvement	déb. masse $q_m$	$MT^{-1}$	kilogramme par seconde $kg/s$	
moment d'inertie $I, J$	$L^2 M$	kilog. mètre carré $kg.m^2$		débit vol. $q_v$	$L^3 T^{-1}$	mètre cube par seconde $m^3/s$	
				rendement $\eta$	sans		

**GRANDEURS, UNITÉS LÉGALES ET SYMBOLES. THERMIQUE. NFX 02-204**

symbole	dimension	nom	définition	symbole	dimension	nom	définition
températ. thermodyn. températ. absolue $T$	$\theta$	kelvin K	1 K = 1/273,16 de la température thermodynamique du point triple de l'eau	coef. de rayonnem. thermique $h_r$			indique la contribution du rayonnement dans l'échange thermique
températ. Celsius. $t, \theta$	$\theta$	degré Celsius °C	$t = T - T_0$ $T_0 = 273,15$ K	coef. d'isolation thermique $M$	$M^{-1}T^3\theta$	mètre carré kelvin par watt $m^2.K/W$	$1 m^2 K/W = 1 kg^{-1} \cdot s^3 \cdot K$
quantité de chaleur $Q$	$L^2MT^{-2}$	joule J	$1 J = 1 m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$	résistance thermique $R$	$L^{-2}M^{-1}T^3\theta$	kelvin par watt K/W	$1 K/W = 1 m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^3 \cdot K$
flux ther. $\phi$	$L^2MT^{-3}$	watt W	$1 W = 1 m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$	diffusité thermique $a$	$L^2T^{-1}$	mètre carré par seconde $m^2/s$	$1 m^2/s = 1 m^2 \cdot s^{-1}$ $a = \frac{\lambda}{\rho \cdot C_p}$ $\rho$ : masse volumique $C_p$ : capacité thermique massique à pression constante
densité de flux therm. $q, \varphi$	$MT^{-3}$	watt par mètre carré $W/m^2$	$1 W/m^2 = 1 kg \cdot s^{-3}$	capacité thermique $C$	$L^2MT^{-2}\theta^{-1}$	joule par kelvin J/K	$C = \frac{dQ}{dT}$ $1 J/K = 1 m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot K^{-1}$
coef. de transmission ther. glob $K$		watt par mètre carré kelvin $W/m^2.K$	$1 W/m^2 \cdot K = 1 kg \cdot s^{-3} \cdot K^{-1}$ $\varphi = K(T_{i2} - T_{r1})$ $T_{i2}$ et $T_{r1}$ = températures de référence	Energie $E$	$L^2MT^{-2}$	joule J	$1 J = 1 m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
coef. de transmission ther. surf. $h$	$MT^{-3}\theta^{-1}$		$\varphi = h(T_s - T_r)$ $T_s$ : température de surface $T_r$ : température de référence	énergie int. $U$			
coef. de convection thermique $h_c$			indique la contribution de la convection dans l'échange thermique	enthalpie $H$			
				énergie libre $F$			
				enthalpie libre : $G$			

**GRANDEURS, UNITÉS LÉGALES ET SYMBOLES. ÉLECTRICITÉ ET MAGNÉTISME NFX 02-205**

symbole	dimension	nom	définition	symbole	dimension	nom	définition
courant électrique $I$		ampère A	$i$ = valeur instantanée	flux élect. flux de déplacem. $\psi$	$Tl$	coulomb C	$1 C = 1 A \cdot s$
charge électrique $Q$	$Tl$	coulomb C	$1 C = 1 A \cdot s$ $1 Ah = 3,6$ kC $Q$ : désigne aussi la quantité d'électricité	capacité $C$	$L^{-2}M^{-1}T^4I^2$	farad F	$1 F = 1 C/V$ $= 1 m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$
charge volumique $\rho, (\tau)$	$L^{-3}Tl$	coulomb par mètre cube $C/m^3$	$1 C/m^3 = 1 m^{-3} \cdot s \cdot A$	permittivité $\epsilon$	$L^{-3}M^{-1}T^4I^2$	farad par mètre F/m	$1 F/m = 1 m^{-3} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$
charge surfacique $\sigma$	$L^{-2}Tl$	coulomb par mètre carré $C/m^2$	$1 C/m^2 = 1 m^{-2} \cdot s \cdot A$	const. élec. permittivité du vide $\epsilon_0$			$\epsilon_0 = \frac{1}{\mu_0 \cdot C_0^2} = \frac{10^7}{4 \pi C_0} F/m$ $= 8,854 187 82 \times 10^{-12} F/m$
champ électrique $E, (K)$	$LMT^{-3}I^{-1}$	volt par mètre V/m	$1 V/m = 1 m \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$	permittivité relative $\epsilon_r$	sans		$\epsilon_r = \frac{\epsilon}{\epsilon_0}$
potentiel électrique $V, (\varphi)$		volt V	$1 V = 1 W/A$ $= 1 m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$	susceptibil. relative $\chi, \chi_e$	sans		$\chi = \epsilon_r - 1$
différence de potentiel tension $U, (V)$	$L^2MT^{-3}I^{-1}$	volt V	$u, v$ , valeur instantanée	polarisation électrique $P$	$L^{-2}Tl$	coulomb par mètre carré $C/m^2$	$1 C/m^2 = 1 m^{-2} \cdot s \cdot A$
f.e.m. $E$		volt V		moment de dipôle élect. $p, (p_e)$	$LtI$	coulomb mètre C.m	$1 C \cdot m = 1 m \cdot s \cdot A$
induction électrique déplacem. $D$	$L^{-2}Tl$	coulomb par mètre carré $C/m^2$	$1 C/m^2 = 1 m^{-2} \cdot s \cdot A$	densité du courant $J, (S)$	$L^{-2}I$	ampère par mètre carré A/m	$1 A/m^2 = 1 m^{-2} \cdot A$

**GRANDEURS, UNITÉS LÉGALES ET SYMBOLES. ÉLECTRICITÉ ET MAGNÉTISME NFX 02-205**

symbole	dimension	nom	définition	symbole	dimension	nom	définition
densité linéique du C <sup>1</sup> A, (α)	L <sup>-1</sup> I	ampère par mètre A/m	1 A/m = 1 m <sup>-1</sup> . A	dens. éner. élect. W	L <sup>-1</sup> MT <sup>-2</sup>	joule par mètre cube J/m <sup>3</sup>	1 J/m <sup>3</sup> = 1 m <sup>-1</sup> . kg . s <sup>-2</sup>
champ magnétique H	L <sup>-1</sup> I	ampère par mètre A/m	1 A/m = 1 m <sup>-1</sup> . A	résistance en C <sup>1</sup> C <sup>4</sup> R	L <sup>2</sup> MT <sup>-3</sup> I <sup>-2</sup>	ohm Ω	1 Ω = 1 V/A = 1 m <sup>2</sup> . kg . s <sup>-3</sup> . A <sup>-2</sup>
force magnétomot. F, F <sub>m</sub>		ampère A	F = φ H <sub>s</sub> ds	conductance en C <sup>1</sup> C <sup>4</sup> G	L <sup>-2</sup> M <sup>-1</sup> T <sup>3</sup> I <sup>2</sup>	siemens S	1 S = 1 A/V = 1 m <sup>-2</sup> . kg <sup>-1</sup> . s <sup>3</sup> . A <sup>2</sup>
induction magnétique B	MT <sup>-2</sup> I <sup>-1</sup>	tesla T	1 T = 1 Wb/m <sup>2</sup> = 1 V . s/m <sup>2</sup> = 1 kg . s <sup>-2</sup> . A <sup>-1</sup>	résistivité Q	L <sup>3</sup> MT <sup>-3</sup> I <sup>-2</sup>	ohm-mètre Ω . m	1 Ω . m = 1 m <sup>3</sup> . kg . s <sup>-3</sup> . A <sup>-2</sup>
flux magnétique Φ	L <sup>2</sup> MT <sup>-2</sup> I <sup>-1</sup>	weber Wb	1 Wb = 1 V . s = 1 m <sup>2</sup> . kg . s <sup>-2</sup> . A <sup>-1</sup>	conductivité γ, σ	L <sup>-3</sup> M <sup>-1</sup> T <sup>3</sup> I <sup>2</sup>	siemens par mètre S/m	1 S/m = 1 m <sup>-3</sup> . kg <sup>-1</sup> . s <sup>3</sup> . A <sup>2</sup>
poten vect. magnétique A	LMT <sup>-2</sup> I <sup>-1</sup>	wéber par mètre Wb/m	1 Wb/m = 1 m . kg . s <sup>-2</sup> . A <sup>-1</sup>	réductance R, R <sub>m</sub>	L <sup>-2</sup> M <sup>-1</sup> T <sup>2</sup> I <sup>2</sup>	henry puis. moins 1 H <sup>-1</sup>	1 H <sup>-1</sup> = 1 m <sup>-2</sup> . kg <sup>-1</sup> . s <sup>2</sup> . A <sup>2</sup>
inductance propre L		henry H	1 H = 1 Wb/A = 1 m <sup>2</sup> . kg . s <sup>-2</sup> . A <sup>-2</sup>	perméance Λ, (P)	L <sup>2</sup> MT <sup>-2</sup> I <sup>-2</sup>	henry H	1 H = 1 m <sup>2</sup> . kg . s <sup>-2</sup> . A <sup>-2</sup>
inductance mutuelle M, L <sub>12</sub>	L <sup>2</sup> MT <sup>-2</sup> I <sup>-2</sup>	henry H		nb de spires N	sans		
perméabilité μ	LMT <sup>-2</sup> I <sup>-2</sup>	henry par mètre H/m	1 H/m = 1 Wb/(A . m) = 1 m . kg . S <sup>-2</sup> . A <sup>-2</sup>	nb de phases m	sans		
perméabilité du vide μ <sub>0</sub>	μ <sub>0</sub> = 1 / (ε <sub>0</sub> . C <sup>2</sup> )	H/m	μ <sub>0</sub> = 4 π 10 <sup>-7</sup> H/m	nb de paires de pôles p	sans		
perméabilité relative μ <sub>r</sub>	sans		μ <sub>r</sub> = μ / μ <sub>0</sub>	déphasage φ	sans	radian rad	lorsque u = u <sub>m</sub> cos ωt et i = i <sub>m</sub> cos (ωt - φ), φ est le déphasage
susceptibilité magnéti. χ	sans		χ = μ <sub>r</sub> - 1	impédance Z	L <sup>2</sup> MT <sup>-3</sup> I <sup>-2</sup>	ohm Ω	1 Ω = 1 V/A = 1 m <sup>2</sup> . kg . s <sup>-3</sup> . A <sup>-2</sup>
alimentation H, M	L <sup>-1</sup> I	ampère par mètre A/m	1 A/m = 1 m <sup>-1</sup> . A, H <sub>l</sub> = B / μ <sub>0</sub> - H	réactance X		Ω	X = Lω - 1 / Cω (partie imaginaire de l'impédance)

**GRANDEURS, UNITÉS LÉGALES ET SYMBOLES. RAYONNEMENTS ÉLECTROMAGNÉTIQUES ET OPTIQUE NFX 02-206**

symbole	dimension	nom	définition	symbole	dimension	nom	définition
fréquence f, ν	T <sup>-1</sup>	hertz Hz	1 Hz = 1 s <sup>-1</sup>	exposition lumineuse H	L <sup>-2</sup> TJ	lux-sec. lx . s	1 lx . h = 3 600 lx . s
pulsation ω	T <sup>-1</sup>	radian par seconde rad/s	ω = 2 π f	efficacité lumineuse K	L <sup>-2</sup> M <sup>-1</sup> T <sup>3</sup> J	lumen par watt lm/W	
long. d'onde λ	L	mètre m		indice de réfraction n	sans		
int. lumin. I, (I <sub>v</sub> )	J	candela cd	I = ∫ I <sub>λ</sub> dλ	luminance énergétique radiance L <sub>1</sub> (L <sub>e</sub> )	MT <sup>-2</sup>	watt par stéradian-mètre carré W/sr . m <sup>2</sup>	
flux lumin. Φ, (Φ <sub>v</sub> )	J	lumen lm	1 lm = 1 cd . sr	<p><b>Note</b> : Exemple de symbole :</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>E</p> <p>↓</p> <p>symbole préférentiel</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>(E<sub>v</sub>)</p> <p>↓</p> <p>symbole pouvant être utilisé</p> </div> </div>			
quantité de lumière Q, (Q <sub>v</sub> )	TJ	lumen - seconde lm.s	1 lm . h = 3 600 lm . s				
luminance L, (L <sub>v</sub> )	L <sup>-2</sup> J	candela/m <sup>2</sup> cd/m <sup>2</sup>					
éclairage lumineux E, (E <sub>v</sub> )	L <sup>-2</sup> J	lux lx	1 lx = 1 lm/m <sup>2</sup> = 1 cd . sr/m <sup>2</sup>				

## CARACTÉRISTIQUES DES MATÉRIAUX

FAMILLE	NOM USUEL	DÉSIGNATION	SYMBOLE CHIMIQUE	SYMBOLE ABRÉGÉ	MASSE VOLUMIQUE (kg/m <sup>3</sup> × 10 <sup>3</sup> )	RÉSISTANCE MÉCANIQUE (daN/mm <sup>2</sup> ) R : recuit. E : écroui.		COEFF. DE DILATATION (m <sup>3</sup> /°C × 10 <sup>-6</sup> ) de 0 à 100 °C	RÉSISTIVITÉ (à 20 °C) (Ωm × 10 <sup>-8</sup> )	TEMPÉRATURE DE FUSION (°C)	COEFFICIENT DE TEMPÉRATURE (de 0 à 100 °C × 10 <sup>-3</sup> )	COMPOSITION (teneur moyenne des éléments en % suivie de leur symbole chimique)	OBSERVATIONS	UTILISATION	
						ÉLASTIQUE R <sub>e</sub>	RUPTURE R <sub>m</sub>								
Métaux conducteurs divers	Aluminium	1050A	Al	A	2,7	R : 3 E : 15	8 7	24	2,78 2,83	660	+ 4,3	99,5 Al	Résiste à la corrosion, paramagnétique, se moule	Câbles, barres, cages de moteurs à rotor en court-circuit, appareillage	
	Argent		Ag		10,5		R : 14	20	1,59	960	+ 4,1		Lourd, bon conducteur, bonne résistance à la corrosion, onéreux	Contacts fusibles, en alliages	
	Béryllium		Be		1,85	13	26		4	1 315			Augmente R <sub>m</sub>	En alliages	
	Cadmium		Cd	Cd	8,64		5		6,8	320			Augmente R <sub>m</sub> et la dureté	En alliages	
	Carbone		C	C	1,5				3 000		- 0,4		Carbone amorphe	Balais, contacts, résistances, électrodes, en alliages	
	Chrome		Cr	C	7,2		32		11	1 857	+ 6,4		Augmente R <sub>m</sub> , facilite la mise en œuvre	En alliages	
	Cobalt		Co	K	8,8	31	78	12,5	5,7	1 494			Augmente la dureté à chaud et la résistance au fluage	En alliages	
	Cuivre	Cu/a2	Cu	U	8,9	R : 7 E : 32	23 35	17	1,72	1 084,5	+ 3,9	99,966 Cu	Lourd, bon conducteur, soudable, diamagnétique	Câbles, barres, bobinages, collecteurs, appareillages en alliages	
	Étain		Sn	E	7,28		14,8	23	11,5	232			Soudable	Soudure, en alliages	
	Fer		Fe	Fe	7,88				10	1 530			Corrosif	Résistances, en alliages, résistances de chauffe	
	Magnésium		Mg	G	1,74	E : 5	E : 22	26,1	4,5	650		99,8		Augmente la résistance à l'usure	En alliages
	Manganèse		Mn	M	7,43				185	1 244					En alliages
	Mercure		Hg		13,59				95,8	- 39	+ 1		Liquide pour t <sub>h</sub> > - 39 °C	Contacts en ampoule, en alliages	
	Molybdène		Mo	D	10,22	R : 57	R : 67	5,1	5,8	2 623				Résiste à la corrosion et à la température, bonne R <sub>m</sub>	Contacts, filaments de lampes
	Nickel		Ni	N	8,89	R : 18 E : 62	R : 50 E : 76	13,3	9,2	1 455				Bonne résistance à l'oxydation	En alliages
	Or		Au		19,3				2,04	1 064				Inaltérable, résiste à l'arc, bon conducteur, onéreux	Contacts à faible pression, en alliages
	Phosphore		P	P	1,83					44					En alliages
	Platine		Pt	Pt	21,46	1,5	18	40	10,6	1 773				Bonne résistance à l'arc et à l'oxydation, onéreux	Contacts, électrodes de bougies, étalons de mesure, en alliages
	Plomb		Pb	Pb	11,35			11,5	29	20,6	327			Résiste à la corrosion, lourd	Batteries
	Silicium		Si	S	2,4					10 <sup>5</sup>	1 420			Semi-conducteur, augmente R <sub>e</sub>	Semi-conducteurs, en alliages
Titane		Ti	T	4,5	10	13	8,5	47,8	1 625				Augmente la résistance à l'oxydation	En alliages	
Tungstène		W	W	19,1		E : 90		5,5	3 410	+ 4,8			Très résistant, difficile à travailler	Filament de lampes, vis platinées, en alliages, outils	
Vanadium		V	V	5,8					26	1 917			Augmente la dureté et la résistance à l'usure à haute température	Outils, en alliages	
Zinc		Zn	Z	7,14		R : 1 E : 13	29		419	+ 4,19	99,995		Résiste à la corrosion	En alliages	

# LEXIQUE ANGLAIS – FRANÇAIS

**AC** (Alternating Current) : courant alternatif

**Access** : accès

**Accumulator** : accumulateur, totalisateur

**ADC** (Analog-to-Digital Converter) : convertisseur analogique/numérique

**Adder** : additionneur

**ADP** (Automatic Data Processing) : traitement automatique des données

**Algorithmics** : algorithmique

**ALU** (Arithmetic Logic Unit) : unité arithmétique et logique

**Analog** : analogique

**And** : ET (intersection logique)

**And-OR-INVERT** : ET-OU-NON

**Area** : zone

**Arithmetic logic unit** : unité arithmétique et logique

**Array processor** : processeur vectoriel

**Available** : disponible

**Back up** : de secours

**BASIC** (Beginners All-purpose Symbolic Instruction Code) : langage de programmation

**Band width** : bande passante

**BCD** (Binary Coded Decimal) : décimal codé binaire

**Binary** : binaire

**Bit** (binary digit) : élément binaire, notation 1 ou 0 (eb)

**Borrow** : retenue en soustraction

**Brightening** : surbrillance

**Buffer** : tampon, mémoire intermédiaire

**Bug** : bogue

**Bus** : circuit

**Byte** : groupe de positions binaires

**Call** (to) : appeler

**CAM** (Content Acces Memory) : mémoire associative

**Carry** : report, retenue en addition

**Case** : boîtier

**CD-ROM** : disque optique compact

**Chip** : substrat de circuit intégré, pastille, microplaquette

**Chip enable** : validation d'un circuit

**Clear** : remise à zéro

**Clock** : horloge

**CMOS** (Complémentaire MOS) : technologie à MOS complémentaire

**COBOL** (Common Business Oriented Language) : langage évolué de programmation

**Computer** : calculateur, ordinateur

**Conversational mode** : mode dialogue

**Counter** : compteur

**CPU** (Central Processing Unit) : unité centrale de traitement

**Current** : courant

**Data** : donnée

**Data bank** : banque de données

**Data base** : base de données

**DBMS** (Data Base Management System) : système de gestion de base de données

**DC** (Direct Current) : courant continu

**Debug** (to) : déboguer

**Decoupling** : découplage

**Delay** : retard, temporisation

**Device** : dispositif

**Diac** (Diode Alternating Current) : diode à seuil bidirectionnelle

**Digit** : Chiffre (plusieurs digits forment un mot)

**Digital** : numérique

**Direct access** : accès direct

**Directory** : répertoire

**Diskette** : disquette

**Display** : affichage, afficheur, visualisation

**Down/up** : décomptage/comptage

**Driver** : circuit d'attaque, circuit de commande

**DTL** (Diode Transistor Logic) : circuit logique à diodes et transistors

**Dump** (to) : cliquer

**Duty cycle** : rapport cyclique

**EAPROM** (Electrically Alterable Programmable Read Only Memory) : mémoire programmée et effaçable électriquement

**eb** : élément binaire

**ECL** (Emitter Coupled Logic) : circuit logique à couplage d'émetteur

**Edge** : Front d'un signal

**Editor** : éditeur

**EEROM** (Electrically Erasable Read Only Memory) : mémoire morte effaçable électriquement

**Electronic mail** : messagerie électronique

**EPROM** (Electrically Programmable Read Only Memory) : mémoire morte programmable électriquement

**Enable** : Validation

**Enable input** : entrée de validation

**Even** : pair

**Expandable** : extensif, évolutif

**Fall time** ( $t_{fall}$ ) : temps de descente

**False** : faux

**FAN, in** : entrance

**FAN, out** : sortie

**FET** (Field Effect Transistor) : transistor à effet de champ

**Field** : zone de mémoire de carte d'instruction

**FIFO** (First Input First Output) : mémoire organisée en file (système premier entré, premier sorti)

**File** : fichier

**Firmware** : microprogramme

**Flip Flop** : bascule

**Floppy disk** : disquette

**FORTAN** (FORmula TRANslation) : langage évolué de programmation

**Frequency** : fréquence

**FROM** (Fusible Read Only Memory) : mémoire morte à fusible

**Full adder** : additionneur complet

**full text** : en texte intégral

**Gate** : porte, gachette

**GRAY** : code binaire réfléchi

**Grounding** : masse

**Half-adder** : demi-additionneur

**Halt** : arrêter, interrompre

**Hard copy** : tirage, facsimilé

**Hardware** : matériel, machine

**Hexadécimal** : système de numérotation

**Highlighting** : marquage

**Hold time** ( $t_{hold}$ ) : temps de maintien

**HTL** (High Threshold Logic) : technologie à haute immunité au bruit

**IC** (Integrated Circuit) : circuit intégré

**Implement** (to) : implanter

**Increment** : valeur de progression, pas de progression

**Input** : entrée, introduction

**Insignificant** : non significatif

**Instruction** : instruction

**Interface** : liaison, jonction

**Joystick** : manche, poignée

**Jump** : branchement, renvoi sur une séquence ou un sous-programme

**Keyboard** : clavier

**keyword** : mot clé

**Latch** : bascule électronique

**LCD** (Liquid Crystal Display) : affichage à cristaux liquides

**LED** (Light Emitting Diode) : diode électroluminescente

**Level** : niveau

**LIFO** (Last-In First Out) : mémoire organisée en pile (système dernier entré, premier sorti)

**Linear** : linéaire

**List** (to) : lister

**Listing** : listage

**Load** : entrée de chargement, de programmation, charge

**Load-resistance** : résistance de charge

**Local area network** : réseau local

**Lock ahead carry générateur** : générateur de retenue anticipée

**Lock out** : blocage

**LSI** (Large Scale Integration) : intégration à grande échelle

**Magnetic disk** : disque magnétique

**Maintain regulation** : taux de régulation

**Maintain ripple** : taux d'ondulation

**Mass storage** : mémoire de masse

**Memory** : mémoire

**Message handling** : messagerie électronique

**Microprocessor** : microprocesseur

**MOS** : technologie de circuit intégré à métal et oxyde de silicium

**Mouse** : souris

**MSI** (Medium Scale Integration) : intégration à moyenne échelle

**Multiplexor** : multiplexeur

**Multiprocessing** : multitraitement

**Multiprogramming** : multiprogrammation

**NAND** (Not AND) : non ET

**Negative edge triggered** : déclenchement sur front négatif

**N MOS** (N channel MOS) : MOS à canal N

**Noise immunity** : immunité aux bruits

**NOR** (Not OR) : non OU

**Numeric** : numérique

# LEXIQUE ANGLAIS – FRANÇAIS

**Odd** : impair  
**Odd/even parity generator** : générateur de parité ou imparité  
**Off** : coupé, ouvert, hors service  
**Off line** : autonome  
**Offset** : tension de décalage  
**On** : fermé  
**On-line** : en ligne  
**On-line data service** : serveur  
**Open** : ouvert  
**Open collector** : collecteur ouvert, sans charge  
**Operating system** : système d'exploitation  
**Or** : OU  
**Output** : sortie  
  
**Package** : boîtier, progiciel  
**Parity** : parité  
**Peak forward current** : courant direct de crête  
**Peak working voltage** : tension maximale d'utilisation  
**Personal computer** : ordinateur individuel  
**Pixel** : pixel  
**P MOS (P channel MOS)** : MOS à canal P  
**Pointer** : pointeur  
**Positive edge triggered** : déclenchement sur front positif  
**Power** : consommation, puissance  
**Power supply** : alimentation  
**Power off** : arrêt  
**Power on** : marche  
**Preset** : affichage ou mise en 1  
**Processor** : unité centrale, processeur  
**Priority encoder** : codeur prioritaire  
**PROM (Programmable Read Only Memory)** : mémoire programmable utilisée en lecture  
**Pull** : extraire, sortir  
**Pulse** : impulsion  
**Pulse width** : largeur d'impulsion  
**Push** : pousser, appuyer, enfoncer  
  
**Rack** : châssis, tiroir  
**RAM (Random Access Memory)** : mémoire vive  
**Random access** : accès direct  
**Rate** : rythme, vitesse  
**Read** : lecture  
**Read-relay** : relais à ampoule  
**Real time** : temps réel  
**Register** : registre  
**Register file** : ensemble de registre  
**Release** : révision, version, mise à jour  
**REPROM (REprogrammable PROM)** : mémoire reprogrammable utilisée en lecture  
**Reset** : remise à zéro  
**Reset (to)** : restaurer  
**Restore (to)** : restaurer  
**Restart (to)** : relancer  
**Ripple clock** : horloge de compteur asynchrone  
**Rise time ( $t_{rise}$ )** : temps de montée  
**Rolling ball** : boule de commande  
**ROM (Read Only Memory)** : mémoire morte utilisée en lecture  
**Routine** : programme  
  
**Scratch** : mémoire de travail  
**Scrolling** : défilement  
**Select input** : entrée de sélection

**Select** : sélecteur ou multiplexeur  
**Serial access** : accès séquentiel  
**Set** : mise en 1  
**Set (to)** : instaurer  
**Set-up-time ( $t_{set-up}$ )** : temps de préaffichage  
**Shift** : registre à décalage  
**Single** : unique, mono, simple  
**Skew-time** : décalage dans le temps  
**Slew rate** : vitesse de balayage  
**Software** : logiciel, programme  
**Software engineering** : génie logiciel  
**Speed** : vitesse  
**Spreadsheet** : tableur  
**SSI (Small Scale Integration)** : intégration à petite échelle  
**Stack** : pile  
**Stack pointer** : registre d'adresse de pile  
**Statement** : instruction  
**Storage** : mémoire  
**Streamer** : dévideur  
**Stroke** : validation, échantillonnage  
**Subroutine** : sous-programme  
**Subtraction** : soustraction  
**SUS (Silicone Unilateral Switch)** : commutateur unilatéral  
**Switch** : interrupteur, bouton  
  
**TDM (Time Division Multiplexing)** : multiplexage temporel  
**Teleprocessing** : télétraitement  
**Terminal** : terminal  
**Text processing** : traitement de texte  
**Thermal resistance** : résistance thermique  
**Time** : temps  
**Timer** : rythme, horloge  
**Touch screen** : écran tactile  
**Triac (Triode Alternating Current)** : thyristor bidirectionnel  
**Trigger** : bascule électronique, porte avec seuil d'hystérésis, déclenchement  
**Tri state** : trois états  
**True** : vrai  
**TTL (Transistor-Transistor Logic)** : Logique transistor – transistor  
**TTY** : télétype  
**Turn on time** : temps total d'établissement  
  
**UJT (Uni-Jonction Transistor)** : transistor à une jonction  
**Unit** : unité  
**Unload** : mémoriser le contenu d'un accumulateur  
**Unused input** : entrée inutilisée  
**UV (erasable ROM)** : mémoire morte effaçable par ultraviolets  
  
**Version** : version  
 **$V_{IH}$  (Voltage Input High)** : tension d'entrée niveau haut  
 **$V_{IL}$  (Voltage Input Low)** : tension d'entrée niveau bas  
**Virtual junction temperature** : température virtuelle de jonction  
**VLSI (Very Large Scale Integration)** : intégration à très grande échelle  
 **$V_{OH}$  (Voltage Output High)** : tension de sortie niveau haut  
 **$V_{OL}$  (Voltage Output Low)** : tension de sortie niveau bas  
  
**Waveform** : signal  
**Wired or** : ou câble, ou fantôme  
**Word** : mot  
**Word processing** : traitement de texte  
**Write** : écriture  
**Wafer** : plaquette

# LISTE DES CONSTRUCTEURS ET DES ORGANISMES

DÉNOMINATION	ADRESSE SITE INTERNET	ADRESSE	TÉLÉPHONE	PRODUITS
<b>A. D. E. M. E.</b>	<a href="http://www.ademe.fr">http://www.ademe.fr</a>	27, rue Louis-Vicat 75737 PARIS CEDEX 15	<b>01 47 65 20 00</b>	Guides industriels pour les économies d'énergie, développement des énergies nouvelles.
<b>ADEPA</b>		17, rue Périer 92120 MONTRouGE	<b>01 41 17 11 11</b>	Conférences, exposés sur tous les problèmes touchant à l'automatisation et à la productivité.
<b>AEG-TELEFUNKEN</b>		Faehberoch Halbleiter Theresientro BC 2 Postfach I 109, 71 HEILBRONN		Circuits intégrés logiques, circuits intégrés spécialisés, déclencheurs intégrés, thyristors triacs.
<b>AFNOR</b>	<a href="http://www.afnor.fr">http://www.afnor.fr</a>	11, av. Francis de Pressensé 93571 SAINT-DENIS CEDEX	<b>01 41 62 76 44</b>	Publications de Normes.
<b>AIRELEC</b>	<a href="http://www.airelec.fr">http://www.airelec.fr</a>	109 bd. Ney 75018 PARIS	<b>01 53 06 28 60</b>	Radiateurs et convecteurs pour chauffage électrique intégré.
<b>ALCATEL</b>	<a href="http://www.alcatel.fr">http://www.alcatel.fr</a>	52, avenue Jean Jaurès 92700 COLOMBES	<b>01 72 29 91 02</b>	Câbles électriques, câbles chauffants.
<b>ALSTOM Énergie</b>		3, avenue Trois-Chênes 90000 BELFORT	<b>03 84 55 10 00</b>	Alternateurs, moteurs, turbines.
<b>ALSTOM</b>	<a href="http://www.alstom.fr">http://www.alstom.fr</a>	53, rue Baudin 92300 LEVALLOIS PERRET CEDEX	<b>01 40 89 66 90</b>	Transformateurs de puissance, transformateurs de distribution.
<b>AOIP Instrumentation</b>	<a href="http://perso.wanadoo.fr/aoip.inst.export/">http://perso.wanadoo.fr/aoip.inst.export/</a>	Chemin Orme Pomponne 91130 RIS ORANGIS	<b>01 69 06 52 18</b>	Appareils de mesure, équipements industriels automatisés.
<b>ARNOULD PLANET WATTOHM</b>	<a href="http://www.arnould-planet-wattohm.fr">http://www.arnould-planet-wattohm.fr</a> Fax : 01 48 10 69 59	BP 151 5, rue Jean Nicot 93 500 PANTIN	<b>01 48 10 69 50</b>	Gaines électriques encastrables, tubes électriques apparents, boîtes d'appareils électriques encastrables
<b>ASCO-JOUCOMATIC</b>	<a href="http://ascojoucomatic.fr">http://ascojoucomatic.fr</a>	32, avenue Albert-1 <sup>er</sup> - BP 312 92506 RUEIL MALMAISON CEDEX	<b>01 47 14 32 00</b>	Vérins pneumatiques.
<b>ASEA BROWN-BOVERI Energie</b>	<a href="http://www.abb.com/fr">http://www.abb.com/fr</a>	9 av. Edouard Belin 92500 RUEIL MALMAISON	<b>01 41 96 45 00</b>	Appareillage BT-HT Distribution Transport - Force motrice
<b>BOSCH</b>		32, avenue Michelet - B.P. 170 - 93404 ST -OUEN	<b>01 40 10 71 11</b>	Matériel hydraulique, vérins, distributeurs.
<b>CAPRI - CODEC S.A.</b>	<a href="http://www.capri-codec.com">http://www.capri-codec.com</a> Fax : 02 54 95 24 01	36, rue des Fontenils 41600 NOUAN-LE-FUZELIER	<b>02 54 83 49 00</b>	Matériel d'installation électrique BT (conduits et accessoires)
<b>CECLA</b>		211 chemin Bascule 38110 ST VICTOR DE CESSIEU	<b>04 74 33 46 66</b>	Transformateurs TBT et BT et accessoires.
<b>CEGELEC MOTEURS</b>		Route Laneuvelotte 54420 CERVILLE	<b>03 83 20 86 59</b>	Moteurs à courant continu, moteurs à courant alternatif.
<b>CEGELEC</b>		72 av. de la Liberté 92000 NANTERRE	<b>01 55 51 40 00</b>	Ingénierie électrique, contrôle industriel, assistance technique.
<b>CHAUVIN-ARNOUX MÉTRIX</b>	<a href="http://www.chauvin-arnoux.com">http://www.chauvin-arnoux.com</a> Fax : 01 46 27 73 89	190, rue Championnet 75876 PARIS CEDEX 18	<b>01 44 85 44 85</b>	Appareils de mesure

# Liste des constructeurs et des organismes

DÉNOMINATION	ADRESSE SITE INTERNET	ADRESSE	TÉLÉPHONE	PRODUITS
<b>CIAT</b>	<a href="http://www.ciat.fr">http://www.ciat.fr</a>	Avenue Jean-Falconnier - BP 14 - 01350 CULOZ	<b>04 79 42 42 42</b>	Chauffage électrique par pompe à chaleur.
<b>Compagnie Construction Électrique Électronique</b>		50, rue Jean-Pierre-Timbaud 92403 COURBEVOIE CEDEX	<b>01 49 05 39 23</b>	Composants électriques.
<b>CONSUEL</b>	<a href="http://www.espace-elec.com">http://www.espace-elec.com</a>	5 rue Chante Coq 92800 PUTEAUX	<b>01 41 97 86 66</b>	Organisme de contrôle des installations électriques.
<b>CROUZET Automatismes SA</b>	<a href="http://www.crouzet.com">http://www.crouzet.com</a>	2, rue du Docteur-Abel - BP 59 - 26902 VALENCE CEDEX 9	<b>04 75 44 88 44</b>	Composants d'automatismes.
<b>Électricité de France (EDF)</b>	<a href="http://www.edf.fr">http://www.edf.fr</a>	22-30 av. de Wagram 75008 PARIS	<b>01 40 42 22 22</b>	Documentation, recommandations sur l'éclairage et le chauffage.
<b>ELF ATOCHEM</b>	<a href="http://www.elf.fr">http://www.elf.fr</a>	24 cours Michelet La Défense 10 92069 PARIS LA DÉFENSE CEDEX	<b>01 41 35 40 00</b>	Matériaux isolants thermiques.
<b>ENERTEC SCHLUMBERGER</b>		1, rue Nieuport 78140 VELLIZY VILLACOUBLAY		Appareils de mesure, oscilloscopes.
<b>F.A.E.A.M</b>				Gaines électriques encastrables.
<b>FESTO</b>		8 rue Clos Ste Catherine ZA Des Maisons Rouges 94367 BRY SUR MARNE CEDEX	<b>01 88 82 64 00</b>	Automates programmables, distributeurs, vérins.
<b>FIBRALITH</b>		Z.I.BP 37 - 68190 LINGERSHEIM	<b>03 89 26 69 50</b>	Matériaux d'isolation thermique
<b>FRANCE-TRANSFO Schneider-Électric</b>	<a href="http://www.schneider-electric.com">http://www.schneider-electric.com</a> Fax : 03 87 70 56 54	Pont de Semécourt voie Romaine BP 10140 57231 MAIZIÈRES LES METZ CEDEX	<b>03 87 70 57 57</b>	Transformateurs HT
<b>Gimalarm</b>		11, rue Hamelin 75116 PARIS CEDEX	<b>01 44 05 71 19</b>	Alarme, vol, sécurité (publication de règles d'installation)
<b>HAGER-TÉHALIT</b>	<a href="http://www.hagergroup.fr">http://www.hagergroup.fr</a> email : enseignement@hagergroup.fr	132 BP 78, boulevard Europe 67212 OBERNAI CEDEX Assistance technique	<b>03 88 49 50 50</b> <b>08 10 20 72 07</b>	Matériels d'installation électrique domestique. Appareils modulaires – Goulottes Armoires – coffrets – Tableaux – Domotique
<b>HAZEMEYER</b>	<a href="http://www.hazemeyer.com">http://www.hazemeyer.com</a>	Route de Grugies 02430 GAUCHY	<b>03 23 50 36 36</b>	Protection des installations BT.
<b>HOHL &amp; DANNER</b>		4, rue de l'Industrie 67450 MUNDOLSHEIM	<b>03 88 18 06 00</b>	Dissipateurs pour composants électroniques.
<b>INDUCTOTHERMIE</b>		9 rue Georges Meliès 94350 VILLIERS SUR MARNE	<b>01 49 30 72 40</b>	Applications de l'induction.
<b>INJELEC</b>	Fax : 04 78 49 13 91	112, avenue Franklin-Roosevelt 69120 VAULX-EN-VELIN	<b>04 78 49 25 86</b>	Accessoires pour installations électriques encastrées.
<b>INRS</b>		30, rue Olivier-Noyer 75680 PARIS CEDEX 14	<b>01 40 44 30 00</b>	Établissement de décrets, arrêtés, circulaires concernant la sécurité des travailleurs.

# Liste des constructeurs et des organismes

DÉNOMINATION	ADRESSE SITE INTERNET	ADRESSE	TÉLÉPHONE	PRODUITS
<b>ISOVER ST-GOBAIN</b>	<a href="http://www.isover.saint-gobain.fr">http://www.isover.saint-gobain.fr</a>	2, boulevard Oise 95002 CERGY-PONTOISE	<b>01 34 20 18 00</b>	Produits isolants pour l'habitat.
<b>LANDIS et GYR (groupe Siemens)</b>		5 rue Maurice Ravel 92168 ANTONY CEDEX	<b>01 55 59 45 00</b>	Régulation électronique de chauffage.
<b>LANGLOIS</b>	<a href="http://www.langlois.france.com">http://www.langlois.france.com</a>	Z.I. du Haut-Vigneau 33170 GRADIGNAN	<b>05 56 72 13 33</b>	Équipements des salles d'essais, maquettes didactiques, composants.
<b>LEGRAND</b>	<a href="http://www.legrandelectric.com">http://www.legrandelectric.com</a>	128, rue De Lattre-de-Tassigny BP 253 87011 LIMOGES CEDEX	<b>05 55 06 87 87</b>	Appareils d'éclairage, de signalisation d'alarme, d'éclairage de sécurité, fusibles, transformateurs, etc.
<b>LEROY-SOMER</b>	<a href="http://www.leroy-somer.com">http://www.leroy-somer.com</a> Fax : 05 45 64 45 04	Boulevard Marcellin-Leroy BP 119 16015 ANGOULEME CEDEX	<b>05 45 64 45 64</b>	Machines tournantes électriques, variateurs électroniques de vitesse, pompes à chaleur.
<b>MARTONAIR (Norgren Héron)</b>	<a href="http://www.norgren.com">http://www.norgren.com</a>	ZI de Noisel 77422 MARNE-LA-VALLÉE	<b>01 60 05 92 12</b>	Matériel pneumatique et hydraulique.
<b>METRIX CHAUVIN-ARNOUX</b>	<a href="http://www.chauvin-arnoux.com">http://www.chauvin-arnoux.com</a> Fax : 04 50 64 22 00	6, avenue Pré-de-Challe 74940 ANNECY-LE-VIEUX	<b>04 50 64 22 22</b>	Appareils de mesure, oscilloscopes.
<b>MOTOROLA</b>	<a href="http://www.motorola.fr">http://www.motorola.fr</a>	ZA Algorithmes Saint Aubin 91190 SAINT AUBIN	<b>01 69 35 77 00</b>	Composants électroniques, microprocesseurs.
<b>NOIROT</b>	<a href="http://www.noirot.fr">http://www.noirot.fr</a>	107, boulevard Ney 75883 PARIS CEDEX 18	<b>01 53 06 27 00</b>	Convecteurs, accumulateurs pour chauffage.
<b>OMRON</b>	<a href="http://www.omron.fr">http://www.omron.fr</a> Fax : 01 48 55 90 86	14, rue de Lisbonne 93561 ROSNY sous Bois CEDEX	<b>01 56 63 70 00</b>	Appareillage pour automatisme industriel. – Automates programmables industriels – Capteurs, détecteurs, codeurs, fins de course
<b>OSRAM-SASU</b>	<a href="http://www.osram.fr">http://www.osram.fr</a> email : p.kalb@osram.fr	ZI 5, rue d'Altorf BP 109 67124 MOLSHEIM CEDEX	<b>03 88 49 75 99</b>	Lampes et tubes d'éclairage domestiques et publics – Luminaires divers.
<b>PARVEX</b>	<a href="http://www.parvex.fr">http://www.parvex.fr</a>	8, avenue Lac - BP 249 21007 DIJON	<b>03 80 42 41 40</b>	Variateurs de vitesse, moteurs axem, moteurs à courant continu, pas à pas, sous-ensembles électroniques.
<b>PHILIPS</b>	<a href="http://www.philips.fr">http://www.philips.fr</a>	9, rue Pierre Rigaud 94856 IVRY-SUR-SEINE	<b>01 49 87 60 00</b>	Lampes, luminaires, accessoires pour l'éclairage.
<b>PROMOTELEC</b>		5 rue Chante Coq 92800 PUTEAUX	<b>01 41 97 42 22</b>	Association pour l'amélioration de la qualité et de la sécurité des installations électriques intérieures.
<b>PROTEG (SECURITAS)</b>	<a href="http://www.proteg.fr">http://www.proteg.fr</a>	Securitas, Immeuble Athéna 23, boulevard de l'Oise 95031 CERGY PONTOISE	<b>01 30 75 88 40</b>	Protection, surveillance, sécurité.

# Liste des constructeurs et des organismes

DÉNOMINATION	ADRESSE SITE INTERNET	ADRESSE	TÉLÉPHONE	PRODUITS
<b>RENAULT AUTOMATION</b>	<a href="http://www.renault-automation.com">http://www.renault-automation.com</a>	60, allée de la Forêt F-92365 MEUDON-LA-FORÊT CEDEX	<b>01 41 36 17 00</b>	Composants électroniques, circuits intégrés logiques et spécialisés
<b>SAUNIER-DUVAL</b>	<a href="http://www.saunierduval-ecc.com">http://www.saunierduval-ecc.com</a>	Le Technipole 8, avenue Pablo-Picasso 94132 FONTENAY SOUS-BOIS CEDEX	<b>01 49 74 11 11</b>	Chauffe-eau, pompes de chaleur.
<b>SCHAFFNER</b>	<a href="http://www.schaffner.com">http://www.schaffner.com</a>	43, rue Michel-Carré 95100 ARGENTEUIL	<b>01 34 34 30 60</b>	Composants électroniques, transformateurs d'impulsions.
<b>SCHNEIDER-ELECTRIC</b>	<a href="http://www.schneider-electric.com">http://www.schneider-electric.com</a>	36, avenue Carnot 91300 MASSY	<b>08 10 01 12 99</b>	Transformateurs de puissance, convertisseurs variateurs, automates, appareillage électrique...
<b>SCHRADER</b>		48, rue de Salins - BP 29 25300 PONTARLIER	<b>03 81 38 56 56</b>	Vérins, composants pour installations pneumatiques.
<b>SEREG</b>	<a href="http://www.schlumberger.com">http://www.schlumberger.com</a>	12 av. Quebec 91140 VILLEBON-SUR-YVETTE	<b>01 60 92 32 51</b>	Division instruments.
<b>SIEMENS</b>	<a href="http://www.siemens.com">http://www.siemens.com</a>	9, rue du Dr Finot 93527 SAINT-DENIS CEDEX 2	<b>01 49 22 31 00</b>	Appareillage électrique, composants électroniques, télécommunication. Machines tournantes
<b>SKF Equipements</b>	email : <a href="mailto:equipements-france@skf.com">equipements-france@skf.com</a> Fax : 09 30 12 68 09	34, Avenue de trois peuples 78180 MONTIGNY le BRETONNEUX	<b>01 30 12 73 00</b>	Vérins électriques et systèmes de commande. Systèmes linéaires de guidage.
<b>SOCAPEX (AMPHENOL)</b>		Mail Barthélémy Thimonnier 77185 LOGNES	<b>01 64 62 76 76</b>	Connecteurs, circuits imprimés, relais. Interrupteurs à lames souples.
<b>TEKELEC TEMEX</b>	<a href="http://www.fr.ibm.com/france/prodosolprods622.htm">http://www.fr.ibm.com/france/prodosolprods622.htm</a>	29 av. Baltique 91140 VILLEBON-SUR-YVETTE	<b>01 46 90 23 00</b>	Appareils de mesure, oscilloscopes.
<b>TÉLÉMÉCANIQUE (Groupe Schneider)</b>	<a href="http://schneiderelectric.com">http://schneiderelectric.com</a>	33, avenue de Chatou 92500 RUEIL - MALMAISON	<b>01 41 39 30 00</b>	Contacteurs, relais, appareils de protection coffrets et armoires. Automates programmables, éléments de commande et de signalisation, etc.
<b>TEXAS-INSTRUMENTS</b>		8, avenue Morane-Saulnier BP 67 - 78144 VÉLIZY	<b>01 30 70 10 01</b>	Composants électroniques, calculateurs.
<b>THALES</b>	<a href="http://www.thomson-csf.com">http://www.thomson-csf.com</a>	45 rue Villiers 92200 NEUILLY SUR SEINE	<b>01 57 77 80 00</b>	Composants électroniques.
<b>TOLARTOIS</b>	<a href="http://www.tole-perforee.com">http://www.tole-perforee.com</a>	Avenue de la Ferme-du-Roy BP 213 - 62404 BÉTHUNE	<b>03 21 64 75 75</b>	Chemins de câbles, échelles de câbles.
<b>TRÉFIMÉTAUX</b>		20, rue Maurice-Thorez 60590 SERIFONTAINE	<b>01 57 77 80 00</b>	Câbles
<b>TRILUX LENZE et compagnie</b>		Heidestraße Arnsberg 59759 ALLEMAGNE	<b>49(0) 18 05 87 45 89</b>	Luminaires, starters électroniques, logiciels d'éclairage.
<b>UTE</b>	<a href="http://www.ute-fr.com">http://www.ute-fr.com</a>	5 rue Chante Coq 92800 PUTEAUX	<b>01 49 07 62 00</b>	Normes électriques.

# INDEX ALPHABETIQUE

	Pages		Pages
<b>A.</b>		<b>B.</b>	
Abaque de consommations annuelles (Chauffage)	222	Balise lumineuse	562
Accidents d'origine électrique	55	Bloqueur 2/2 pneumatique	438
Accidents et incidents sur les ouvrages électriques	92	Bouton tournant lumineux	562
Actionneur électrique des composants pneumatiques	431, 432	Boutons de commande (Choix des)	563
Actions continues (Grafcet)	602, 603	Boutons poussoirs	562
Actions mémorisées (Grafcet)	604, 605	Boutons poussoirs (Choix des couleurs)	562
Aération contrôlée	210	Boutons poussoirs lumineux	562
Aération générale (Réglementation)	210, 211	Boutons tournants	562
Alarme incendie (Equipelement)	291	Branchement des machines-outils	484
- type 1 (Catégorie de SSI A)	291, 292	Brochages des circuits intégrés analogiques	632
- type 2a (Catégorie de SSI B)	293, 294	Brochages des circuits logiques	633
- type 2b (Catégorie de SSI C, D ou E)	295, 296	Brochages des différentes lampes ou tubes	191
- type 3 (Catégorie de SSI C, D ou E)	297, 298	Brochages des thyristors et des triacs	649
- type 4 (Catégorie de SSI D ou E)	299	Brochages des transistors	632, 652
Alarmes techniques	305	Brochures relatives à la sécurité	693 à 697
Alimentation sans interruption (ASI)	318	Bus et réseaux de terrain en automatisme industriel	497 à 500
Alimentation stabilisée à transistor (Exemple)	664		
Alimentations électroniques (Exemples)	636		
Alimentations secourues : Guide de choix	314 à 317		
Ambiance ou anti-panique (Eclairage d')	278	<b>C.</b>	
Amorçage et protection des thyristors	646	Câbles (Code de désignation des couleurs)	31
Amortissement des vérins	419	Câbles chauffants	199
Amplificateurs opérationnels	631	Câbles et canalisations dans les ERP	284
Appareils de mesure (Sécurité des)	684	Câbles et conducteurs	161
- conseils de sécurité	686	- désignation des câbles et des conducteurs	161
- sécurité des utilisateurs et marquage	684, 685	- guide de choix des câbles et des conducteurs	162
- spécifications techniques	686 à 692	- identification des conducteurs (Code des couleurs)	161
Appareils de mesure (Prévention)	61	- repérage des conducteurs	162
Appareils intégrés	540	Câbles. Conducteurs. Canalisations électriques	129
- contacteur-disjoncteur type « Intégral »	540	Calcul du courant de court-circuit	144
- schémas d'application	540	- méthode conventionnelle	147 à 152
Appareils mobiles en BT	61	- méthode de composition	147 à 149
Appareils mobiles en BT (Règles de sécurité)	62 à 63	- méthode des impédances	144 à 146
Armoires. Pupitres. Coffrets	485	Canalisation électrique (Exemple de choix)	173, 174
Arrêtés relatifs à la sécurité	693 à 697	Canalisations électriques. Conducteurs. Câbles	129
Asservissements des systèmes incendie (Gestion des)	301	Canalisations enterrées	170
Asservissements et régulation des moteurs	392, 393	Canalisations préfabriquées	171, 172
Attestation (Consignation et déconsignation)	84, 85	Canalisations sous conduits apparents	236
Automates programmables industriels	565	- canalisations fixées aux parois	236
- alimentation, connexions, liaisons	565	- désignation et choix des conduits en montage apparent	236
- architecture et liaisons	565	- passage de plusieurs circuits dans un même conduit	237
- communication	566	- puissance admise en fonction du type de douille	237
- critères de choix	565	- section des conducteurs pour les prises de courant	237
- exemple de configuration d'une communication sans fil	571	Canalisations sous conduits encastrés	234
- exemples de fonctionnalités d'un API	569, 570	- pose avant et pendant la construction	234
- guide de choix	568, 572	- pose en saignée après construction	234
- mise en service, maintenance, exploitation, sécurité	566	- saignées dans les cloisons	235
- modules d'entrée/sortie	566, 567	Capteurs (Détecteurs)	554
Automatismes (Architectures d')	496	Caractéristiques des matériaux	704
Auxiliaires de commande et de signalisation	562	Caractéristiques électriques des moteurs asynchrones	372
- conditions d'utilisation des unités de commande	562, 563	Cartouches fusibles (Taille des)	518
- critères de choix	563	Catégories de surtension (Multimétrie)	686, 687
Avant-projet de chauffage électrique intégré (Démarche)	197	Catégories d'emploi des contacteurs	530, 531
Avant-projet d'éclairage (Aide à l'établissement d'un)	195, 196	Catégories d'emploi des interrupteurs	552
Avant-projet d'éclairage (Critères de choix)	175	Catégories d'établissements (Surfaces et effectifs)	273, 274
Avant-projet d'éclairage (Exemple)	192 à 195		
Avant-projet d'un chauffage électrique par le sol	200 à 202		

	Pages		Pages
Cellule de protection du transformateur (Choix)	456	- propriétés des enveloppes	488, 489
Cellules ou fonctions HT-BT	461	- surfaces et hauteur d'encombrement	488
Centrale hydraulique	443	Commande de systèmes	593
Centrales d'alarme technique	306, 307	- le Gemma	614 à 616
Chantiers extérieurs (Règles de sécurité)	63, 64	- le Grafcet	594 à 613
Chauffage (Avant-projet)	203, 204	- structuration des systèmes automatisés	593
- mode de calcul simplifié	203	Commande des moteurs industriels	510
- températures extérieures de base	204	Commande électronique de chauffage	632
- températures intérieures de base	204	Commande, détection et transmission (Sécurité)	312, 313
Chauffage domestique électrique	197	Communication (Niveaux de)	566
- abaques de consommation	222	Commutation (Diodes de)	628
- détermination d'un avant-projet	197	Comparateurs	631
- exemple d'étude thermique	219 à 221	Compartimentage (Sécurité incendie)	288, 289
- normes et règlement	204	Compensation de la chute de tension dans l'induit	394
- procédés de chauffage	217	Compensation de l'énergie réactive	588 à 591
- procédés de programmation	217	Conception et Maintenance de la sécurité dans les bâtiments	271
- régulation	216	Condammnation des appareils en position d'ouverture	69
- schémas et raccordements	213 à 215	Condensateurs (Relevé du facteur de puissance)	591
Chauffage électrique par le sol (Avant-projet)	200 à 202	- installation des condensateurs (Guide de choix)	592
Chemins de câbles	168, 169	- tableau des puissances	591
Chimiques (Risques)	695	Condensateurs au tantale sec	627
Choix des câbles et des conducteurs	162	Condensateurs céramiques	627
Choix du type de câble et de canalisation	164	Condensateurs électrochimiques	627, 628
Choix d'une canalisation électrique (Exemple)	173, 174	Condensateurs plastiques	627
Chute de tension dans les canalisations électriques	157	Condensateurs pour améliorer le facteur de puissance	465
Chute de tension d'un transformateur BT	475	Conditionneurs de réseau : Guide de choix	314 à 317
Chute de tension suivant les sections	157, 158	Conducteur neutre	243
Circuits imprimés (Réalisation des)	634, 635	- dimensionnement	243
Circuits intégrés analogiques	631, 632	- protection du conducteur neutre	243
Circuits intégrés logiques (C.I.L.)	617 à 619	Conducteurs de neutre et de protection (Section)	160
Circuits intégrés logiques (Caractéristiques électriques)	617	Conducteurs de protection	240
Circuits intégrés logiques CMOS	625	- dimensionnement	241
Circuits intégrés logiques TTL	624	- exemple de distribution d'un conducteur de protection	242
Circulaires relatifs à la sécurité	693 à 697	- raccordement et choix	240
Clapet anti-retour hydraulique	444	- section des conducteurs de protection	241
Classe de démarrage des moteurs	364	Conducteurs et câbles (Voir câbles et conducteurs)	161
Classe des isolants	326	Conducteurs. Câbles. Canalisations électriques	129
Classe d'isolement (Multimétrie)	687	Conduits	163
Classe photométrique	180	- choix du type de câble et de canalisation	164
Classement alphanumérique des circuits logiques	622	- conditions de pose des câbles et des conduits	165
Classement des installations en fonction des tensions	74	- désignation des conduits	163
Classes des matériels	61	Connecteurs DB 25 et DB 9	501
Classification des locaux	123 à 128	Consignation en vue de travaux hors tension	67 à 73
Classification des locaux à partir des influences externes	125 à 128	Constructeurs et organismes (Liste des)	707 à 709
Climatisation	224 à 228	Consuel	699
Climatisation pour les enveloppes de protection	490 à 492	Contacteur chauffe-eau	266
Climats (Définition des)	205	Contacteur-disjoncteur « Intégral »	540
- degrés jours unifiés	206, 207	Contacteurs	525
- zone climatique d'hiver de chaque département	205	- choix suivant la catégorie d'emploi	530, 531
Code de désignation des couleurs (Câbles)	31	- choix suivant la durée de vie électrique	532, 533
Code des couleurs (Conducteurs)	162	- critères de choix	525 à 527
Code des couleurs des condensateurs	627	- exemple de choix de contacteurs	534
Code des couleurs des résistances	626	- exemple de fiche technique	528, 529
Codeur rotatif	561	Contacteurs auxiliaires et mini-contacteurs	563
Coefficients correcteurs $f$ (Câbles sous conduits)	140	Continuité de l'énergie électrique	450
Coefficients correcteurs $f$ (Canalisations à l'air libre)	137 à 140	Contraintes thermiques des câbles	547
Coefficients correcteurs $F$ (Canalisations enterrées)	136, 137	Contraintes thermiques des disjoncteurs	547
Coefficients correcteurs $K$ (Suivant l'utilisation)	136	Contraintes thermiques des fusibles	422, 424
Coffrets. Armoires. Pupitres	485	Contrat EDF	579
- choix de la climatisation pour les enveloppes de protection	490 à 492	Contrôle et maintenance des installations de sécurité	304
- démarche de détermination	485	Contrôleurs de niveau	560
- guide de choix d'une enveloppe de protection	486, 487	Convecteurs électriques	198, 199

	Pages		Pages
Conventions et symboles électriques	13	Détecteurs pneumatiques	433, 434
Convertisseurs statiques (Guide de choix des)	398, 399	Détecteurs pour sécurité incendie	300
Convertisseurs statiques : Eléments de choix	391	- installation	300
- caractéristiques de fonctionnement	392	- règles d'installation	300
- caractéristiques de protection pour les gradateurs	397	Détection anti-intrusion	310
- caractéristiques des variateurs pour moteurs à courant alternatif	397	Détection, commande et transmission (Sécurité)	312, 313
- caractéristiques des variateurs pour moteurs à courant continu	395, 396	Détermination des sections des conducteurs	129
- caractéristiques pour démarreur ralentisseur à courant alternatif	397	Diodes de commutation	628
- conditions de démarrage et d'arrêt	394, 395	Diodes de redressement (Choix des)	642, 643
- fonctions réalisées par les variateurs électroniques	391	Diodes électroluminescentes (LED)	629
- mesure de la fréquence de rotation	394	Diodes Zéner	628
- régulation et asservissements	392, 393	Disjoncteurs	542
- tachymétrie	394	- cas des transformateurs	548
Convertisseurs statiques : Identification	391	- cas du courant continu	549
Convertisseurs statiques : Schémas de branchement	400	- choix à partir du pouvoir de coupure	544
- convertisseur pour électrothermie résistive « 3RF1 »	406	- courbes de limitation des disjoncteurs	547
- démarreur-ralentisseur type « LH4 »	404, 405	- critères de choix	542 à 544
- variateur pour moteurs à courant alternatif type « ALTIVAR »	402	- exemple de fiche technique	546
- variateur pour moteurs à courant continu type « RECTIVAR »	400, 401	- types de déclencheurs	544, 545
- variateur pour moteurs Brushless	403	Disjoncteurs modulaires	545
Coordination fusibles ou disjoncteurs/interrupteurs	578	Dispositifs de coupure (Installation de sécurité)	305
Coordination fusibles/relais thermiques	578	Dissipateurs (Choix des)	656 à 659
Coordination type 1 et type 2	510	Distance minimale d'approche	76
Couplage des transformateurs HT (Désignation)	468	Distances de sécurité (Voisinage des installations électriques)	63
Couple accélérateur	335	Distances limites de voisinage	77
Couple de serrage des composants électroniques	657	Distributeur hydraulique	445, 446
Couple moteur	334	Distributeur pneumatique	426
Couple résistant	334	Distributeurs (Symboles)	43, 44
Couple, courant, hauteur d'axe, puissance des moteurs	331, 332	Distributeurs pneumatiques (Détermination des)	426 à 430
Coups de poing	562	Distribution BT (Principales architectures)	449
Coupure (dispositifs de)	305	Distribution de l'énergie électrique HT et BT	449
Courant de protection d'une canalisation électrique	130	- architectures de la distribution BT	449
Courant d'emploi (Détermination du)	131, 132	- continuité de l'énergie électrique	450
Courant, hauteur d'axe, couple, puissance des moteurs	331, 332	- évaluation de la puissance d'une installation BT	451, 452
Courses normalisées recommandées des vérins	419	- réseau de distribution de deuxième catégorie	453
Culots des lampes à incandescence	191	Distribution et régulation de l'énergie pneumatique (Symbole)	43
		Distribution publique BT	229
		- branchement tarif bleu	229
		- types de réseaux	229
		Durée de vie des contacteurs	532, 533
		Dynamo tachymétrique	394
<b>D.</b>			
Déclencheur de triacs ou de thyristors	631		
Décrets relatifs à la sécurité	693 à 697	<b>E.</b>	
Degré de protection minimum (IP)	125 à 128	Eclairage	175
Degrés jours unifiés	206, 207	Eclairage (Avant-projet)	176 à 183
Délesteur	266	Eclairage : Critères de choix	176
Démarrage des moteurs (Conditions de)	334 à 337	- appellations de teintes	179
Démarrage des moteurs (Temps de)	336, 337	- choix de la température de couleur (Diagramme de Kruthof)	179
Démarrage des moteurs asynchrones	344 à 353	- choix des appareils d'éclairage (Abaques de Söllner)	178
Démarreur des moteurs (Choix du)	338 à 343	- choix des luminaires	180
Démarreur progressif pneumatique	437	- classe photométrique	180
Démarreur-contrôleur	541	- dépréciation des luminaires	178
Démarrage des moteurs (Détermination des)	357 à 362	- dimensions du local	176
Démarrage progressifs pour moteur à courant alternatif	404, 405	- éclairage localisé	178
Désenfumage (Sécurité incendie)	289	- éclairages moyens en service recommandés	177
Désignation des câbles et des conducteurs	161	- facteurs de réflexion des murs et des plafonds	176
Désignation des conduits	163	- indice du local	176
Détecteur Autonome Déclencheur (DAD)	300	- nombre de luminaires	180
Détecteurs électromécaniques	558	- rendu des couleurs	179
Détecteurs électroniques	554	- répartition des luminaires	180
- aide au choix des détecteurs	556	- utilisation (Tableau)	181 à 183
- guide de choix (Fiches techniques)	559, 560		
- types d'informations délivrés par les détecteurs	554		
- typologie des principaux capteurs	555		

	Pages		Pages
Eclairage : Détermination d'un avant-projet	175	Evolution d'un Grafcet	596 à 599
Eclairage d'ambiance ou anti-panique	278	Exemple d'installation électrique domestique	269, 270
Eclairage de sécurité	277	Extincteurs mobiles	697
– blocs autonomes (BAES)	279		
– blocs autonomes BAES Sati adressables	280, 281	<b>F.</b>	
– conception d'une installation	277, 278	Facteur de crête (Multimétrie)	671
– évolution de la réglementation	277	Facteur de forme du courant (Moteur à courant continu)	380
– exemple de calcul d'une installation à source centralisée	283	Facteur de puissance (Amélioration du)	465
– sources centralisées	282	Facteur de puissance des récepteurs	589
Eclairage de sécurité (Différentes fonctions)	277	Facteurs de réflexion des murs et des plafonds	176
Eclairage de sécurité (Guide de choix)	275, 276	Familles logiques	617
Eclairage de sécurité : Exemple	283	Feu (Classes de)	697
Eclairage d'évacuation ou de balisage	277	Filiation entre disjoncteurs	576
Eclairages moyens en service recommandés	177	Filtres : Guide de choix	314 à 317
Efficace (Mesure en valeur)	669, 670	Fixations des moteurs	324, 325
Electrisations (Effets des)	58	Formation et habilitation	81 à 84
Electronique de commande	617	Formes de fixation des moteurs	324, 325
– attaques des entrées et des sorties des C.I.L.	620, 621	Foudre (Protection contre la)	248
– brochages des composants	632, 634	Freinage des moteurs (Temps de)	336, 337
– circuits intégrés analogiques	631, 632	Freinage des moteurs asynchrones	354 à 356
– circuits intégrés logiques (C.I.L.)	617 à 619	Freineur hydraulique	444
– composants passifs	626 à 629	Fréquences de rotation des moteurs	324
– exemples de montages	636	Froid en climatisation	224 à 228
– réalisation pratique des circuits imprimés	634, 635	Fusibles	514
– règles d'emploi des circuits intégrés logiques	624, 625	– cas des lignes	520
– semiconducteurs	628, 629	– cas des moteurs asynchrones triphasés	519
– table des circuits intégrés logiques par fonction	622, 623	– cas des transformateurs	520
– transformateurs d'impulsions	630	– conditions d'utilisation	518
Electronique de puissance	637	– consommation des fusibles aM	523
– choix des diodes (Fiches techniques)	642, 643	– consommation des fusibles gG	521
– choix des dissipateurs	656 à 659	– contraintes thermiques des fusibles aM	524
– choix des fusibles en électronique de puissance	652 à 655	– contraintes thermiques des fusibles gG	522
– choix des thyristors (Fiches techniques)	644 à 646	– courbes caractéristiques des fusibles aM	523, 524
– choix des thyristors GTO	649	– courbes caractéristiques des fusibles gG	521, 522
– choix des transistors (Fiches techniques)	651	– courbes de limitation des fusibles aM	524
– choix des triacs (Fiches techniques)	648	– courbes de limitation des fusibles gG	522
– diodes (Choix et protection)	637	– critères de choix	514 à 517
– éléments de choix et de protection des composants	637 à 640	Fusibles en électronique de puissance (Choix des)	652 à 655
– exemples d'application	660 à 664		
– puissance à dissiper dans les composants	640		
– thyristors (Choix et protection)	638		
– transistors (Choix et protection)	640		
– triacs (Choix et protection)	639		
Electrovannes pneumatiques	431		
Eléments chauffants	198, 199	<b>G.</b>	
Embases associables pneumatiques	431	Gemma	616
Emploi des circuits intégrés logiques	624, 625	Gestion de l'énergie active et réactive	579
Encapsulation (En VDI I')	494	– compensation de l'énergie réactive	588 à 591
Enceintes conductrices exiguës	62	– données tarifaires EDF en fonction des contrats	580
Energie active et réactive (Gestion)	579	– exemple de facturation EDF (Tarif VERT A5)	587
Entrées et sorties des circuits intégrés logiques	620, 621	– guide de choix d'un mode de tarification	579
Equipement électrique d'une salle d'eau	247	– guide de choix d'une installation des condensateurs	592
Equipements et installations BT en milieu domestique	229	– tarif BLEU	581, 582
Equipements et installations BT en milieu industriel	507	– tarif JAUNE	585, 586
Etablissements (Sécurité et spécificités)	272	– tarif VERT	583, 584
– activités de l'établissement	272	– tarification	579
– définition de la catégorie	273, 274	– vérification du choix d'une version tarifaire EDF	581 à 586
– différents établissements	272	Gestion de l'énergie électrique en milieu domestique	263 à 267
– guide de choix d'un éclairage de sécurité	275, 276	Gestion des asservissements (Sécurité incendie)	301
Etablissements recevant du public (E.R.P.)	272	Goulottes	167
Etapes (Grafcet)	600	Grafcet	594
Etapes encapsulantes (Grafcet)	610, 611	– exemple : Doseur malaxeur automatique	612 à 615
Etude thermique d'un pavillon	219 à 221	– langage de spécification pour diagrammes fonctionnels	594 à 599
Evacuation ou de balisage (Eclairage d')	277	– représentation graphique des éléments	600 à 605

	Pages		Pages
– représentation graphique des structures de séquence	605 à 608	Interrupteur crépusculaire	266
– structuration	608 à 612	Interrupteur horaire	266
Grafset partiel	608, 609	Interrupteurs	552
Grandeurs énergétiques : Lexique	223	– critères de choix	552
Grandeurs et unités de mesure (Symboles des)	700 à 703	– exemple de fiche technique	553
		Interrupteurs fin de course	558
<b>H.</b>		Interventions de dépannage	87, 88
Habilitation (Classification)	83	Interventions du domaine BT	86
Habilitation et formation	81 à 84	Intrusion (Sécurité)	309
Hauteur d'axe, courant, couple, puissance des moteurs	331, 332	Isolants (Classe des)	326
Hydraulique et pneumatique	40 à 46	Isolants thermiques	208, 209
		Isolation d'une maison (Exemple)	212
		<b>K.</b>	
<b>I.</b>		Kruithof (Diagramme de)	179
Identification des bornes d'appareils	31	KV (Abaques de choix du)	429
Identification des conducteurs (Code des couleurs)	161		
Incendie (Choix des Systèmes de Sécurité)	302, 303	<b>L.</b>	
Incendie (Sécurité)	285	Lampes	188, 189
Indice du local (Eclairage)	176	Lampes baladeuses	61
Indice horaire des transformateurs HT (Détermination)	468	Les réseaux de terrain (Voir VDI)	493
Indices de protection	124	– architectures d'automatismes	496
Inertie (Moment d')	320	– bus et réseaux de terrain en automatisme industriel	497 à 500
Informatique dans les automatismes (Rôle de l')	493	– communication et protocole	493
Installation communicant (Système d')	263 à 265	– connecteurs DB 25 et DB 9	501
Installation électrique domestique : Exemple	269, 270	– les réseaux informatiques	494
Installation électrique domestique : Schéma des circuits	238, 239	– liaisons asynchrones	501, 502
– surface de logement $\leq$ à 35 m <sup>2</sup>	238	– réseaux ETHERNET	499, 500
– surface de logement de 35 à 100 m <sup>2</sup>	238	– topologie des réseaux	494, 495
– surface de logement ou de maison $\geq$ 100 m <sup>2</sup>	239	Lexique : Grandeurs énergétiques	223
Installations BT en milieu industriel : Appareillage	513 à 572	Lexique anglais-français	705, 706
Installations BT en milieu industriel : Environnement	512	Liaisons asynchrones (VDI)	501, 502
Installations BT en milieu industriel : Règles générales	507	Limiteur de pression hydraulique	444
– fonctions réalisées	507	Liste des constructeurs et des organismes	707 à 709
– identification des matériels	507	Locaux recevant du public	272
– structure d'une installation BT	508, 509	Lois générales d'électrotechnique	9 à 12
– structure pour la commande des moteurs industriels	510, 511	Longueurs maxi protégées contre les contacts indirects	154 à 156
Installations électriques domestiques : Règles	230	Longueurs maxi protégées contre les courts-circuits	150 à 152
– choix des interrupteurs ou disjoncteurs différentiels	231	Luminaires (Choix des)	180
– conditions d'encastrement de l'appareillage	232	Luminaires (Dépréciation des)	178
– encastrement dans les cloisons non porteuses	232		
– mode de pose des canalisations	231	<b>M.</b>	
– nombre de points d'utilisation suivant la section	231	Machines entraînées (Puissance d'entraînement)	321, 322
– nombre minimum de foyers lumineux et de prises de courant	230	Machines-outils (Règles générales de branchement)	484
– pose de moulure, plinthe et chambranle	233	Machines-outils portatives	61
– pose des câbles en apparent	233	Macro-étapes (Grafset)	612
– pose des canalisations dans les vides de construction	232	Maintenance et contrôle des installations de sécurité	304
– pose des conducteurs ou câbles	231	Manipulateur	562
– pose des socles de prises de courant	233	Manœuvres	89
– protection à l'origine des circuits	230	Matériaux (Caractéristiques des)	704
Installations et équipements BT en milieu domestique	229	Matériaux isolants thermiques (Caractéristiques des)	208, 209
Installations et équipements BT en milieu industriel	507	Matériel de protection	66, 67
Installations intérieures en BT (Règles de sécurité)	60	Matériels d'éclairage	185
Institut National de Recherche et de Sécurité (I.N.R.S.)	699	– accessoires d'allumage d'un tube	187
Instruction Permanente de Sécurité (IPS)	85	– brochages des différentes lampes ou tubes	191
Intensités admissibles (Canalisations BT à l'air libre)	135		
Intensités admissibles (Canalisations enterrées BT)	134		
Intensités de démarrage des moteurs	330		
Interfaçage entre circuits logiques	619		
Interface entrée/sortie pour API	566, 567		

	Pages		Pages
- culots des lampes à incandescence	191	- guide de choix	382
- différents types de lampes	188, 189	- machines entraînées	380
- principaux types de tubes	190	- paramètres électriques	380
- réflecteurs	186	- possibilités d'adaptation	379
- sources lumineuses	185	- repérage des circuits internes	381
<b>Matériels et équipements industriels BT</b>	<b>513 à 572</b>	<b>Moteurs asynchrones : Caractéristiques électriques</b>	<b>328</b>
<b>Mesurage (Sécurité des appareils de)</b>	<b>684 à 692</b>	- chute de tension en ligne	328, 329
<b>Mesurages. Essais. Vérifications</b>	<b>89 à 91</b>	- moteurs monophasés	372
<b>Mesure de terre</b>	<b>675</b>	- moteurs triphasés à bagues	375, 376
- mesure de la boucle phase-PE	678, 679	- moteurs triphasés à cage	373
- méthode de WENNER	676	- moteurs-freins triphasés	374
- méthode des 62 %	676, 677	- optimisation de l'utilisation des moteurs (redressement du cos $\phi$ )	330
- méthode en triangle	677	- pointes de courant admissibles	330
- méthode variante des 62 %	677, 678	- tensions de fonctionnement	328
- résistivité suivant la nature du terrain	675	- variations de tension	328
<b>Mesure électrique industrielle</b>	<b>665</b>	<b>Moteurs asynchrones : Choix du démarreur</b>	<b>338</b>
- multimétrie	665 à 674	- critères économiques	342, 343
- sécurité des appareils de mesure	684 à 692	- évolution du marché des moteurs	343
- sécurité électrique et mesures associées	675 à 683	- suivant le type de machine entraînée	338 à 340
<b>Mesures associées (Mesures électriques industrielle)</b>	<b>675</b>	- tableau comparatif des modes de démarrage	341
- contrôle des dispositifs de protection	682, 683	<b>Moteurs asynchrones : Conditions de démarrage</b>	<b>334</b>
- mesure de continuité	682	- couples accélérateurs	335
- mesure d'isolement	680 à 682	- couples moteur	334
- mesures de terre et de résistivité	675 à 679	- couples résistants	334
- normes	675	- pointes de courant au démarrage	334
<b>Mesures pratiques de protection</b>	<b>60</b>	- temps de démarrage et de freinage	336, 337
<b>Méthode de référence (Pose des câbles et canalisations)</b>	<b>138</b>	<b>Moteurs asynchrones : Démarrage et freinage</b>	<b>344</b>
<b>Micromoteurs</b>	<b>407</b>	- démarrage des moteurs deux vitesses (bobinages indépendants)	353
<b>Micromoteurs (Détermination des)</b>	<b>408</b>	- démarrage des moteurs deux vitesses (pôles commutables)	353
- moteur à courant continu	411, 412	- démarrage direct	346
- moteur asynchrone	412, 413	- démarrage étoile, triangle-résistance, triangle	348
- moteur pas à pas	408 à 410	- démarrage étoile-triangle	347
- moteur synchrone	413, 414	- démarrage par autotransformateur	350
<b>Micromoteurs (Guide de choix des)</b>	<b>407</b>	- démarrage par élimination de résistances rotoriques	351
<b>Micromoteurs (Guide de choix du réducteur)</b>	<b>408</b>	- démarrage par élimination de résistances statoriques	349
<b>Mini-contacteurs et contacteurs auxiliaires</b>	<b>563</b>	- démarrage rotorique à couplage centrifuge	352
- conditions d'utilisation	564	- démarrages particuliers	352
- définition	563	- freinage à contre-courant	355
- exemple de fiche technique	564	- freinage hypersynchrone	356
<b>Minuterics</b>	<b>266</b>	- freinage par injection de courant continu dans le stator	356
<b>Mise à la terre et en court-circuit (Consignation)</b>	<b>67 à 69</b>	- inversion du sens de rotation	352
<b>Mode de pose des câbles et des conduits</b>	<b>166</b>	- moteurs freins	354
<b>Modules logiques de sécurité</b>	<b>572</b>	- moteurs monophasés à condensateur permanent	344
- appréciation et prévention du risque	572, 573	- moteurs monophasés à coupleur centrifuge	345
- catégories des systèmes de commande	573	- moteurs monophasés à coupleur centrifuge et à condensateur	344
- choix d'un système de commande	574	- moteurs monophasés à relais de démarrage	345
- exemple : arrêt d'urgence	575	- plaque à bornes des moteurs triphasés	346
- fonctions de sécurité	574	<b>Moteurs asynchrones : Détermination de la puissance</b>	<b>331</b>
<b>Moment d'inertie</b>	<b>320</b>	- correction suivant la fréquence de rotation	331
<b>Montages lumières : Schémas</b>	<b>268</b>	- puissances normalisées des moteurs	331
<b>Moteur à courant continu (Micromoteur)</b>	<b>411, 412</b>	- puissances, couples, courants et hauteurs d'axe	332
<b>Moteur asynchrone (Détermination d'un)</b>	<b>319</b>	- transformation de la puissance en couple	333
<b>Moteur asynchrone (Micromoteur)</b>	<b>412, 413</b>	<b>Moteurs asynchrones : Détermination des démarreurs</b>	<b>357</b>
<b>Moteur pas à pas</b>	<b>408 à 410</b>	- choix des résistances de démarrage	362
<b>Moteur synchrone (Micromoteur)</b>	<b>413, 414</b>	- démarrage direct	357
<b>Moteurs « BRUSHLESS »</b>	<b>386</b>	- démarrage étoile, triangle-résistance, triangle	357
<b>Moteurs à courant continu</b>	<b>379</b>	- démarrage étoile-triangle	357
- abaques de sélection	384	- démarrage par autotransformateur	359
- caractéristiques électriques	383	- démarrage par élimination de résistances rotoriques	360, 361
- choix de la motoventilation	384	- démarrage par élimination de résistances statoriques	358, 359
- conditions d'utilisation	381	<b>Moteurs asynchrones : En service intermittent</b>	<b>363 à 367</b>
- conditions particulières, protections	385	<b>Moteurs asynchrones : Environnement</b>	<b>326</b>
- démarche de détermination	379	- classe des isolants	326
- environnement	380	- niveau sonore	327
- exemple de choix	385	- température et altitude de fonctionnement	326
		- volume du local	327
		<b>Moteurs asynchrones : Exemple de choix</b>	<b>377, 378</b>

	Pages		Pages	
<b>Moteurs asynchrones : Guides de choix</b>	368	<b>P.</b>		
– moteurs monophasés	368, 369		Parafoudre	255 à 260
– moteurs triphasés	370, 371		Photo-coupleurs	629
<b>Moteurs asynchrones : Machine entraînée</b>	320		Photo-transistors	629
– couple résistant	322		Planchers chauffants	200
– facteur de marche	324		Pneumatique (Structure générale d'une installation)	415, 416
– formes de fixation	324, 325		Pneumatique et hydraulique (Symboles)	40 à 46
– fréquence de rotation	324		Pointes de courant possibles en ligne	133
– moment d'inertie	320		Pompes à chaleur	218
– puissance d'entraînement	321, 322		Ponts redresseurs moulés	628
– service	323, 324		Porte-fusibles	514
<b>Moteurs électriques industriels</b>	319		Poste d'abonné et de livraison (Exemple)	462
<b>Moteurs monophasés (Guide de choix des)</b>	368, 369		Poste de livraison (Démarche de choix)	454
<b>Moteurs synchrones à aimants (Moteurs sans balais)</b>	386		Poste de livraison à comptage BT	455
– abaques de résolution	390		Poste de livraison à comptage HT	457
– caractéristiques	389		Postes de livraison HT-BT	454
– concept des servomoteurs	386		– cellules ou fonctions	461
– exemple de choix	390		– choix de la cellule de protection du transformateur	456
– guide de choix	388		– détermination des caractéristiques	454
– paramètres techniques	387		– exemple d'implantation d'un poste d'abonné et de livraison HT	462
<b>Moteurs triphasés (Guide de choix des)</b>	370, 371	– poste de livraison à comptage BT	455	
<b>Moteurs triphasés alimentés en monophasé</b>	376	– poste de livraison à comptage HT	457	
<b>Motoventilation pour moteurs à courant continu</b>	384	– postes HT-BT	458 à 460	
<b>Moyenne (Mesure en valeur)</b>	669	Postes HT-BT	458	
<b>Multimètre avec cordons</b>	689, 690	– bas de poteau	459	
<b>Multimétrie</b>	665	– haut de poteau	458	
– analogique	665, 666	– urbains et d'intérieurs	460	
– applications générant des signaux déformés	672	<b>Pouvoir de coupure d'un disjoncteur</b>	542, 544	
– facteur de crête	671	Pressostat	561	
– mesure à l'aide de pinces ampèremétriques	673, 674	<b>Prévention des accidents électriques</b>	55	
– mesure en valeur efficace	669, 670	<b>Prévention et sécurité (Tableau U.T.E.)</b>	56 à 59	
– mesure en valeur moyenne	669	Prises de terre	243	
– numérique	667, 668	– choix de la prise de terre	245	
– signaux sinusoïdaux ou déformés	670	– liaisons à la terre	243	
		– masses et éléments conducteurs	244	
<b>N.</b>		– mesure de la résistance d'une prise de terre	246	
<b>Niveau KÉRAUNIQUE par région</b>	254	– mise à la terre de l'appareillage et des appareils	246	
<b>Niveau sonore des moteurs</b>	327	– mise à la terre des huisseries métalliques	244	
<b>Niveaux logiques des portes</b>	618	– nature des prises de terre	245	
<b>Normes d'électricité NFC</b>	698	– prises de terre de fait	245	
<b>Normes et règlements : Chauffage domestique</b>	204	– réalisation des prises de terre	246	
<b>Normes et textes réglementaires</b>	693	– sections minimales conventionnelles des conducteurs de terre	245	
– décrets, circulaires, arrêtés, brochures, relatifs à la sécurité	693 à 697	<b>Procédures de consignation</b>	67 à 73	
– normes d'électricité NFC	698	<b>Production du froid en climatisation</b>	224 à 228	
		Promotélec	699	
<b>O.</b>		Protection (Mesures pratiques)	60	
<b>Opérateurs logiques (Symboles)</b>	46	Protection contre les contacts indirects	153	
<b>Optoélectronique</b>	629	Protection contre les courants de court-circuit	143	
<b>Organigrammes (Symboles et conventions)</b>	50	Protection contre les courts circuits	508	
<b>Organismes agréés</b>	699	Protection contre les courts circuits et les surcharges	535	
<b>Organismes et constructeurs (Liste des)</b>	707 à 709	– choix d'une protection	535	
<b>Oscilloscope avec entrées différentielles</b>	691	– démarreur-contrôleur	541	
<b>Oscilloscope avec pince ampèremétrique</b>	691	– relais de protection multifonctions	538	
<b>Oscilloscope avec sondes différentielles</b>	691	– relais tripolaires de protection thermique	536	
<b>Oscilloscope en classe I</b>	688	– relais unipolaire de protection électromagnétique	537	
<b>Oscilloscope en classe II</b>	689	<b>Protection contre les surcharges</b>	509	
		<b>Protection des composants électroniques de puissance</b>	637 à 640	
		<b>Protection des installations électriques contre la foudre</b>	248	
		– déconnexion des parafoudres	260	
		– différents modes de propagation	251	
		– effet de la foudre	249 à 251	
		– exemple de protection d'un bâtiment contre la foudre	261, 262	

	Pages		Pages
- exemple d'une gamme de parafoudre	255	Réseaux (Différents types de)	229
- installation des parafoudres selon les SLT	257 à 259	Réseaux ETHERNET	499, 500
- les normes	253, 254	Réseaux informatiques (Les)	494
- moyens de protection	252	Résistances (Echelonnement des valeurs par décade)	626
- niveau KERAUNIQUE par région	254	Résistances de démarrage des moteurs	362
- phénomènes de foudroiement	248	Résistances thermiques des dissipateurs	657
- règles d'installation des parafoudres	256	Résistivité suivant la nature du terrain	675
Protection des moteurs industriels	510	Risques électriques (Réglementation et publications)	73
Protection différentielle	550	Risques chimiques	695
- conditions d'utilisation	551		
- exemple de fiche technique	551	<b>S.</b>	
- sensibilité et sélectivité	550		
Protection du conducteur de neutre	509	Salle d'eau : Equipement électrique	247
Protection et amorçage des thyristors	646	Schémas des liaisons à la terre (Exemples d'application)	112
Protection mixte (Surcharges et courts circuits)	509	- schéma IT neutre isolé ou impédant	116 à 118
Protection thermique des moteurs asynchrones	363	- schéma TN mise au neutre	114, 115
Protections collectives	66, 67	- schéma TT neutre à la terre	112, 113
Protections des moteurs à courant continu	385	Schémas des liaisons à la terre (Régimes de neutre)	95
Protections individuelles	66	- choix d'un schéma des liaisons à la terre	119 à 121
Puissance à dissiper dans les composants électroniques	640	- défauts d'isolement	96
Puissance d'un transformateur d'équipement	473, 474	- identification des SLT	95
Puissance d'un transformateur HT-BT	463, 464	- influence du choix des SLT	97
Puissance d'une installation BT	451, 452	- mise au neutre TN	105 à 107
Puissance, couple, courant, hauteur d'axe des moteurs	331, 332	- mise en œuvre des récepteurs particuliers	122
Pupitres, Coffrets, Armoires	485	- neutre à la terre TT	102 à 104
		- neutre isolé ou impédant IT	108 à 110
<b>Q.</b>		- protection des personnes	98 à 101
		- réseaux à courant continu	111
Quadrants de fonctionnement des moteurs	392	Section des conducteur de neutre et de protection	160
		Section des conducteurs (Conditions économiques)	159, 160
<b>R.</b>		Section des conducteurs (Courant de court-circuit)	141 à 143
		Section minimale des conducteurs	140
Radiateurs électriques	198, 199	Sectionneur pneumatique	437
Réalisation d'un équipement (Exemple)	36 à 39	Sectionneurs	513
Réceptivités (Grafcet)	601, 602	- critères de choix	514
Redressement (Tableau des courants et des tensions)	641	- exemple d'application	514
Redresseur à diodes (Exemple)	660, 661	- exemple de fiche technique	514
Redresseur contrôlé à thyristors (Exemple)	662, 663	Sections des conducteurs (Détermination des)	129
Réducteur de pression hydraulique	444	Sécurité (Eclairage de)	277
Réducteur pour micromoteurs (Guide de choix)	408	Sécurité (Les mots clefs)	307, 308
Réflecteurs (Caractéristiques principales)	186	Sécurité (Normes relatives aux installations de)	308
Réflecteurs industriels (Classe, rendement, IP)	181	Sécurité dans les bâtiments	271
Régimes de neutre (Voir schémas des liaisons à la terre)	95	Sécurité du personnel	65 à 94
Règles d'installations électriques domestiques	230	Sécurité incendie	285
Régleur de vitesse pneumatique	438	- détection d'un incendie	286, 287
Régulateurs intégrés	629	- étapes de la sécurité incendie	285
Régulation en chauffage électrique	216	- fonction mise en sécurité	288 à 290
Régulation et asservissements des moteurs	392, 393	Sécurité intrusion	309
Relais auxiliaire	563	- analyse des risques	309
Relais différentiel	550	- choix des produits assurant l'anti-intrusion	311
Relais magnétique	537	- la détection anti-intrusion	310
Relais multifonction	538, 539	Sélectivité différentielle (Types de)	550
Relais thermique	536	Sélectivité entre cartouches fusibles	576
Rendu des couleurs (Eclairage)	179	Sélectivité entre disjoncteurs	577
Repérage des bornes des relais	32	Sélectivité et coordination entre appareils BT	576
Repérage des conducteurs	162	- coordination fusibles ou disjoncteurs/interrupteurs	578
Repérage des schémas	33 à 39	- coordination fusibles/relais thermiques	578
Réseau de distribution de deuxième catégorie	453	- exemples	578
		- filiation entre disjoncteurs	576
		- sélectivité entre cartouches fusibles	576
		- sélectivité entre disjoncteurs	577

	Pages		Pages
Séparation des fonctions : Installation domestique	269	– clapets de non retour	44
Séparation des sources de tension	69	– conservation de l'énergie	43
Séquences (Grafcet)	605 à 608	– conservation et conditionnement de l'énergie	45
Service (Types de)	323, 324	– distribution et régulation de l'énergie	43
Service de marche des moteurs	323, 324	– fonctions de régulation, de mesure et d'automatisme	40
Service intermittent des moteurs	363 à 367	– mode de commande	41
Servomoteurs synchrones	386	– règles d'application des symboles de commandes multiples	42
Signalisation (Unités de)	562	– sources d'énergie	43
Soins aux électrisés	93, 94	– transformateur d'énergie linéaire	43
Söllner (Abaques de)	178	– transformateurs d'énergie spéciaux	43
Sonnerie	266	– transformation et conservation de l'énergie	42
Sortance (FAN-OUT)	618	<b>Symboles : Production. Transformation. Conversion</b>	18
Sources lumineuses (Choix des)	184	– autotransformateurs et régulateurs à induction	20
Surveillance technique d'un bâtiment (Alarmes techniques)	306, 307	– convertisseurs de puissance	20
<b>Symboles : Appareils de mesure. Lampes et signalisation</b>	25	– générateurs de puissance	20
– appareils de mesure et instruments divers	25	– indications à porter sur les symboles	21
– appareils enregistreurs	25	– machines à courant alternatif à collecteur	18
– appareils indicateurs	25	– machines à courant continu	18
– compteurs	26	– machines à induction (asynchrones)	19
– dispositifs de comptage	26	– machines synchrones	18
– dispositifs de télémessure	26	– piles et accumulateurs	20
– horloges électriques	26	– transformateurs à enroulements séparés	19
– lampes et dispositifs de signalisation	26, 27	– transformateurs de mesure et transformateurs d'impulsions	20
– thermocouples	26	– transformateurs et inductances (symboles généraux)	19
<b>Symboles : Code de désignation des couleurs (Câbles)</b>	31	– transformateurs. Diviseurs capacitifs. Variateurs. Piles	21
<b>Symboles : Composants passifs</b>	16	– types de machines	18
– condensateurs	16	<b>Symboles : Repérage des bornes des relais</b>	32
– inductances	17	<b>Symboles : Repérage des schémas</b>	33
– résistances	16	– appareillage, repérage des bornes	33
<b>Symboles : Conducteurs et dispositifs de connexion</b>	15	– exemple de réalisation d'un équipement	36 à 39
– accessoires pour câbles	16	– repérage d'identification des éléments	34, 35
– bornes et connexions de conducteurs	15	<b>Symboles : Schémas architecturaux et topographiques</b>	28
– conducteurs	15	– appareils électrodomestiques ou assimilés	31
– dispositifs de connexion	15	– canalisations préfabriquées	30
<b>Symboles : Dispositifs de commande et de protection</b>	21	– centrales, sous-stations, postes électriques	28
– appareils mécaniques de connexion	22	– conducteurs et canalisations dans le bâtiment	30
– auxiliaires de commande. Commutateurs	24	– identification de conducteurs particuliers, canalisations	28
– capteurs et détecteurs	24	– installations d'éclairage	29, 30
– commutateurs multipolaires et à plusieurs directions	22	– interrupteurs et appareils divers	29
– commutateurs unipolaires et interrupteurs de position	22	– lignes aériennes et accessoires	28
– contacts à deux ou trois positions	21	– réseaux, lignes	28
– contacts à fonctionnement décalé	21	– socles de prises de courant	29
– contacts à retour automatique ou à position maintenue	21	<b>Symboles : Semiconducteurs</b>	17
– contacts à temps spécifié (temporisés)	21	– diodes	17
– contacts agissant sous l'effet d'une variation de vitesse	22	– dispositifs photosensibles et magnétosensibles	17
– contacts de passage à deux positions	21	– thyristors	17
– éclateurs et parafoudres	24	– transistors	17
– fusibles et interrupteurs à fusibles	24	<b>Symboles : Télécommunications</b>	27
– interrupteurs fonctionnant sous l'effet de la température	22	– appareils d'enregistrement et de lecture	27
– relais de mesure	24	– appareils téléphoniques	27
– relais électromagnétiques de TOUT-OU-RIEN	23	– sélecteurs	27
– symboles fonctionnels de démarreurs de moteur	25	– transducteurs	27
<b>Symboles : Identification des bornes d'appareils</b>	31	<b>Symboles des grandeurs et des unités de mesures</b>	700 à 703
<b>Symboles : Opérateurs logiques</b>	46	<b>Symboles des opérateurs logiques</b>	619
– alimentation et échappement	49	<b>Symboles électriques et conventions</b>	13
– entrées et sorties diverses	49	<b>Symboles élémentaires électriques.</b>	13
– exemples d'éléments bistables	49	– cadres et enveloppes	13
– opérateurs à retard	48	– commande par grandeurs non électriques	14
– opérateurs combinatoires élémentaires	46, 47	– commandes mécaniques	14
– opérateurs séquentiels	48	– dispositifs et méthodes de commande	14
– symboles particuliers pour modules PAS A PAS	49	– éléments idéaux de circuit	14
<b>Symboles : Pneumatique et hydraulique</b>	40	– nature du courant et de la tension	13
– appareils de conditionnement	45, 46	– repérage des conducteurs et des bornes	15
– appareils de mesurage et indicateurs	46	– sens de l'effort ou du mouvement ou de propagation	13
– appareils de réglage de la pression	44	– types de matière. Effet ou dépendance. Rayonnement. Signaux	13
– appareils de réglage du débit	45	<b>Symboles et conventions pour les organigrammes</b>	50
		– exemples de traitement simplifié d'un contrôle de stock	52

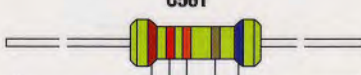
	Pages		Pages
- organigramme de programmation	51	<b>U.</b>	Unités de mesure et grandeurs (Symboles des Utiliance (Tableau)
- organigramme des données	50		
- organigramme pour le traitement de l'information	54		
Systèmes (Commande des)	593		700 à 703 181 à 183
<b>T.</b>			
Table des matières	4 à 8	<b>V.</b>	Variateur pour électrothermie résistive 406 Variateurs pour moteurs (Grandeurs caractéristiques) 400 à 405 Variateurs pour moteurs à courant alternatif 402 Variateurs pour moteurs à courant continu 400, 401 VDI (Lexique de la) 506 VDI. (Voix. Données. Images) 493 VDI. Voix. Données. Images (Règles) 503 - câblage et règles de pose 504 - caractéristiques d'une installation de qualité 503 - catégories 503 - conseils d'installation 505 - lexique de la VDI 506
Tableau de répartition (Installation domestique)	269		
Tachymétrie	394	Vérification d'absence de tension 70	
Tarif EDF (BLEU, VERT, JAUNE)	581 à 586	Vérins (Symboles) 43	
Tarification EDF	579	Vérins électriques 439	
Teintes (Lumière)	179	- guide de choix 440 à 442	
Télérupteur	266	- présentation et choix 439	
Températures extérieures de base	204	Vérins hydrauliques 443	
Températures intérieures de base	204	- accessoires hydrauliques 444	
Tensions de sécurité	61	- centrale hydraulique 443	
Terre (Mesure de)	675 à 679	- distributeur hydraulique 445, 446	
Textes réglementaires et normes	693	- vérins hydrauliques 446 à 448	
Thyristors (Choix des)	643 à 646	Vérins hydrauliques (Détermination) 446 à 448	
Thyristors GTO (Choix des)	649	Vérins pneumatiques 415	
Timer (NE 555)	631	- abaques de choix du KV 429	
Titre d'habilitation	83	- amortissement des vérins 419	
Topologie des réseaux (VDI)	494, 495	- branchement 416	
Transformateur BT : Chute de tension	475	- caractéristiques des distributeurs 426	
Transformateur d'équipement de machines-outils	473, 474	- caractéristiques des électrovannes 431, 432	
Transformateurs	463	- choix de la taille des distributeurs 430	
Transformateurs BT : Questions	471, 472	- choix des distributeurs en fonction de la sécurité 427, 428	
Transformateurs d'impulsions	630	- choix d'un détecteur pneumatique 433, 434	
Transformateurs HT et BT : Guide de choix	476 à 483	- courses normalisées recommandées 419	
Transformateurs HT-BT : Couplage	468	- démarche de détermination d'un vérin 417	
- couplages normalisés U.T.E	468	- détermination d'un diamètre de vérin 418	
- désignation des couplages	468	- exemple de choix des composants pneumatiques 435, 436	
- détermination de l'indice horaire	468	- guide de choix d'un vérin pneumatique 420 à 425	
Transformateurs HT-BT : Critères de choix	463	- structure générale d'une installation pneumatique 415, 416	
- coefficient d'utilisation	464	Voix. Données. Images (VDI) 493	
- charges cumulées par famille de récepteurs	465	Volets roulants (Commande de) 266	
- coefficient de simultanéité	465	Volumes (Salle d'eau) 247	
- cycles d'utilisation	466, 467	Voyants lumineux 562	
- détermination de la puissance de la batterie de condensateurs	463	Voyants lumineux (Choix des couleurs) 563	
- détermination de la puissance du transformateur	463, 464	<b>Z.</b>	
- estimations de puissances installées	464	Zéner (Diodes) 628	
- puissance de la batterie de condensateurs	465	Zone climatique d'hiver de chaque département 204	
- température ambiante	465	Zones climatiques (Réglementation) 204	
Transformateurs HT-BT : Installation	469, 470		
Transformateurs HT-BT : Protection	470		
Transistors (Choix des)	650, 651		
Transistors de commutation et à usage général	629		
Transitions et liaisons orientées (Grafset)	600, 601		
Transmission, commande et détection (Sécurité)	312, 313		
Travaux au voisinage de pièces nues sous tension	79, 80		
Travaux d'ordre électrique	79		
Travaux hors tension	67 à 73		
Travaux sous tension	65 à 67		
Triacs (Choix des)	647, 648		
Tubes d'éclairage	190		
Types de service des moteurs électriques	323, 324		

# mémotech *plus*

## CODE DES COULEURS

### CONDENSATEURS

#### céramique tubulaires C561



I	II	x par	Tol.	Type
0	0	10 <sup>-1</sup>	± 5%	Y5F
1	1	10 <sup>-2</sup>	± 10%	Y5P
2	2	10 <sup>0</sup>	± 20%	N30
3	3	10 <sup>1</sup>		Y5S
4	4	10 <sup>2</sup>		N80
5	5	10 <sup>3</sup>		Y5T
6	6	10 <sup>4</sup>		N150
7	7			N220
8	8			N330
9	9			N470
				Y5R
				SL

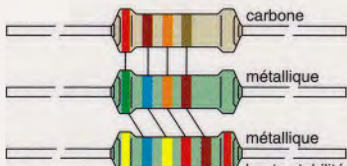
Unit: pF

#### céramique plaquettes

type I	type II
C652-C680C681	C629 C630-C655

C.T	1n2	10n	2n2
P100			
NP0			
N150			
N750			
N1500			

### RESISTANCES



chiffres significatifs	multiplicateur	tolérance	coeff. de temp 10 <sup>-5</sup> K
0	x 0,01 Ω	± 10 %	± 200
1	x 0,1 Ω	± 5 %	± 100
2	x 1 Ω	± 1 %	± 50
3	x 10 Ω	± 2 %	± 15
4	x 100 Ω		± 25
5	x 1k Ω		
6	x 10k Ω	± 0,5 %	
7	x 100k Ω	± 0,25 %	
8	x 1M Ω		
9			

