

prépa**bac**

TOUT-EN-UN

**NOUVEAUX
PROGRAMMES
2017-2018**

2^{de}

COURS • EXOS • CORRIGÉS

π **Maths**

 **Physique-Chimie**

 **SVT**

 **Français**

 **Histoire-Géo**

 **Anglais**

 **SES sur www.prepabac.com**

**& des rabats
mémo**



GRATUIT

Un abonnement au site
de révisions annabac.com



prépac 2^{de}

TOUT-EN-UN

Mathématiques

Jean-Dominique Picchiottino

Physique-Chimie

Nathalie Benguigui
Patrice Brossard
Jacques Royer

SVT

Jocelyne Cialec

Français

Séverine Charon
Marie Péan

Histoire

Élisabeth Brisson

Géographie

Florence Holstein

Anglais

Jeanne-France Bignaux
Didier Hourquin

SES

Sur www.prepac.com

SOMMAIRE

MATHÉMATIQUES

Algorithmique, calculs et fonctions

- 1 Algorithmique et programmation 6
- 2 Techniques de calcul 9
- 3 Résolution algébrique d'équations et de systèmes 15
- 4 Résolution algébrique d'inéquations... 20
- 5 Généralités sur les fonctions 26
- 6 Fonctions de référence et trigonométrie 31
- 7 Fonctions polynômes du second degré . 38

Statistiques et probabilités

- 8 Statistiques 43
- 9 Probabilité et échantillonnage 52

Géométrie

- 10 Configurations du plan..... 58
- 11 Vecteurs..... 61
- 12 Repérage dans le plan 66
- 13 Droites dans le plan 72
- 14 Géométrie dans l'espace..... 79

PHYSIQUE-CHIMIE

L'Univers

- 1 La lumière à travers l'Univers 86
- 2 La lumière des étoiles..... 92
- 3 Un modèle de l'atome..... 101
- 4 Pourquoi les atomes forment-ils des ions ? 106
- 5 La classification périodique des éléments chimiques..... 111
- 6 Le système solaire..... 115

La santé

- 7 Physique et diagnostics médicaux... 122
- 8 Quelques espèces chimiques de la santé..... 128

- 9 Extraction, séparation, identification et synthèse d'espèces chimiques..... 134
- 10 La mole 142

La pratique du sport

- 11 Les solutions 146
- 12 Les transformations chimiques 151
- 13 Mouvements et forces dans les pratiques sportives 158
- 14 Sport et pression atmosphérique 164
- 15 Plongée subaquatique et pression..... 169

SVT

La Terre dans l'Univers, une planète habitée

- 1 La vie : une particularité de la Terre 176
- 2 La nature du vivant 178
- 3 La biodiversité 185

Les enjeux planétaires contemporains

- 4 La photosynthèse à l'échelle de la planète 191
- 5 Étude d'une ressource énergétique fossile 193
- 6 Utilisation des combustibles fossiles et cycle du carbone 198
- 7 Énergie solaire et autres ressources énergétiques 201
- 8 La biomasse végétale : une source de nourriture et d'agrocarburants 205
- 9 La formation du sol et sa gestion 208

Corps humain et santé : l'exercice physique

- 10 Le métabolisme énergétique et les modifications des paramètres physiologiques au cours de l'effort 213
- 11 Le contrôle nerveux de la fréquence cardiaque et de la pression artérielle... 218
- 12 Le muscle, un système fragile 222

Conception de maquette : Frédéric Jély – Mise en page : Nord Compo – Coordination : Marina Arduini, Alice Karle
Édition : G. Alvarez, F. Capelani, R. Delay, J. Drappier, A. Panaget, C. San-Galli, C. Rollet, G. Thorel
Cartes et schémas : P. Bouillon, B. Sullerot, Légendes carto, Corédoc – Iconographie : Hatier Illustration

© Hatier, Paris, 2017.

Toute représentation, traduction, adaptation ou reproduction, même partielle, par tous procédés, en tous pays, faite sans autorisation préalable est illicite et exposerait le contrevenant à des poursuites judiciaires Réf : loi du 11 mars 1957, alinéas 2 et 3 de l'article 41 Une représentation ou reproduction sans autorisation de l'éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de Copie (20, rue des Grands-Augustins, 75006 PARIS) constituerait une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal

FRANÇAIS

Langue et outils du discours

- 1 L'énonciation. 226
- 2 La phrase et le verbe 230
- 3 Le lexique et les figures de style 238
- 4 Les registres 245

Les objets d'étude

- 5 Le roman et la nouvelle au XIX^e siècle . 252
- 6 La tragédie et la comédie
au XVII^e siècle 263
- 7 La poésie du XIX^e au XX^e siècle :
du romantisme au surréalisme 274
- 8 L'argumentation
aux XVII^e et XVIII^e siècles 287

HISTOIRE-GÉOGRAPHIE

Histoire

- 1 La place des populations de l'Europe
dans le peuplement de la Terre 298
- 2 L'invention de la citoyenneté
dans le monde antique 302
- 3 Sociétés et cultures de l'Europe
médiévale du XI^e au XIII^e siècle 307
- 4 Nouveaux horizons géographiques
et culturels des Européens
à l'époque moderne 318
- 5 Révolutions, libertés, nations,
à l'aube de l'époque contemporaine . . 333

Géographie

- 6 Du développement
au développement durable 347
- 7 Gérer les ressources terrestres 352
- 8 Villes et développement durable 368
- 9 Gérer les espaces terrestres 373

ANGLAIS

Grammaire : les points clés

- 1 Déterminants et quantifieurs. 390
- 2 Les temps : présent, prétérit,
present perfect et *past perfect* 395
- 3 L'expression de l'avenir
et de la modalité 402
- 4 Les subordonnées
et le discours indirect 408

Pour aller vers le Bac

- 5 Comprendre les consignes 415
- 6 Comprendre le sens global d'un texte . . 420
- 7 Comprendre l'implicite 427
- 8 Traiter un sujet d'imagination 433
- 9 Traiter un sujet de réflexion 439
- 10 Se faire comprendre à l'oral 443

SES

Sur le site www.prepabac.com

Ménages et consommation

- 1 Comment les revenus et les prix influencent-ils les choix des consommateurs ?
- 2 La consommation : un marqueur social ?

Entreprises et production

- 3 Qui produit des richesses ?
- 4 Comment produire et combien produire ?

Marchés et prix

- 5 Comment se forment les prix sur un marché ?
- 6 La pollution : comment remédier aux limites du marché ?

Formation et emploi

- 7 Le diplôme : un passeport pour l'emploi ?
- 8 Le chômage : des coûts salariaux trop élevés ou une insuffisance de demande ?

Individus et culture

- 9 Comment devenons-nous des acteurs sociaux ?
- 10 Comment expliquer les différences de pratiques culturelles ?

AVANT-PROPOS

Votre ouvrage Prépabac

■ Conforme aux derniers programmes de Seconde (prise en compte des aménagements de programme 2017 pour les maths et la physique-chimie), ce Prépabac, qui regroupe les principales matières de votre programme, est conçu pour vous accompagner tout au long de l'année. Dans chaque matière, chaque **thème du programme** fait l'objet d'un chapitre qui se divise lui-même en deux parties : le cours et un exercice de synthèse.

■ Le **cours** récapitule de manière efficace tout ce qu'il faut savoir sur le thème concerné. Selon les matières, il est enrichi de documents, de schémas, de cartes... L'**exercice de synthèse**, suivi de son **corrigé**, vous permet de mettre en œuvre le cours, immédiatement.

■ Assorties de nombreux **commentaires et conseils** des auteurs, toutes ces ressources vous permettent d'aborder en confiance vos contrôles durant l'année et de vous préparer à l'épreuve du bac.

Sur www.prepabac.com

Un espace gratuitement et immédiatement accessible où vous trouverez tous les compléments numériques à cet ouvrage :

■ d'une part, les **documents audio** associés, dans la partie **Anglais**, aux rubriques de vocabulaire et au chapitre « Se faire comprendre à l'oral » ;

■ d'autre part, des **ressources interactives en SES** – rappels de cours, savoir-faire et entraînement – sur les dix thèmes du programme.

■ L'achat de ce Prépabac vous permet de bénéficier d'un **ACCÈS GRATUIT*** à toutes les ressources d'annabac.com : fiches de cours, podcasts, quiz, exercices et sujets corrigés...

■ Pour profiter de cette offre, rendez-vous sur le site **www.annabac.com**, dans la rubrique « Vous avez acheté un ouvrage Hatier ? ».



*Selon conditions précisées sur le site www.annabac.com.

MATHÉMATIQUES

Algorithmique, calculs et fonctions

1. Algorithmique et programmation 6
2. Techniques de calcul 9
3. Résolution algébrique d'équations et de systèmes 15
4. Résolution algébrique d'inéquations..... 20
5. Généralités sur les fonctions 26
6. Fonctions de référence et trigonométrie..... 31
7. Fonctions polynômes du second degré 38

Statistiques et probabilités

8. Statistiques 43
9. Probabilité et échantillonnage 52

Géométrie

10. Configurations du plan 58
11. Vecteurs..... 61
12. Repérage dans le plan 66
13. Droites dans le plan 72
14. Géométrie dans l'espace 79

MATHÉMATIQUES



LA NOTION D'ALGORITHME EST ANCIENNE. Il y a plus de deux millénaires, Thalès de Milet, Pythagore de Samos, Euclide et Ératosthène d'Alexandrie utilisaient déjà des algorithmes. De nos jours, ils sont utilisés abondamment, aussi bien pour effectuer une opération « à la main » que pour fabriquer des logiciels.

1 Définitions

■ Un **algorithme** est une suite de règles à appliquer à des données initiales, dans un ordre déterminé et indépendamment de la *valeur* des données initiales. L'application des règles s'appelle aussi le traitement des données.

■ L'écriture d'algorithmes en langage naturel se heurte à deux obstacles majeurs : l'ambiguïté (par exemple : « le serveur a fait une erreur dans l'addition » signifie-t-il que le serveur s'est trompé en effectuant l'addition ou bien qu'il a mal évalué le prix d'un plat ?) et la précision (par exemple : « deux tiers, c'est environ 0,67 » et « deux tiers, c'est environ 0,66667 » sont aussi imprécis que « deux tiers, c'est environ 0,7 »).

Pour écrire un algorithme, il faut donc un langage particulier, appelé **langage de programmation**. En Seconde, on utilise généralement les types d'instructions suivants : déclaration, affectation, lecture (ou entrée), écriture (ou sortie), test, boucle.

■ Les **variables** sont des zones nommées de la mémoire de l'ordinateur ou de la calculatrice. Leurs noms peuvent être prédéfinis (sur les calculatrices, ces noms sont A , B , etc.) ou sont créés par l'utilisateur.

2 Les instructions

■ Déclaration des variables

L'algorithme a besoin de savoir ce que représentent les variables ; on dit que l'on déclare leur type. Une lettre peut représenter un nombre, une liste ou encore un texte (on dit aussi « une chaîne de caractères »).

EXEMPLE : « x est du type nombre » signifie que la variable x contient un nombre.

■ Affectation des données dans des variables

EXEMPLE : L'instruction « A prend la valeur 5 » signifie que la variable A contient la valeur 5 jusqu'à ce que, éventuellement, une nouvelle instruction change cette valeur.

En langage usuel, on dirait que la variable A vaut 5, ou bien que $A = 5$.

■ La lecture (ou entrée) des données

EXEMPLE : L'instruction « Lire x » signifie que l'utilisateur va saisir une valeur numérique ; cette valeur sera alors affectée à la variable x , c'est-à-dire que, désormais, et sauf changement en cours de traitement, la variable x contiendra la valeur fournie par l'utilisateur.

En langage usuel, on dirait que l'on donne une valeur à la variable x .

■ L'écriture (ou sortie) des données

EXEMPLE : L'instruction « Afficher y » signifie que le programme de calcul affiche à l'écran la valeur contenue dans la variable y .

■ Test SI

L'exécution d'un algorithme peut être soumise à certaines **conditions**. Si une condition est réalisée, alors une instruction est exécutée ; sinon une autre instruction est exécutée.

EXEMPLE : Dans l'algorithme ci-contre, écrit avec le logiciel ALGOBOX, les conditions débutent par SI ou SINON (lignes 4 et 8) et se terminent par FIN_SI et FIN_SINON (lignes 7 et 11).

Cet algorithme signifie que :

– SI la valeur de x rencontrée par l'algorithme est paire (par exemple 10), alors la variable x contiendra désormais la moitié du nombre qu'elle contenait (donc 5).

– SINON (c'est-à-dire si la valeur de x rencontrée par le programme est impaire, par exemple 5) la variable x contiendra alors 3 fois le nombre qu'elle contenait *moins* 1 (c'est-à-dire dans l'exemple choisi $3 \times 5 - 1$, donc 14).

■ Boucle POUR (ou FOR, en anglais)

Cette boucle a pour mission de répéter un certain nombre de fois la même instruction. Le nombre de fois est **fixé** par l'utilisateur *via* ce qu'on appelle un **compteur** de boucle (qui est **entier**).

EXEMPLE : Dans l'algorithme ci-contre, le compteur de boucle est k , qui prend toutes les valeurs **entières** de 1 (compris) à 10 (compris). Cet algorithme signifie que la valeur de x sera successivement égale à :

3 ($k = 1$), 5 ($k = 2$), ... 21 ($k = 10$).

La boucle est balisée par DEBUT_POUR au début (ligne 6) et par FIN_POUR à la fin (ligne 8).

■ Boucle TANT QUE (ou WHILE, en anglais)

Cette boucle a également pour mission de répéter un certain nombre de fois la même instruction. Ici, le nombre de fois n'est pas **fixé** *via* un compteur mais **par une condition**.

```

1 VARIABLES
2   x EST_DU_TYPE NOMBRE
3 DEBUT_ALGORITHME
4   SI (floor(x/2) == x/2) ALORS
5     DEBUT_SI
6     x PREND_LA_VALEUR x/2
7     FIN_SI
8   SINON
9     DEBUT_SINON
10    x PREND_LA_VALEUR 3*x-1
11    FIN_SINON
12 FIN_ALGORITHME

```



floor(x/2) calcule la partie

entière de $x/2$. floor(x/2) est égal à $x/2$ si et seulement si x est pair (si x est impair, alors $x/2$ n'est pas un nombre entier et n'est donc pas égal à sa partie entière).

```

1 VARIABLES
2   k EST_DU_TYPE NOMBRE
3   x EST_DU_TYPE NOMBRE
4 DEBUT_ALGORITHME
5   POUR k ALLANT_DE 1 A 10
6     DEBUT_POUR
7     x PREND_LA_VALEUR 2*k+1
8     FIN_POUR
9 FIN_ALGORITHME

```

EXEMPLE : Dans l'algorithme ci-contre, la valeur de x sera affichée tant qu'elle sera inférieure ou égale à 54.

La boucle est balisée par DEBUT_TANT_QUE au début (ligne 5) et FIN_TANT_QUE à la fin (ligne 7).

```

1  VARIABLES
2    x EST_DU_TYPE NOMBRE
3  DEBUT_ALGORITHME
4    TANT_QUE (x <= 54) FAIRE
5      DEBUT_TANT_QUE
6        AFFICHER "x"
7      FIN_TANT_QUE
8  FIN_ALGORITHME

```

EXERCICE DE SYNTHÈSE

1. Traduire en quelques phrases les instructions de l'algorithme suivant, appelé « algorithme de Syracuse », où x doit être un entier naturel non nul.
2. Montrer que, si on saisit $x = 8$, on obtient successivement 4, 2, puis 1.
3. Montrer que, si on choisit $x = 5$, on obtient aussi 4, 2, 1.
4. Recommencer avec d'autres entiers et constater que l'on arrive toujours à 4, 2, 1.

```

1  VARIABLES
2    x EST_DU_TYPE NOMBRE
3  DEBUT_ALGORITHME
4    LIRE x
5    TANT_QUE (x != 1) FAIRE
6      DEBUT_TANT_QUE
7        SI (floor(x/2) == x/2) ALORS
8          DEBUT_SI
9            x PREND_LA_VALEUR x/2
10         FIN_SI
11        SINON
12          DEBUT_SINON
13            x PREND_LA_VALEUR 3*x+1
14          FIN_SINON
15        AFFICHER "x"
16      FIN_TANT_QUE
17  FIN_ALGORITHME

```



Le symbole != signifie « différent de ». On l'écrit aussi ≠ ou <>.

CORRIGÉ

1. On choisit une valeur pour x .

Si $x = 1$, on arrête tout calcul.

Sinon :

- si x est pair, on le divise par 2 et on refait le traitement pour cette nouvelle valeur ;
- si x est impair, on le multiplie par 3 et on ajoute 1, puis on refait le traitement pour cette nouvelle valeur.

Dans les deux cas, on affiche la nouvelle valeur de x .

2. et 3. Les suites obtenues résultent de l'algorithme même.

4. Voici ce que l'on obtient avec 11, 12 et 13 comme nombres de départ :

- 11 → 34 → 17 → 52 → 26 → 13 → 40 → 20 → 10 → 5 → 16 → 8 → 4 → 2 → 1
- 12 → 6 → 3 → 10 → 5 → 16 → 8 → 4 → 2 → 1
- 13 → 40 → 20 → 10 → 5 → 16 → 8 → 4 → 2 → 1



EN SECONDE, il faut être à l'aise dans le calcul numérique – avec ou sans calculatrice – mais aussi dans le calcul littéral, c'est-à-dire le calcul avec des lettres. Développements, factorisations, identités remarquables : tous ces aspects doivent être maîtrisés.

Dans toute la suite, sauf mention du contraire, toutes les lettres figurant des calculs représentent des nombres. Les dénominateurs des fractions écrites sont supposés différents de 0.

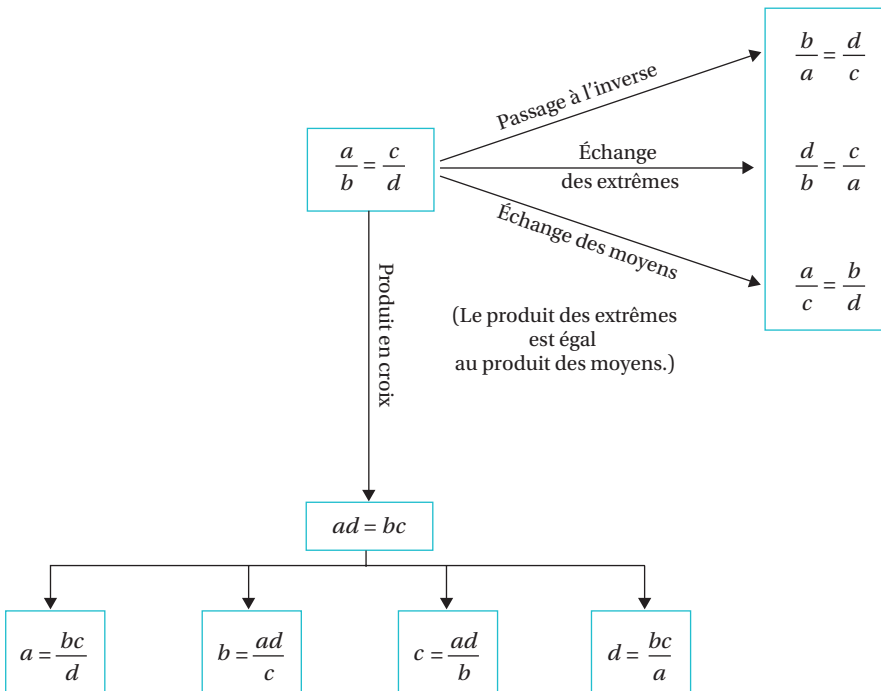
1 Égalité de fractions

La figure ci-dessous montre comment exploiter l'égalité de deux fractions : $\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$.

Dans cette égalité de fractions :

a et d sont les extrêmes

b et c sont les moyens



2 Addition et soustraction

A Addition

■ L'addition est une opération facile à manier. Dans une suite d'additions, on peut mélanger les termes (on dit que l'addition est commutative) et supprimer les parenthèses comme on veut (on dit que l'addition est associative).

EXEMPLE : $3x + 1 + (5x + 7) = 3x + 1 + 5x + 7 = 3x + 5x + 1 + 7 = 8x + 8$.

■ **Rappel** – Pour additionner deux fractions, il suffit de les réduire au même dénominateur. Sans tenir compte d'autres dénominateurs éventuellement plus simples, on a :

$$\frac{a}{b} + \frac{c}{d} = \frac{ad + bc}{bd}.$$

B Soustraction

■ La soustraction se définit par rapport à l'addition. On dit parfois que soustraire le nombre b revient à additionner son opposé. Pour tous nombres a et b :

$$a - b = a + (-b).$$

Remarque : Dans l'égalité précédente $-b$ désigne l'opposé de b .

■ La soustraction est une opération moins aisée que l'addition.

Elle n'est pas commutative ; autrement dit, en général, $a - b \neq b - a$.

Elle n'est pas associative ; autrement dit, en général, $a - (b - c) \neq (a - b) - c$.

■ Lorsqu'on supprime des parenthèses précédées du signe « moins », on doit changer les signes des additions et des soustractions (et seulement ces signes-là). Ainsi les additions sont transformées en soustractions et les soustractions en additions :

$$-(a + b + c) = -a - b - c$$

$$-(a + b - c) = -a - b + c$$

$$-(a - b + c) = -a + b - c$$

$$-(a - b - c) = -a + b + c$$

EXEMPLE

$$-[3x - (-1)] - (-6 + x) = -3x + (-1) - (-6) - x = -3x - 1 + 6 - x = -4x + 5.$$

👉 Le nombre $-x$ n'est pas nécessairement négatif ! Ainsi, si $x = -3$, $-x = 3$ donc $-x$ est positif.

3 Multiplication et division

A Multiplication

■ **La règle des signes** : le produit de deux nombres de même signe est un nombre positif et le produit de deux nombres de signes contraires est un nombre négatif.

Pour éviter toute confusion entre la lettre x et le signe \times , le produit $a \times b$ se note simplement ab .

Comme l'addition, la multiplication est une opération commutative : $ab = ba$; et associative : $a(bc) = (ab)c$.

■ **Rappel** – Pour multiplier des fractions entre elles, il suffit de multiplier les numérateurs entre eux et les dénominateurs entre eux.

$$\frac{a}{b} \times \frac{c}{d} = \frac{ac}{bd}.$$

B Division

■ La division se définit par rapport à la multiplication. On dit parfois que diviser par y revient à multiplier par son inverse. Pour tous nombres x et y , y étant différent de 0 :

$$x : y = x \times \frac{1}{y}.$$

Remarque : Dans l'égalité précédente, $\frac{1}{y}$ désigne l'inverse de y .

■ Pour tous nombres a , b , c et d , ces trois derniers étant différents de 0 :

$$\frac{a}{b} : \frac{c}{d} = \frac{a}{b} \times \frac{d}{c} = \frac{ad}{bc}.$$

■ La division n'a pas les propriétés utiles de la multiplication.

Elle n'est pas commutative ; autrement dit, en général, $a : b \neq b : a$ soit : $\frac{a}{b} \neq \frac{b}{a}$.

Elle n'est pas associative ; autrement dit, en général, $a : (b : c) \neq (a : b) : c$ soit : $\frac{a}{\frac{b}{c}} \neq \frac{\frac{a}{b}}{c}$.

⚠ L'inverse de 0 n'existe pas. Quand il existe, l'inverse de x se note aussi x^{-1} .

4 Propriétés des inverses et opposés

■ Un nombre et son opposé sont de signes contraires. Donc x et $-x$ sont de signes contraires.

■ L'opposé de 0 est égal à 0. Donc $0 = -0$.

■ L'opposé d'un inverse est égal à l'inverse de l'opposé. Donc $-\frac{1}{x} = \frac{1}{-x}$.

■ 0 n'a pas d'inverse et c'est le seul nombre qui n'a pas d'inverse.

■ Il y a deux façons d'exprimer l'opposé d'un quotient :

$$-\frac{a}{b} = \frac{-a}{b} = \frac{a}{-b}.$$

On a donc le choix : soit on choisit l'opposé du numérateur soit on choisit l'opposé du dénominateur (mais pas les deux en même temps !).

⚠ Ne pas confondre inverse et opposé !

5 Développer et factoriser

A Développer

■ Développer un produit de facteurs comportant des parenthèses ou des crochets, c'est le transformer en une somme de termes. Pour cela, on applique la distributivité.

■ **Rappel** - La distributivité de la multiplication par rapport à l'addition est une propriété qui s'énonce ainsi :


$$k(a + b) = ka + kb.$$

On dit que l'on a distribué le nombre k pour a et pour b .

La multiplication est aussi distributive par rapport à la soustraction :

$$k(a - b) = ka - kb$$

Le nombre k peut prendre des formes aussi complexes que l'on veut. Ainsi, si $k = a + b$:
 $(a + b)(c + d) = (a + b)c + (a + b)d$ d'où $(a + b)(c + d) = ac + bc + ad + bd$.

 On dit parfois que l'on applique une double distributivité.

De même :
 $(a + b)(c - d) = ac + bc - ad - bd$
 $(a - b)(c + d) = ac - bc + ad - bd$
 $(a - b)(c - d) = ac - bc - ad + bd$.

B Factorisation


Factoriser une expression numérique ou littérale, c'est l'écrire sous la forme d'un produit.

EXEMPLES : • $5x - 7x = (5 - 7)x = -2x$ • $3(x - 1) + x(x - 1) = (3 + x)(x - 1)$.

Il n'est pas toujours aussi simple de repérer l'expression commune qui sera mise en facteur !

6 Identités remarquables

Les égalités suivantes se démontrent facilement en utilisant la distributivité :

 **Attention :**
 $(a + b)^2 \neq a^2 + b^2 !$

Forme factorisée	=	Forme développée
$(a + b)^2$	=	$a^2 + 2ab + b^2$
$(a - b)^2$	=	$a^2 - 2ab + b^2$
$(a - b)(a + b)$	=	$a^2 - b^2$

En effet : $(a + b)^2 = (a + b)(a + b) = a^2 + ba + ab + b^2 = a^2 + 2ab + b^2$.

De même : $(a - b)^2 = (a - b)(a - b) = a^2 - ba - ab + b^2 = a^2 - 2ab + b^2$.

Et : $(a - b)(a + b) = a^2 - ba + ab - b^2 = a^2 - b^2$.

Remarque : On identifie l'identité $a^2 - b^2$ dans des expressions telles que $x^2 - 7$ car $7 = (\sqrt{7})^2$:
 $x^2 - 7 = x^2 - (\sqrt{7})^2 = (x - \sqrt{7})(x + \sqrt{7})$.

Exercice résolu : Mener à bien un calcul littéral et numérique

ÉNONCÉ

- Développer, réduire et ordonner l'expression $P(x) = (x - 3)(2 - 5x) - (4x + 7)$.
- Calculer $P(0)$, $P(-1)$ et $P(\sqrt{2})$.

MÉTHODE

- En développant l'expression $P(x)$, on trouve des termes contenant x^2 (appelés termes de degré 2), d'autres termes contenant x (termes du premier degré) et des termes sans x (termes de degré 0 ou termes constants). L'expression est réduite quand il n'y a plus qu'un seul terme de chaque sorte. Elle est de plus ordonnée si les termes sont écrits dans l'ordre croissant ou décroissant de leurs degrés.
- Il suffit de remplacer x par 0, puis par -1 et enfin par $\sqrt{2}$. Faut-il prendre l'expression du départ ou celle que l'on a trouvée ? C'est au choix. Si on a du temps, on pourra vérifier ses calculs en utilisant les deux. Sinon on peut utiliser la seconde expression, qui est plus simple.

SOLUTION

$$\begin{aligned}
 1. P(x) &= 2x - 6 - 5x^2 + 15x - 4x - 7 \\
 &= -5x^2 + 2x + 15x - 4x - 6 - 7 \\
 &= -5x^2 + 13x - 13.
 \end{aligned}$$

$P(x)$ est écrit sous une forme réduite et ordonnée suivant les puissances décroissantes de x .
On peut aussi bien écrire $P(x) = -13 + 13x - 5x^2$. Dans ce cas, $P(x)$ est écrit sous forme réduite et ordonnée suivant les puissances croissantes de x .

2. Les calculs suivants montrent l'utilisation de deux expressions de $P(x)$.

	$(x - 3)(2 - 5x) - (4x + 7)$	$-5x^2 + 13x - 13$
$x = 0$	$(0 - 3)(2 - 0) - (4 \times 0 + 7)$ $= -6 - 7 = -13$	$-5 \times 0 + 13 \times 0 - 13 = -13$
Donc $P(0) = -13$		
$x = -1$	$(-1 - 3)(2 - 5 \times (-1)) - (4 \times (-1) + 7)$ $= (-4) \times (2 + 5) - (-4 + 7)$ $= (-4) \times 7 - 3$ $= -28 - 3 = -31$	$-5 \times (-1)^2 + 13 \times (-1) - 13$ $= -5 + (-13) - 13$ $= -5 - 26 = -31$
Donc $P(-1) = -31$		
$x = \sqrt{2}$	$(\sqrt{2} - 3)(2 - 5\sqrt{2}) - (4\sqrt{2} + 7)$ $= 2\sqrt{2} - 6 - 5(\sqrt{2})^2 + 15\sqrt{2} - 4\sqrt{2} - 7$ $= 13\sqrt{2} - 6 - 7 - 10 = 13\sqrt{2} - 23$	$-5 \times (\sqrt{2})^2 + 13\sqrt{2} - 13$ $= -5 \times 2 + 13\sqrt{2} - 13$ $= -10 + 13\sqrt{2} - 13 = -23 + 13\sqrt{2}$
Donc $P(\sqrt{2}) = -23 + 13\sqrt{2}$		

EXERCICE DE SYNTHÈSE

1. a. Effectuer les calculs suivants : $3^2 + 2$; $33^2 + 22$; $333^2 + 222$; $3\,333^2 + 2\,222$.

b. Émettre une conjecture.

2. Soit a un entier naturel écrit avec n chiffres tous égaux à 1 : $a = \underbrace{1 \dots 1}_{n \text{ chiffres}}$.

a. Montrer que $10^n = 9a + 1$.

b. En déduire que $(\underbrace{3 \dots 3}_{n \text{ chiffres}})^2 + \underbrace{2 \dots 2}_{n \text{ chiffres}} = 10^n a + a$.

3. On écrit côte à côte un nombre pair de chiffres 1 ; on obtient un nombre que l'on appelle x . On appelle y le nombre obtenu en écrivant côte à côte une suite de chiffres 2 deux fois plus courte que la suite de 1 précédente. On effectue la soustraction $x - y$, par exemple $1\,111 - 22$. On obtient alors un carré parfait. Vrai ou faux ?



On peut donc dire que le nombre de chiffres 1 composant x est égal à $2n$ et que le nombre de chiffres 2 composant y est égal à n .

CORRIGÉ

1. a. $3^2 + 2 = 11$;

$$33^2 + 22 = 1\ 111$$
 ;

$$333^2 + 222 = 111\ 111$$
 ;

$$3\ 333^2 + 2\ 222 = 11\ 111\ 111.$$

b. Lorsqu'on effectue l'addition $\underbrace{(3 \dots 3)^2}_{n \text{ chiffres}} + \underbrace{2 \dots 2}_{n \text{ chiffres}}$, on obtient le nombre $\underbrace{11 \dots 11}_{2n \text{ chiffres}}$.

Autrement dit, la somme obtenue ne comporte que des chiffres 1. Le 1 est répété un nombre de fois double du nombre de chiffres 3 utilisés.

$9a = 9 \times \underbrace{1 \dots 1}_{n \text{ chiffres}} = \underbrace{9 \dots 9}_{n \text{ chiffres}}$.

2. a. $9a + 1 = \underbrace{9 \dots 9}_{n \text{ chiffres}} + 1 = \underbrace{10 \dots 0}_{n \text{ chiffres}} = 10^n$.

b. $10^n a + a = (9a + 1)a + a = 9a^2 + a + a$
 $= (3a)^2 + 2a$
 $= \underbrace{(3 \dots 3)^2}_{n \text{ chiffres}} + \underbrace{2 \dots 2}_{n \text{ chiffres}}$, ce qu'il fallait démontrer.

3. La réponse est vraie.

On voit déjà que $1\ 111 - 22 = 1\ 089$ et $\sqrt{1\ 089} = 33$.

D'autre part, si $x = \underbrace{11 \dots 11}_{2n \text{ chiffres}}$, alors $y = \underbrace{2 \dots 2}_{n \text{ chiffres}}$.

De plus, on a vu à la question 2 que :

$$\underbrace{(3 \dots 3)^2}_{n \text{ chiffres}} + \underbrace{2 \dots 2}_{n \text{ chiffres}} = 10^n a + a = (10^n + 1)a = (10^n + 1) \underbrace{1 \dots 1}_{n \text{ chiffres}}$$

$$\text{Or } (10^n + 1) \underbrace{1 \dots 1}_{n \text{ chiffres}} = 10^n \times \underbrace{1 \dots 1}_{n \text{ chiffres}} + \underbrace{1 \dots 1}_{n \text{ chiffres}} = \underbrace{1 \dots 1}_n \underbrace{0 \dots 0}_n + \underbrace{1 \dots 1}_{n \text{ chiffres}} = \underbrace{11 \dots 11}_{2n \text{ chiffres}}$$

Par exemple :
 $(10^3 + 1) \times 111 = 111\ 000 + 111$
 $= 111\ 111$ (cas $n = 3$).

Donc : $\underbrace{(3 \dots 3)^2}_{n \text{ chiffres}} + y = x$. Ce qui implique : $x - y = \underbrace{(3 \dots 3)^2}_{n \text{ chiffres}}$.

On a donc démontré que l'on obtenait bien un carré parfait.



DEPUIS L'ANTIQUITÉ, les techniques de résolution d'équation ont beaucoup évolué : elles sont aujourd'hui fondées sur des principes d'équilibre et les quatre opérations élémentaires.

1 Équations du premier degré à une inconnue

A De quoi s'agit-il ?

On note x l'inconnue. Les équations auxquelles on s'intéresse dans cette partie peuvent toutes se ramener à une équation du type $ax = b$ où $a \neq 0$.

Puisque $ax = b$ équivaut à $x = \frac{b}{a}$, la solution de l'équation précédente est le nombre $\frac{b}{a}$.

B Les deux grands principes de résolution

■ Le principe de développement

La première procédure consiste à développer en supprimant toutes les parenthèses.

■ Les principes d'équilibre

Ces principes doivent concourir à un but unique : obtenir une équation de la forme $ax = b$ équivalente à l'équation de départ.

- Lorsque l'on additionne ou soustrait le même nombre aux deux membres d'une équation, on obtient une équation qui lui est équivalente.
- De même, lorsque l'on multiplie ou divise les deux membres d'une équation par le même nombre différent de 0, on obtient une équation équivalente.
- On ne change pas l'équilibre de l'égalité en effectuant les mêmes opérations des deux côtés du signe d'égalité.

EXEMPLE : $8x - 2 = 3(x + 7) \Leftrightarrow 8x - 2 = 3x + 21$ (on a développé)

$$8x - 2 = 3x + 21 \Leftrightarrow 8x - 2 + 2 = 3x + 21 + 2 \text{ (on a ajouté 2 à chaque membre)}$$

$$8x - 2 + 2 = 3x + 21 + 2 \Leftrightarrow 8x = 3x + 23 \text{ (on a effectué les calculs)}$$

$$8x = 3x + 23 \Leftrightarrow 8x - 3x = 3x - 3x + 23 \text{ (on a retranché 3x à chaque membre)}$$

$$8x - 3x = 3x - 3x + 23 \Leftrightarrow 5x = 23 \text{ (on a effectué les calculs)}$$

$$5x = 23 \Leftrightarrow x = \frac{23}{5} \text{ (car } 5 \neq 0 \text{).}$$

C Trucs et astuces

■ S'il y a des fractions dans les membres des équations, il suffit de chasser les dénominateurs pour se ramener à des équations à coefficients entiers.

■ Si des expressions figurent au dénominateur, on peut utiliser le produit en croix.

EXEMPLE : L'équation $\frac{8}{x+1} = -\frac{3}{x}$ est équivalente à $8x = -3(x+1)$.


■ On peut vérifier si le nombre que l'on a trouvé est bien la solution de l'équation proposée en remplaçant l'inconnue (x) par la solution.

EXEMPLE : Vérifions que $\frac{23}{5}$ (donc 4,6) est solution de l'équation $8x - 2 = 3(x + 7)$.

$8 \times 4,6 - 2 = 34,8$ et $3 \times (4,6 + 7) = 34,8$. Donc 4,6 est bien solution de l'équation.

2 Équations du second degré à une inconnue

A De quoi s'agit-il ?

 La technique est bien sûr la même si on a à résoudre $0 = (ax + b)(cx + d)$.

■ On note x l'inconnue. Les équations auxquelles on s'intéresse dans cette partie peuvent toutes se ramener à une équation du type $(ax + b)(cx + d) = 0$.

■ Un produit de facteurs étant nul si et seulement si l'un des deux facteurs est nul, l'équation précédente est équivalente à $ax + b = 0$ ou $cx + d = 0$. On en déduit que $ax = -b$ ou $cx = -d$.

Donc $x = -\frac{b}{a}$ ou $x = -\frac{d}{c}$.


On obtient deux solutions qui sont $-\frac{b}{a}$ et $-\frac{d}{c}$.

EXEMPLE : Nous verrons comment l'équation $(x - 5)(2x + 1) = (x - 5)(3 + x)$ équivaut à l'équation $(x - 5)(x - 2) = 0$. Les solutions sont donc 2 et 5.

B Les deux grands principes de résolution

■ Principe du zéro à droite

Il s'agit de ramener l'équation à résoudre à une équation de la forme $\dots = 0$. On cherche à remplacer le membre de droite par 0. Pour cela, on utilise les principes d'équilibre.

 Comme on ne sait pas si $x - 5$ est égal à 0 ou est différent de 0, on ne doit pas simplifier par $x - 5$.

EXEMPLE : $(x - 5)(2x + 1) = (x - 5)(3 + x)$ équivaut à :
 $(x - 5)(2x + 1) - (x - 5)(3 + x) = 0$.

■ Principe de factorisation

Il s'agit de factoriser le membre de gauche en un produit de facteurs du premier degré. Dans chaque facteur, x doit figurer avec une puissance de 1.

EXEMPLE : $(x - 5)(2x + 1) - (x - 5)(3 + x) = 0$ équivaut successivement à :

$$(x - 5)[(2x + 1) - (3 + x)] = 0$$

$$(x - 5)(x - 2) = 0.$$

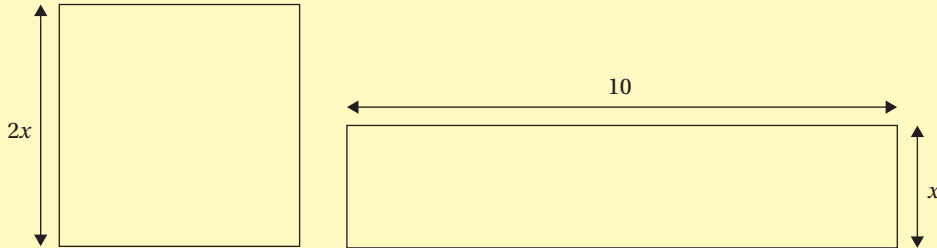
Finalement l'équation $(x - 5)(2x + 1) = (x - 5)(3 + x)$ équivaut à $(x - 5)(x - 2) = 0$.

Mission accomplie.

Exercice résolu : Résoudre un problème du second degré

ÉNONCÉ

L'unité est le centimètre. On considère un rectangle de longueur 10 et de largeur inconnue et un carré dont le côté est le double de la largeur du rectangle. Quelles doivent être les dimensions des deux quadrilatères pour qu'ils aient la même aire ?



MÉTHODE

La question du choix de l'inconnue ne se pose pas puisqu'elle est donnée par l'énoncé : il s'agit de la largeur x du rectangle. Le problème va donc consister à traduire les données en une équation, la résoudre puis interpréter les solutions.

SOLUTION

L'aire du carré est égale à $(2x)^2$ donc $4x^2$.

L'aire du rectangle est égale à $10x$.

Par conséquent il s'agit de résoudre l'équation $4x^2 = 10x$ sachant que x est un nombre strictement positif.

Les étapes de la résolution sont les suivantes :

$$4x^2 = 10x; 4x^2 - 10x = 10x - 10x; 4x^2 - 10x = 0; 2x(2x - 5) = 0.$$

Il en résulte que $2x = 0$ ou $2x - 5 = 0$, c'est-à-dire $x = 0$ ou $x = 2,5$.

La solution 0 est à rejeter car la largeur d'un rectangle ne saurait être égale à 0. La solution 2,5 convient.

Pour que les deux quadrilatères aient la même aire, il faut et il suffit que le carré ait un côté de 5 cm et que le rectangle ait des dimensions de 10 cm et 2,5 cm.

Lorsqu'on résout un problème « concret » d'inconnue x , la valeur symbolisée par x est soumise à certaines contraintes. Donc, après avoir résolu l'équation, il faut vérifier que la solution trouvée satisfait bien ces contraintes.

SAVOIR-FAIRE

Bien identifier le type de l'équation que l'on a à résoudre

On dispose de deux méthodes de résolution d'équations. L'une pour les équations du premier degré et l'autre pour les équations du second degré. Comment connaître le degré de l'équation que l'on cherche à résoudre ?

Il y a un moyen simple. Mentalement, on effectue les distributivités, s'il y en a. Si, après réduction, on voit un terme en x^2 alors l'équation est du second degré et on applique la méthode qui convient. Sinon, elle est du premier degré et on agit en conséquence.

EXEMPLE : $7(x - 3) + 2(5x + 7) = 0$ est une équation du premier degré.

$(x + 4) - 5(x + 4)(3x + 2) = 0$ est une équation du second degré car la distributivité de la multiplication appliquée au produit $(x + 4)(3x + 2)$ fournit $3x^2$, etc.

SAVOIR-FAIRE

Les précautions à prendre

Il faut parfois poser des conditions sur l'inconnue avant de résoudre une équation. C'est le cas lorsque l'inconnue figure au dénominateur. En effet la division par 0 est une opération impossible et donc le dénominateur d'une fraction doit être différent de 0 pour que l'équation ait un sens. C'est le cas par exemple de l'équation $\frac{1}{x} = \frac{2}{x-1}$.

Avant même de passer à la résolution de cette équation, il faut se poser la question de l'existence des deux membres. Ils existent si et seulement si $x \neq 0$ et $x-1 \neq 0$. Donc les solutions que l'on cherche sont des nombres différents de 0 et de 1.

3 Systèmes de deux équations à deux inconnues

A De quoi s'agit-il ?

Un système de deux équations du premier degré à deux inconnues est une écriture comportant deux équations, disposées comme dans les exemples ci-dessous. Il y a une accolade et les inconnues de la première équation sont les mêmes que celles de la seconde équation.

EXEMPLES : (1) $\begin{cases} 3x + 4y = 11 \\ 2x + y = 4 \end{cases}$ (2) $\begin{cases} 5v - 8w = 2 \\ -6v + 7w = -5 \end{cases}$ (3) $\begin{cases} 3t + 8 = u - 6 \\ 2t = 7u + 6 \end{cases}$

B Résolution algébrique

■ Méthode par combinaison

En général, on utilise la méthode par combinaison si chaque équation est écrite sous la forme $ax + by = c$ ou si on sait écrire chaque équation sous cette forme.

EXEMPLE : On veut résoudre le système $\begin{cases} 3x + 4y = 26 \\ 5x + 7y = 45 \end{cases}$

• **Étape 1** : on trouve x .

$$\begin{cases} 7(3x + 4y) = 7 \times 26 \\ 4(5x + 7y) = 4 \times 45 \end{cases} \quad \begin{array}{l} \text{On a multiplié les deux membres de la première équation par 7 et} \\ \text{les deux membres de la seconde équation par 4.} \end{array}$$

$$\begin{cases} 21x + 28y = 182 \\ 20x + 28y = 180 \end{cases} \quad \text{Après calculs, les coefficients de } y \text{ sont égaux.}$$

$$1x + 0y = 2, \text{ donc } x = 2. \quad \begin{array}{l} \text{On retranche la seconde équation à la première :} \\ 21x - 20x = 1x ; 28y - 28y = 0y \text{ et } 182 - 180 = 2. \end{array}$$

• **Étape 2** : on trouve y .

$$\begin{cases} x = 2 \\ y = 5 \end{cases}$$

On remplace x par 2 dans la seconde équation :
 $5 \times 2 + 7y = 45$; $7y = 45 - 10$; $y = \frac{35}{7}$.

Conclusion : le système proposé a une solution unique qui est le couple (2 ; 5).

■ Méthode par substitution

On peut utiliser la méthode par substitution si l'un des coefficients des inconnues est égal à 1 ou si on peut exprimer simplement une inconnue en fonction de l'autre.

EXEMPLE : On veut résoudre le système $\begin{cases} 3x + 5y = 61 \\ 4x + y = 36 \end{cases}$

• **Étape 1** : on trouve x .

$$\begin{cases} 3x + 5(36 - 4x) = 61 \\ y = 36 - 4x \end{cases}$$

On a exprimé y en fonction de x dans la seconde équation.

Ensuite, on a substitué $36 - 4x$ à y , c'est-à-dire : on a remplacé y par $36 - 4x$ dans la première équation.

$$\begin{cases} 3x + 180 - 20x = 61 \\ y = 36 - 4x \end{cases}$$

Situation après la substitution

$$\begin{cases} x = \frac{-119}{-17} \\ y = 36 - 4x \end{cases}$$

Situation après calculs

• **Étape 2** : on trouve y .

$$\begin{cases} x = 7 \\ y = 8 \end{cases}$$

On remplace x par 7 dans la seconde équation :
 $y = 36 - 4 \times 7 = 8$.

Conclusion : le système proposé a une solution unique qui est le couple (7 ; 8).

C Résolution graphique

Dans le chapitre 13, nous verrons que la résolution d'un système de deux équations du premier degré à deux inconnues peut s'interpréter à l'aide de droites, et que de tels systèmes peuvent admettre une solution unique, une infinité de solutions ou aucune solution.

EXERCICE DE SYNTHÈSE

Le centurion Cactus veut faire ranger ses légionnaires en carré. Malheureusement, 25 hommes sont en trop. Il décide alors d'augmenter le côté du carré d'un homme, mais alors il lui manque 6 hommes. Quel est le nombre de légionnaires ?

CORRIGÉ

Soit x le nombre d'hommes composant le côté du premier carré.


Alors : $x^2 + 25 = (x + 1)^2 - 6$.

Les deux membres représentent tous les deux le nombre total de légionnaires.

Développons le deuxième membre : $x^2 + 25 = x^2 + 2x + 1 - 6$;

$25 = 2x - 5$; $2x = 30$; $x = 15$.

Il y a donc 250 hommes car $15^2 + 25 = 16^2 - 6 = 250$.


 **L'inconnue utile n'est pas le nombre de légionnaires !**

4

Résolution algébrique d'inéquations

EN APPARENCE, une inéquation ressemble beaucoup à une équation. Mais leurs techniques de résolution diffèrent fortement : résoudre une inéquation se ramène à l'étude du signe d'une expression. De plus, les solutions d'une inéquation se présentent souvent sous forme d'intervalles.

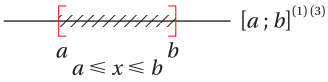
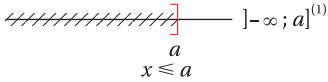
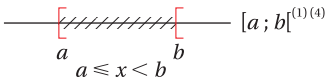
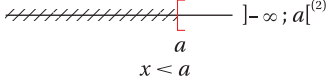
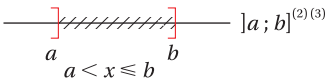
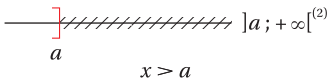
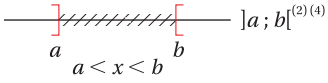
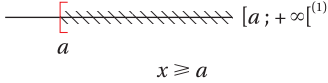
1 Intervalles de \mathbb{R}

 **\mathbb{R} se note $]-\infty ; +\infty[$.**

■ **Définition :** Un intervalle de \mathbb{R} est un ensemble **continu** de réels. Les **seuls** intervalles de \mathbb{R} sont : \mathbb{R} lui-même ; les demi-droites ; les segments ; l'ensemble vide \emptyset .

■ **Représentations**

Les parties hachurées correspondent aux valeurs satisfaisant les inéquations.

segments	demi-droites
 <p style="text-align: center;">$a \leq x \leq b$</p>	 <p style="text-align: center;">$x \leq a$</p>
 <p style="text-align: center;">$a < x < b$</p>	 <p style="text-align: center;">$x < a$</p>
 <p style="text-align: center;">$a < x \leq b$</p>	 <p style="text-align: center;">$x > a$</p>
 <p style="text-align: center;">$a \leq x < b$</p>	 <p style="text-align: center;">$x \geq a$</p>

(1) : fermé en a . (2) : ouvert en a . (3) : fermé en b . (4) : ouvert en b .

2 Inéquations du premier degré à une inconnue

A De quoi s'agit-il ?

On note x l'inconnue. On s'intéresse dans cette partie aux inéquations dont la résolution s'effectue en résolvant des inéquations simples du type $ax < b$, $ax \leq b$ ou s'y ramenant.

EXEMPLE : Nous verrons comment l'inéquation $8x - 2 < 3(x + 7)$ équivaut à $5x < 23$; on a ainsi $a = 5$ et $b = 23$.

B Les deux grands principes de résolution

■ Le principe de développement

La première procédure à effectuer est de supprimer toutes les parenthèses.

EXEMPLE : $8x - 2 < 3(x + 7)$ équivaut à $8x - 2 < 3x + 21$.

■ Le principe d'équilibre

Lorsque l'on additionne ou soustrait le même nombre aux deux membres d'une inéquation, on obtient une inéquation qui lui est équivalente.

Lorsque l'on multiplie ou divise les deux membres d'une inéquation par le même nombre **strictement positif**, on obtient une inéquation équivalente et de **même** sens.

Lorsque l'on multiplie ou divise les deux membres d'une inéquation par le même nombre **strictement négatif**, on obtient une inéquation équivalente et de sens **contraire**.

EXEMPLE : $8x - 2 < 3x + 21$ est équivalente à $8x - 2 + 2 < 3x + 21 + 2$ (on a additionné 2 aux deux membres de l'inéquation). Après calculs : $8x - 2 < 3x + 21$ est équivalente à $8x < 3x + 23$.

■ Ces principes doivent concourir à un but unique : obtenir une inéquation de la forme $ax < b$ ou $ax \leq b$ équivalente à l'inéquation de départ.

EXEMPLE : $8x < 3x + 23$ équivaut à $8x - 3x < 3x - 3x + 23$ (principe d'équilibre) donc à $5x < 23$. Par conséquent, l'inéquation $8x - 2 < 3(x + 7)$ équivaut à $5x < 23$.

C Trucs et astuces

■ S'il y a des fractions dans les inéquations, il suffit de chasser les dénominateurs positifs pour se ramener à des inéquations à coefficients entiers.

EXEMPLE : Considérons l'inéquation $\frac{2}{3}x - 5 > \frac{1}{4} + 7x$. Le dénominateur commun des fractions $\frac{2}{3}$ et $\frac{1}{4}$ est 12. L'inéquation équivaut à $12 \times \left(\frac{2}{3}x - 5\right) > \left(\frac{1}{4} + 7x\right) \times 12$ (principe d'équilibre, 12 étant positif). On obtient $\frac{24}{3}x - 60 > \frac{12}{4} + 84x$, donc $8x - 60 > 3 + 84x$.

■ On peut facilement transformer une inéquation de la forme $ax > b$: il suffit de multiplier les deux membres par -1 , qui est un nombre négatif. Par exemple, l'inéquation $-2x > 9$ est équivalente à $2x < -9$ (remarquer le changement de sens de l'inégalité) après multiplication des deux membres par le même nombre négatif -1 .

D Solutions de l'inéquation $ax < b$

■ Si $a > 0$, l'inéquation $ax < b$ est équivalente à $x < \frac{b}{a}$. L'inéquation a pour ensemble de solutions l'intervalle $]-\infty; \frac{b}{a}[$. Cela signifie que tout nombre inférieur à $\frac{b}{a}$ est solution de l'inéquation.

■ Si $a < 0$, l'inéquation $ax < b$ est équivalente à $x > \frac{b}{a}$. L'inéquation a pour ensemble de solutions l'intervalle $]\frac{b}{a}; +\infty[$. Cela signifie que tout nombre supérieur à $\frac{b}{a}$ est solution de l'inéquation.

EXEMPLES

• L'inéquation $5x < 23$ est équivalente à $x < \frac{23}{5}$.

L'ensemble des solutions est donc l'intervalle $]-\infty; \frac{23}{5}[$.

• L'inéquation $-6x < -1$ est équivalente à $x > -\frac{1}{6}$ donc $x > \frac{1}{6}$.

L'ensemble des solutions est donc l'intervalle $]\frac{1}{6}; +\infty[$.

E Algorithme de résolution d'une inéquation

L'algorithme ci-dessous (écrit en langage naturel) fournit l'ensemble des solutions de l'inéquation $ax > 10$ lorsque l'utilisateur saisit la valeur du nombre a .

```
1 Saisir la valeur de a
2 Si a = 0 alors :
3   Afficher "L'inéquation n'a pas de solution."
4 Sinon :
5   Si a > 0 alors :
6     Afficher "Les solutions de l'inéquation
7     sont les nombres supérieurs à 10/a."
8   Sinon :
9     Afficher "Les solutions de l'inéquation
10    sont les nombres inférieurs à 10/a."
11 Fin Si
12 Fin Si
```

Il étudie bien les trois cas possibles :

• Si a est nul, l'inéquation n'a pas de solution car il est impossible de trouver des nombres x tels que $0x > 10$.

• Si $a > 0$, alors l'inéquation équivaut à $x > \frac{10}{a}$.

• Sinon on a $a \leq 0$. Comme le cas $a = 0$ a été traité dans la condition précédente, on a nécessairement $a < 0$ et donc l'inéquation équivaut à $x < \frac{10}{a}$.

Les trois cas sont décrits par l'intermédiaire de deux instructions conditionnelles « si... alors... sinon... ». La première commence à la ligne 2, se poursuit à la ligne 4 et se termine à la ligne 10. La seconde commence à la ligne 5, se poursuit à la ligne 7 et se termine à la ligne 9.

3 Inéquations du second degré à une inconnue

A De quoi s'agit-il ?

On note x l'inconnue. Les inéquations auxquelles on s'intéresse dans cette partie peuvent toutes se ramener à une inéquation du type $P(x) < 0$ ou $P(x) \leq 0$, $P(x)$ étant une expression contenant des produits ou des quotients d'expressions du type $ax + b$.

Pour résoudre de telles inéquations, on utilise un tableau de signes et la règle des signes.

EXEMPLE : Résoudre l'inéquation $\frac{(x-1)(x-2)}{3-x} \leq 0$.

B Le principe de résolution

L'objectif est de déterminer le signe de chaque facteur de $P(x)$.

On résume les résultats sous la forme d'un tableau de signes.

On applique la règle des signes et on conclut.

EXEMPLE : Résolvons l'inéquation $\frac{(x-1)(x-2)}{3-x} \leq 0$.

- Signe de $x - 1$: $x - 1 > 0$ équivaut à $x > 1$ (donc $x - 1 < 0$ équivaut à $x < 1$).
- Signe de $x - 2$: $x - 2 > 0$ équivaut à $x > 2$ (donc $x - 2 < 0$ équivaut à $x < 2$).
- Signe de $3 - x$: $3 - x > 0$ équivaut à $3 > x$ (donc $3 - x < 0$ équivaut à $3 < x$).

Résumons par un tableau de signes.

x	$-\infty$	1	2	3	$+\infty$
$x - 1$	-	0	+	+	+
$x - 2$	-	-	0	+	+
$3 - x$	+	+	+	0	-
$P(x)$	+	0	-	0	-

Les solutions de l'inéquation proposée sont donc les nombres de l'ensemble $[1 ; 2] \cup]3 ; +\infty[$.

REMARQUES

- La double barre dans la colonne du 3 signifie que lorsque $x = 3$, on ne peut pas calculer $P(x)$.
- Le symbole \cup se lit « union » et signifie « ou ».

SAVOIR-FAIRE

Crochet ouvert ou fermé ?

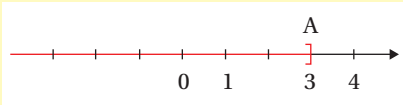
On se place dans le cas de l'inéquation $P(x) \geq 0$. Seront compris dans l'intervalle des solutions les nombres qui annulent $P(x)$ (crochet fermé). Ne seront pas compris les nombres qui rendent le dénominateur égal à 0 (crochet ouvert).

Il y a toujours un crochet ouvert quand il y a $-\infty$ et $+\infty$. C'est une convention.

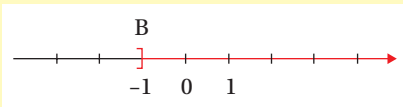
SAVOIR-FAIRE

Représenter l'ensemble des solutions

Si on veut représenter des ensembles de solutions, on peut procéder comme ci-dessous :



Le crochet indique que le point A d'abscisse 3 appartient à l'intervalle : $S =]-\infty ; 3]$.



Le crochet indique que le point B d'abscisse -1 n'appartient pas à l'intervalle : $S =]-1 ; +\infty[$.

Exercice résolu : Résoudre une inéquation avec tableau de signes

ÉNONCÉ

Résoudre l'inéquation $\frac{2}{x+3} \leq 1$.

MÉTHODE

L'inconnue figurant au dénominateur, on doit se préoccuper de l'existence de la fraction $\frac{2}{x+3}$. Comme $x+3$ peut être positif ou négatif, on ne peut employer la méthode du produit en croix. La méthode de résolution consiste donc à écrire $\frac{2}{x+3} - 1 \leq 0$ puis à réduire au même dénominateur et enfin à utiliser un tableau de signes.

SOLUTION

Pour que le quotient existe, il faut et il suffit que $x+3 \neq 0$ donc $x \neq -3$.

Les étapes de la résolution sont : $\frac{2}{x+3} - 1 \leq 0$


$$\frac{2}{x+3} - \frac{x+3}{x+3} \leq 0$$

$$\frac{2 - (x+3)}{x+3} \leq 0$$

$$\frac{2 - x - 3}{x+3} \leq 0$$

$$\frac{-1 - x}{x+3} \leq 0$$

$$\frac{1+x}{x+3} \geq 0 \quad (\text{on change le sens de l'inégalité})$$

 Pour les inéquations, la technique du produit en croix est à proscrire car les dénominateurs peuvent être négatifs.

- Signe de $1+x$: $1+x > 0$ équivaut à $x > -1$ (donc $1+x < 0$ équivaut à $x < -1$).
- Signe de $x+3$: $x+3 > 0$ équivaut à $x > -3$ (donc $x+3 < 0$ équivaut à $x < -3$).

Tableau de signes :

x	$-\infty$	-3	-1	$+\infty$	
$1+x$	-		-	0	+
$x+3$	-	0	+		+
$\frac{1+x}{x+3}$	+		-	0	+

On trouve $S =]-\infty ; -3[\cup]-1 ; +\infty[$.

EXERCICE DE SYNTHÈSE

(Les quatre questions sont indépendantes.)

1. Trouver trois entiers consécutifs dont la somme est comprise entre 2 010 et 2 014.
2. Trouver quatre entiers consécutifs dont la somme est comprise entre 2 014 et 2 019.
3. Un train parcourt 750 km. Sa vitesse varie entre 120 km/h et 125 km/h. Entre quelles valeurs le temps de parcours est-il compris ?
4. On dispose d'un budget de 10 000 € pour acheter une imprimante à 460 € et 12 ordinateurs identiques. Quel peut être le prix maximal d'un ordinateur ?

CORRIGÉ

1. Soit n un entier naturel. Nommons $n-1$, n et $n+1$ les trois entiers consécutifs à trouver. On doit avoir : $2\,010 < n-1 + n + n+1 < 2\,014$ ce qui équivaut à $2\,010 < 3n < 2\,014$.

En divisant les membres extrêmes par 3 (qui est positif) on trouve : $\frac{2\,010}{3} < n < \frac{2\,014}{3}$.
Après calculs on trouve que la seule solution est 671.

On vérifie que $670 + 671 + 672 = 2\,013$.

2. Nommons $n-1$, n , $n+1$ et $n+2$ les quatre entiers consécutifs cherchés.

On doit avoir : $2\,014 < n-1 + n + n+1 + n+2 < 2\,019$

ce qui équivaut à $2\,014 < 4n+2 < 2\,019$ et donc $2\,012 < 4n < 2\,017$.

En divisant chaque membre par 4 (qui est positif), on trouve : $\frac{2\,012}{4} < n < \frac{2\,017}{4}$.
Après calculs, on trouve que la seule solution est 504.

On vérifie que $503 + 504 + 505 + 506 = 2\,018$.

3. Soit d la distance parcourue, t le temps de parcours et v la vitesse. On a $d = vt$.

Donc $t = \frac{d}{v} = \frac{750}{v}$.

$120 \leq v \leq 125 \Rightarrow \frac{1}{125} \leq \frac{1}{v} \leq \frac{1}{120} \Rightarrow \frac{750}{125} \leq \frac{750}{v} \leq \frac{750}{120} \Rightarrow 6 \leq t \leq 6,25$.

Le temps de parcours est donc compris entre 6 heures et 6 heures un quart.

4. Soit x le prix d'un ordinateur. On doit avoir $460 + 12x \leq 10\,000$.

Donc $12x \leq 10\,000 - 460 \Rightarrow 12x \leq 9\,540 \Rightarrow x \leq \frac{9\,540}{12} \Rightarrow x \leq 795$.


Le prix maximal d'un ordinateur doit être égal à 795 €.



EN SECONDE, on étudie les fonctions polynômes du premier et second degré, ainsi que leurs courbes associées. Ainsi, on appelle « courbe » la représentation graphique d'un polynôme du premier degré qui est une ... droite !

1 Notion de fonction numérique

En mathématiques, une fonction numérique est une machine à transformer, à changer les nombres selon un programme de calcul.

 En mathématiques, la fonction f désigne une façon de transformer les réels notés x en d'autres réels notés $f(x)$.

EXEMPLE : Écrivons le programme suivant :

- multiplier le nombre par 5 ;
- retrancher 3 au résultat.

Nommons f ce programme de calcul. Par f , le nombre 1 est transformé en $5 \times 1 - 3$ donc 2, et le nombre $-6,1$ est transformé en $5 \times (-6,1) - 3$, donc $-33,5$. Plus généralement, si x désigne un nombre, x est transformé en $5x - 3$ par f . On note $x \mapsto 5x - 3$.

Lire « x est transformé en $5x - 3$ par f » ou « x flèche $5x - 3$ » ou « à x , f associe $5x - 3$ », etc.

2 Définitions

A Image et antécédent

■ La fonction f transforme tout nombre x en un nombre noté $f(x)$.

- $f(x)$ (lire « f de x ») s'appelle l'**image** de x par la fonction f .
- x s'appelle l'**antécédent** de $f(x)$ (par f évidemment !).

Par la fonction $x \mapsto 5x - 3$ l'image de 1 est égale à 2 et l'antécédent de $-33,5$ est égal à $-6,1$.

REMARQUES

• Par une fonction, un nombre donné n'a pas d'image ou a une seule image. Par exemple si $f(x) = \frac{1}{x}$, le nombre 0 n'a pas d'image ; en effet, l'inverse de 0 n'existe pas. Tout nombre différent de 0 a une et une seule image.

• Par une fonction, un nombre n'a pas d'antécédent ou en a un et un seul ou en a plusieurs. Par exemple si $f(x) = x^2$ alors le nombre -2 (et tout nombre strictement négatif) n'a pas d'antécédent ; 0 a un seul antécédent (qui est 0 lui-même) et 17 (ainsi que tout nombre strictement positif) a deux antécédents qui sont $-\sqrt{17}$ et $\sqrt{17}$.

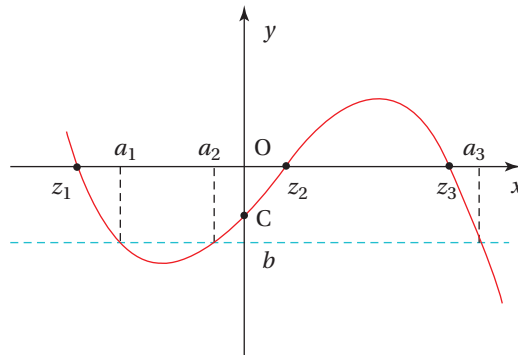
B Représentation graphique

On se place ici dans un repère $(O; \vec{i}, \vec{j})$. La représentation graphique d'une fonction f est l'ensemble de tous les points de coordonnées $(x; f(x))$. On dit aussi que c'est la courbe représentant f , même si c'est une droite !

3 Lectures graphiques

La courbe ci-dessous montre la représentation graphique d'une fonction f . On peut y voir que :

- Le nombre b a trois antécédents qui sont a_1, a_2 et a_3 .
- La courbe coupe l'axe des abscisses en trois points. Les abscisses de ces trois points sont z_1, z_2 et z_3 . On a donc $f(z_1) = f(z_2) = f(z_3) = 0$.
- Les points dont les abscisses sont situées entre z_1 et z_2 ont des ordonnées négatives. Donc, pour tout $x \in [z_1; z_2], f(x) \leq 0$. De même, pour tout $x \in [z_2; z_3], f(x) \geq 0$. Autrement dit, dans l'intervalle où la courbe est au-dessus de l'axe des abscisses, $f(x) \geq 0$ et dans l'intervalle où la courbe est en dessous de l'axe des abscisses, $f(x) \leq 0$.
- Lorsque la courbe coupe l'axe des ordonnées en un point C, l'ordonnée de C est égale à $f(0)$.



👉 L'abscisse de C est égale à 0.

REMARQUE : Les images sont placées sur l'axe des ordonnées et les antécédents sont placés sur l'axe des abscisses.

4 Résolution graphique d'équations et d'inéquations

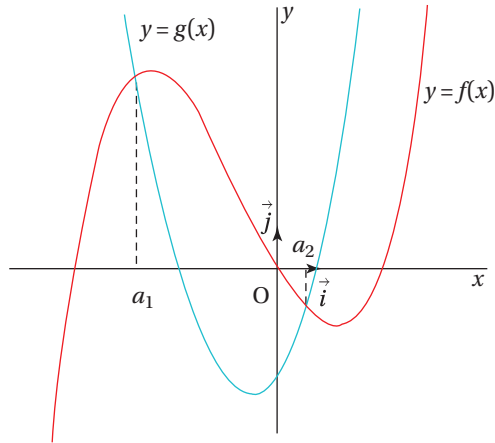
■ $f(x) = g(x)$

Le nombre de points d'intersection des courbes f et g fournit le nombre de solutions de l'équation.

Sur la figure de la page suivante, l'équation a au moins deux solutions (a_1 et a_2), mais peut-être une troisième : en fait, on ignore le comportement des deux courbes pour de grandes valeurs de x .

■ $f(x) \geq g(x)$

L'inéquation $f(x) \geq g(x)$ admet au moins comme ensemble de solutions l'intervalle $[a_1; a_2]$ (voir la figure page suivante) car, sur cet intervalle, la courbe de g est au-dessous de celle de f .



5 Croissance et décroissance sur un intervalle

Vous avez sans doute constaté que les mots « monotone », « croissante », « décroissante » étaient toujours suivis de la mention d'un intervalle. Il est important de le préciser.

Il existe des fonctions qui ne sont ni croissantes ni décroissantes sur un intervalle. Par exemple, $x \mapsto x^2$ sur \mathbb{R} n'est ni croissante ni décroissante sur \mathbb{R} , mais croissante sur \mathbb{R}^+ et décroissante sur \mathbb{R}^- .

■ Dire qu'une fonction est **croissante sur un intervalle I** de son ensemble de définition signifie qu'« elle conserve l'ordre », c'est-à-dire que quels que soient les réels x et y de I :

$$\text{si } x < y \text{ alors } f(x) \leq f(y).$$

De manière équivalente, la croissance de la fonction f sur I signifie que quels que soient les réels x et y de I :

$$\text{si } x > y \text{ alors } f(x) \geq f(y).$$

■ Dire qu'une fonction est **décroissante sur un intervalle I** de son ensemble de définition signifie qu'« elle inverse l'ordre », c'est-à-dire que quels que soient les réels x et y de I :

$$\text{si } x < y \text{ alors } f(x) \geq f(y).$$

De manière équivalente, la décroissance de la fonction f sur I signifie que quels que soient les réels x et y de I :

$$\text{si } x > y \text{ alors } f(x) \leq f(y).$$

■ **Étudier les variations d'une fonction**, c'est trouver les intervalles sur lesquels elle est monotone.

On résume souvent les variations d'une fonction à l'aide d'un tableau (le tableau de variation).

EXEMPLE : On voit ci-dessous une courbe et le tableau de variation de f associé.

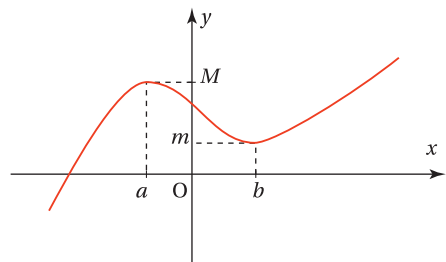
x	$-\infty$	a	b	$+\infty$
$f(x)$	↗ M		↘ m ↗	

M est un maximum local de f .

m est un minimum local de f .

f est monotone sur $]-\infty; a]$, $[a; b]$ et $[b; +\infty[$.

Cela signifie qu'elle ne change pas de variation sur chacun de ces intervalles.



Exercice résolu : Exploiter un tableau de variation

ÉNONCÉ

En utilisant le tableau de variation ci-dessous, déterminer :

- les intervalles sur lesquels f est monotone.
- le signe de $f(x)$ pour tout x de $[-3 ; 11]$.
- le nombre d'antécédents des nombres 1 et 3.

x	-3	1	5	11
$f(x)$	0	4	2	8

Diagramme du tableau de variation : une flèche pointe de 0 à 4, une autre de 4 à 2, et une dernière de 2 à 8.

MÉTHODE

- Il suffit d'interpréter les flèches : \nearrow signifie que f est croissante et \searrow qu'elle est décroissante sur certains intervalles.
- À l'extrémité droite d'une flèche \nearrow figure un maximum de f et à l'extrémité droite d'une flèche \searrow figure un minimum de f .
- Placer les nombres 1 et 3 sur les flèches.

SOLUTION

a. f est monotone sur les intervalles :

- $[-3 ; 1]$ (elle est croissante) ;
- $[1 ; 5]$ (elle est décroissante) ;
- $[5 ; 11]$ (elle est croissante).

b. Pour tout x de $[-3 ; 1]$: $f(x) \geq 0$.

Pour tout x de $[1 ; 5]$: $f(x) \geq 2$.

Pour tout x de $[5 ; 11]$: $f(x) \geq 2$.

On en conclut que pour tout x de $[-3 ; 11]$, $f(x) \geq 0$.

c. La lecture du tableau de variation complété ci-dessous fournit les réponses :

- Le nombre 1 a un seul antécédent compris entre -3 et 1.
- Le nombre 3 a trois antécédents, le premier compris entre -3 et 1, le deuxième entre 1 et 5, le troisième entre 5 et 11.

x	-3	1	5	11
$f(x)$	0	4	2	8

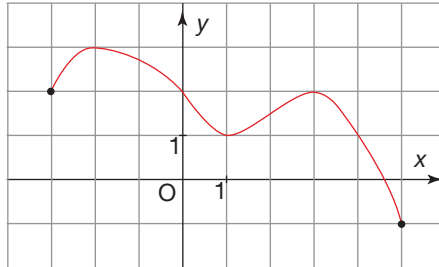
Diagramme du tableau de variation complété : des cercles numérotés 1 et 3 sont placés sur les flèches. Le 1 est sur la flèche croissante de 0 à 4. Les 3 sont sur les flèches décroissante de 4 à 2 et croissante de 2 à 8.



Une fonction est positive si et seulement si son minimum est positif.

EXERCICE DE SYNTHÈSE

La courbe en rouge est la représentation graphique d'une fonction définie sur l'intervalle $[-3 ; 5]$.



1. Décrire les variations de la fonction f sur $[-3 ; 5]$.
2. Comparer en justifiant : $f(-1,5)$ et $f(0,5)$ puis $f(1,2)$ et $f(2,5)$
3. a. Quel est le maximum de f sur $[-3 ; 5]$? Pour quelle valeur est-il atteint ?
b. Quel est le minimum de f sur $[-3 ; 5]$? Pour quelle valeur est-il atteint ?
4. Résoudre graphiquement l'équation $f(x) = 2$. Justifier.

CORRIGÉ

1. f est croissante sur les intervalles $[-3 ; -2]$ et $[1 ; 3]$ et décroissante sur les intervalles $[-2 ; 1]$ et $[3 ; 5]$.

2. Comme f est décroissante sur $[-2 ; 1]$ et puisque :


- d'une part $-1,5$ et $0,5$ appartiennent tous les deux à cet intervalle ;
- d'autre part $-1,5 < 0,5$.

On en conclut que $f(-1,5) > f(0,5)$.

De même, comme f est croissante sur $[1 ; 3]$ et puisque :

- d'une part $1,2$ et $2,5$ appartiennent tous les deux à cet intervalle ;
- d'autre part $1,2 < 2,5$.

On en conclut que $f(1,2) < f(2,5)$.

 Pour trouver graphiquement les solutions de l'équation $f(x) = 2$, il suffit de tracer la droite horizontale d'ordonnée 2 et de trouver ses intersections avec la courbe.

3. a. Le maximum de f sur $[-3 ; 5]$ est égal à 3 et il est atteint en -2 car $f(-2) = 3$.

b. Le minimum de f sur $[-3 ; 5]$ est égal à -1 et il est atteint en 0 car $f(0) = -1$.

4. Les solutions de l'équation $f(x) = 2$ sont les points de la courbe dont l'ordonnée est égale à 2. Par lecture graphique, on trouve les solutions $-3, 0$ et 3 .

6

Fonctions de référence et trigonométrie



www.annabac.com

EN SECONDE, on étudie des fonctions de référence identifiables par leur représentation graphique : droite pour la fonction affine, parabole pour la fonction « carré », hyperbole pour la fonction inverse. Les fonctions sinus et cosinus sont les fonctions de base de la trigonométrie.

1 Fonctions affines

■ **Définition** : Étant donnés deux réels a et b , dire qu'une fonction f est affine signifie que, pour tout x : $f(x) = ax + b$.

Dans le cas où $b = 0$, on dit que f est linéaire.

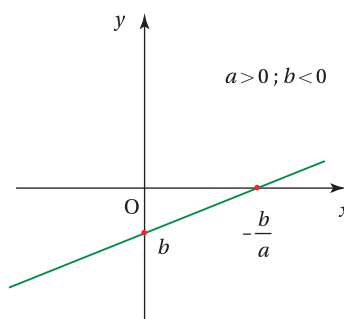
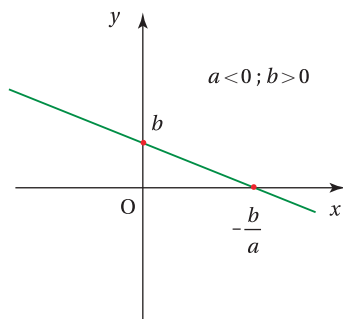
Dans le cas où $a = 0$, on dit que f est constante.

■ **Tableau de variation et représentation graphique**

$a < 0$	x	$-\infty$	$+\infty$
	$f(x)$	↘	

$a > 0$	x	$-\infty$	$+\infty$
	$f(x)$	↗	

La représentation graphique d'une fonction affine est une droite.

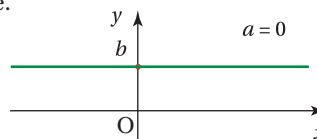


a s'appelle le coefficient directeur de f et b l'ordonnée à l'origine.

■ **Cas particuliers**

La droite passe par l'origine du repère si et seulement si $b = 0$.

La droite est « horizontale » si et seulement si $a = 0$.

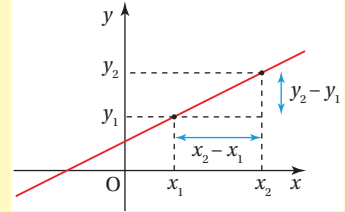


SAVOIR-FAIRE

Bien déterminer une fonction affine

On peut facilement trouver le coefficient directeur d'une fonction affine par lecture graphique de sa droite représentative.

$$a = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}; \text{ on a alors } b = y_1 - ax_1 \text{ (ou } b = y_2 - ax_2).$$



■ Application importante

Lorsqu'on augmente une quantité q de 5 %, on obtient une nouvelle quantité. Elle est égale à la précédente augmentée de $0,05q$, donc à $q + 0,05q$, soit finalement $1,05q$.

En général, si on augmente une quantité q de t %, la quantité obtenue est égale à $\left(1 + \frac{t}{100}\right)q$.

Lorsqu'on diminue une quantité q de 8 %, on obtient une nouvelle quantité. Elle est égale à la précédente diminuée de $0,08q$, donc à $q - 0,08q$, soit finalement $0,92q$.

En général, si on diminue une quantité q de t % la quantité obtenue est égale à $\left(1 - \frac{t}{100}\right)q$.

Par conséquent les quantités disponibles après augmentation ou diminution sont des fonctions linéaires des quantités initiales.

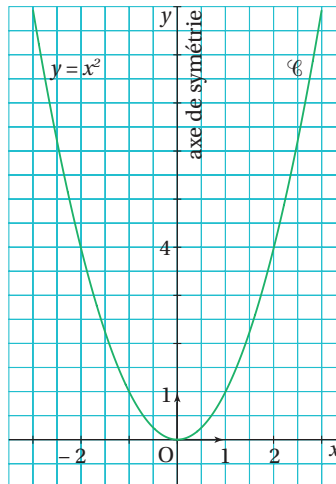
2 Fonction carré

■ **Définition :** La fonction carré est la fonction définie sur \mathbb{R} par $f(x) = x^2$.

On voit que la courbe représentative de la fonction carré est symétrique par rapport à l'axe des ordonnées. Cette courbe s'appelle une parabole.

■ Tableau de variation et courbe

x	$-\infty$	0	$+\infty$
x^2			



Parabole d'équation $y = x^2$

■ Remarques

- Si $x \leq y \leq 0$, alors $x^2 \geq y^2$ (la fonction carré est décroissante sur $]-\infty; 0[$).
- Si $0 \leq x \leq y$, alors $x^2 \leq y^2$ (la fonction carré est croissante sur $]0; +\infty[$).

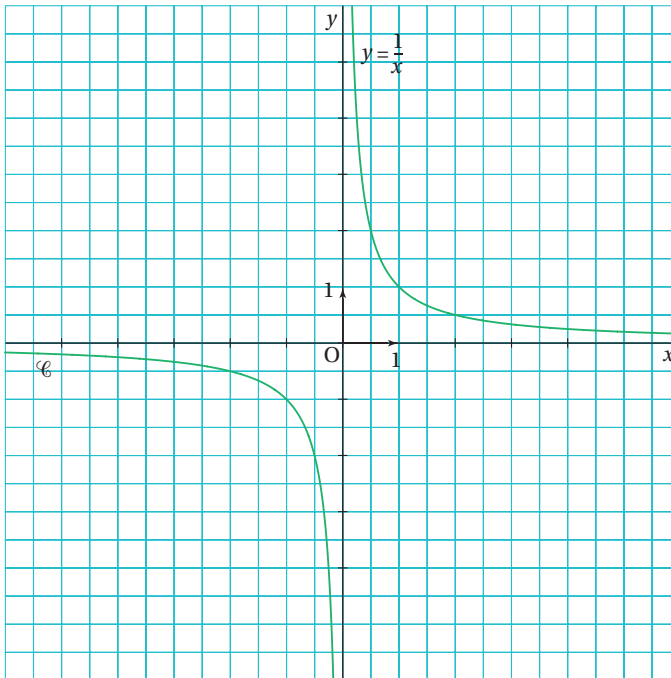
3 Fonction inverse

■ **Définition** : La fonction inverse est la fonction définie sur \mathbb{R}^* par $f(x) = \frac{1}{x}$.

On voit que la courbe représentative de la fonction inverse est symétrique par rapport à l'origine du repère. Cette courbe s'appelle une hyperbole.

■ Tableau de variation et courbe

x	$-\infty$	0	$+\infty$
$\frac{1}{x}$	↘		↘



Hyperbole d'équation $y = \frac{1}{x}$

■ Remarques

- Si $x \leq y < 0$ alors $\frac{1}{x} \geq \frac{1}{y}$ (la fonction inverse est décroissante sur $]-\infty; 0[$).
- Si $0 < x \leq y$ alors $\frac{1}{x} \geq \frac{1}{y}$ (la fonction inverse est décroissante sur $]0; +\infty[$).

Donc, dès que x et y sont non nuls et de **même signe** : si $x \leq y$ alors $\frac{1}{x} \geq \frac{1}{y}$.

Dans le tableau de variation, la double barre indique que la valeur 0 est une valeur interdite.

Exercice résolu : Démontrer certaines propriétés des fonctions carré et inverse

ÉNONCÉ

1. Démontrer que la fonction carré est décroissante sur $]-\infty ; 0]$ et croissante sur $[0 ; +\infty[$.
2. Démontrer que la fonction $x \mapsto \frac{1}{x}$ est décroissante sur \mathbb{R}^{*-} et \mathbb{R}^{*+} .

MÉTHODE

1. Il suffit d'utiliser la définition, et partir de deux réels x et y tels que $x \leq y$ par exemple. On doit alors aboutir à $x^2 \geq y^2$ si x et y sont négatifs et $x^2 \leq y^2$ si x et y sont positifs.
2. Idem pour $\frac{1}{x}$.

SOLUTION

- 1. a.** Pour tout x et y dans $]-\infty ; 0]$ tels que $x \leq y$, on a :

$xx \geq yy$ (multiplication par x négatif) donc $x^2 \geq yx$;

$xy \geq yy$ (multiplication par y négatif) donc $xy \geq y^2$.

Donc : $x^2 \geq yx \geq y^2 \Rightarrow x^2 \geq y^2$.

Bilan : $x \leq y \Rightarrow x^2 \geq y^2$.

Cela signifie que la fonction carré est décroissante sur $]-\infty ; 0]$.

- b.** Pour tout x et y dans $[0 ; +\infty[$ tels que $x \leq y$, on a :

$xx \leq yy$ (multiplication par x positif) donc $x^2 \leq yx$;

$xy \leq yy$ (multiplication par y positif) donc $xy \leq y^2$.

Donc : $x^2 \leq yx \leq y^2 \Rightarrow x^2 \leq y^2$.

Bilan : $x \leq y \Rightarrow x^2 \leq y^2$.

Cela signifie que la fonction carré est croissante sur $[0 ; +\infty[$.

- 2. a.** Pour tout x et y dans $]-\infty ; 0[$ tels que $x \leq y$: $\frac{1}{x} - \frac{1}{y} = \frac{y-x}{xy}$. Or, $y-x \geq 0$ et $xy > 0$.

Donc $\frac{1}{x} - \frac{1}{y} \geq 0$ ce qui implique $\frac{1}{x} \geq \frac{1}{y}$.

Cela signifie que la fonction inverse est décroissante sur \mathbb{R}^{*-} .

- b.** Pour tout x et y dans $]0 ; +\infty[$ tels que $x \leq y$: $\frac{1}{x} - \frac{1}{y} = \frac{y-x}{xy}$. Or, $y-x \geq 0$ et $xy > 0$.

Donc $\frac{1}{x} - \frac{1}{y} \geq 0$ ce qui implique $\frac{1}{x} \geq \frac{1}{y}$.

Cela signifie que la fonction inverse est décroissante sur \mathbb{R}^{*+} .

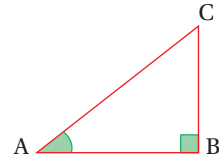
4 Fonctions sinus et cosinus

A Dans un triangle rectangle

Dans un triangle rectangle, on définit le **sinus** et le **cosinus** d'un angle aigu par :

$$\sin \hat{A} = \frac{\text{côté opposé}}{\text{hypoténuse}} = \frac{CB}{CA}$$

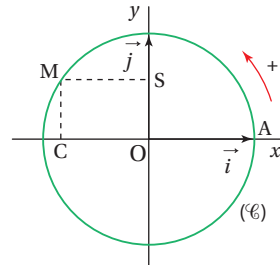
$$\cos \hat{A} = \frac{\text{côté adjacent}}{\text{hypoténuse}} = \frac{AB}{AC}$$



B Cercle trigonométrique

■ Soit $(O; \vec{i}, \vec{j})$ un repère orthonormal du plan et (\mathcal{C}) le cercle de centre O et de rayon 1. Il existe sur (\mathcal{C}) deux sens de parcours opposés. Par convention, le sens marqué d'une flèche sur la figure s'appelle sens positif, sens direct ou sens trigonométrique. Ainsi orienté, le cercle (\mathcal{C}) s'appelle cercle trigonométrique.

■ Plus généralement, on appelle cercle trigonométrique tout cercle de rayon 1 muni du sens de parcours positif et sur lequel a été choisi un point d'origine (A sur la figure).



C Sinus et cosinus d'un nombre réel

Considérons le cercle trigonométrique de centre O et d'origine A.

■ Soit x un **réel positif**. Enroulons sur le cercle un fil de longueur x de la façon suivante :

- fixons une extrémité en A ;
- enroulons le fil dans le sens positif.

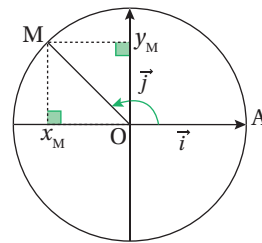
L'autre extrémité du fil se trouve alors en un point M, éventuellement après plusieurs tours de cercle.

On est dans la situation décrite par la figure ci-contre.

Par définition : $\cos(x) = x_M$ et $\sin(x) = y_M$.

On définit ainsi $\cos x$ et $\sin x$ pour tout réel positif x .

■ Si x est un **réel négatif**, on enroule un fil de longueur $(-x)$ dans le sens négatif. On obtient $\cos x$ et $\sin x$ comme à l'étape précédente.



👉 On peut noter aussi $\cos x$ et $\sin x$ sans les parenthèses.

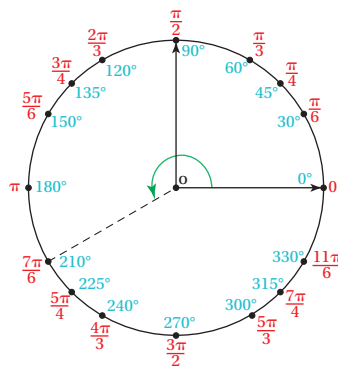
Remarques

- Pour tout $x \in \mathbb{R}$: $\cos^2 x + \sin^2 x = 1$.
- Dans le cas où $x \neq \frac{\pi}{2}k$, avec $k \in \mathbb{Z}$, le triangle OMx_M est rectangle en x_M ; son hypoténuse est égale à 1 car c'est le rayon du cercle trigonométrique. On retrouve donc les formules du triangle rectangle classique.

D Valeurs remarquables

■ On a placé sur le cercle trigonométrique ci-contre des nombres réels et les mesures d'angle correspondantes. Le nombre π est placé à la moitié de la circonférence car le cercle trigonométrique a pour circonférence 2π , son rayon étant égal à 1.

Le nombre $\frac{7\pi}{6}$ est situé aux sept douzièmes de la circonférence (car $\frac{7\pi}{6} = \frac{7}{12} \times 2\pi$), c'est-à-dire à l'endroit où l'angle vaut $\frac{7}{12} \times 360^\circ = 210^\circ$.



■ Les valeurs remarquables des sinus et cosinus de nombres réels particuliers (voir tableau ci-contre) sont utiles aussi bien en mathématiques qu'en physique.

Remarques

• On sait que $\frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{1}{\sqrt{2}}$.

• Pour se souvenir facilement des valeurs remarquables du tableau, il suffit, pour la ligne des sinus, d'écrire des fractions de dénominateur 2 et de numérateur les racines carrées des nombres entiers consécutifs de 0 à 4 : $\frac{\sqrt{0}}{2}$; $\frac{\sqrt{1}}{2}$; $\frac{\sqrt{2}}{2}$; $\frac{\sqrt{3}}{2}$; $\frac{\sqrt{4}}{2}$. On complète ensuite la ligne des cosinus « à l'envers ».

x	0	$\frac{\pi}{6}$	$\frac{\pi}{4}$	$\frac{\pi}{3}$	$\frac{\pi}{2}$
$\sin x$	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	1
$\cos x$	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{1}{2}$	0

E Propriétés des fonctions sinus et cosinus

Pour tout réel x on a les égalités suivantes :

Égalités	Commentaires
$\cos^2(x) + \sin^2(x) = 1$	Il s'agit du théorème de Pythagore dans le triangle rectangle OM_M par exemple.
$\cos(2\pi + x) = \cos(x)$ $\sin(2\pi + x) = \sin(x)$	On dit que les fonctions sinus et cosinus sont périodiques de période 2π .
$\cos(-x) = \cos(x)$ $\sin(-x) = -\sin(x)$	La courbe de la fonction cosinus (resp. sinus) est symétrique par rapport à (Oy) (resp. à l'origine O).
$\cos\left(\frac{\pi}{2} - x\right) = \sin(x)$ $\sin\left(\frac{\pi}{2} - x\right) = \cos(x)$	Dans un triangle rectangle, le sinus d'un angle aigu est égal au cosinus de l'autre angle, son complémentaire, et vice versa. En effet, x et $\frac{\pi}{2} - x$ sont complémentaires.

De plus, pour tout x : $-1 \leq \cos x \leq 1$ et $-1 \leq \sin x \leq 1$.

EXERCICE DE SYNTHÈSE

Sur la figure ci-contre, le cercle \mathcal{C} de centre O est circonscrit au triangle ABC .

Le point I est le milieu de $[BC]$.

On admet que $\widehat{BAC} = \widehat{BOI}$.

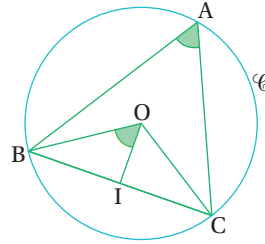
On note R le rayon du cercle \mathcal{C} et a la longueur de $[BC]$.

a. Démontrer que le triangle BOI est rectangle.

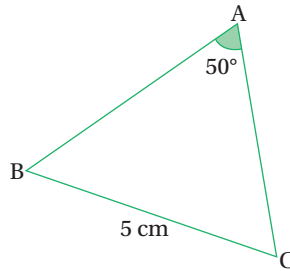
b. Démontrer que $\sin \widehat{BOI} = \frac{a}{2R}$.

c. En déduire que $R = \frac{a}{2 \sin \widehat{BAC}}$.

d. Calculer, à 0,1 cm près, le rayon du cercle circonscrit au triangle ABC suivant.



Le cercle circonscrit à un triangle est le cercle passant par ses trois sommets. Son centre est le point d'intersection des médiatrices des côtés.



CORRIGÉ

a. $[OB]$ et $[OC]$ sont des rayons du cercle, on a alors $OB = OC$.

Le triangle BOC est donc isocèle en O .

Comme I est le milieu de $[BC]$, $[OI]$ est une médiane de BOC . C'est donc aussi une hauteur.

Par conséquent, l'angle \widehat{BOI} est droit, et le triangle BOI est rectangle en I .

b. Dans le triangle BOI , on a $\sin \widehat{BOI} = \frac{BI}{BO}$.

En remarquant que $BO = R$ et que $BI = \frac{a}{2}$, on a : $\sin \widehat{BOI} = \frac{a}{2R}$.

c. On sait que $\widehat{BAC} = \widehat{BOI}$. Donc $\sin \widehat{BOI} = \sin \widehat{BAC}$ et $\sin \widehat{BAC} = \frac{a}{2R}$,

ou encore : $R = \frac{a}{2 \sin \widehat{BAC}}$.

d. D'après la question précédente, on a : $R = \frac{a}{2 \sin \widehat{BAC}} = \frac{5}{2 \sin 50^\circ} \approx 3,3 \text{ cm}$.

7

Fonctions polynômes du second degré

D'AUTRES FONCTIONS sont étudiées en Seconde : les fonctions polynômes du second degré. Leurs représentations graphiques sont des paraboles.

1 Définition d'une fonction polynôme

Si $a = 0$, alors le polynôme n'est plus du second degré car il s'écrit $bx + c$.

Une fonction polynôme du second degré est une fonction f définie sur \mathbb{R} par $f(x) = ax^2 + bx + c$ où a , b et c sont trois nombres réels fixés et $a \neq 0$.

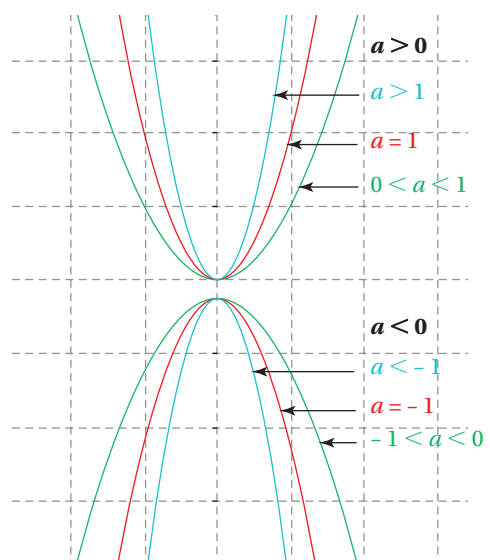
EXEMPLES

- La fonction $x \mapsto -2x^2 + 3x - 5$ est une fonction polynôme du second degré ; on a choisi $a = -2$, $b = 3$ et $c = -5$.
- La fonction $x \mapsto 3x^2 + 4$ est une fonction polynôme du second degré ; on a choisi $a = 3$, $b = 0$ et $c = 4$.

2 Représentation graphique

Une courbe représentant une fonction polynôme du second degré s'appelle une parabole. Une parabole a pour équation $y = ax^2 + x + c$. L'allure d'une parabole dépend du signe de a .

- Si $a > 0$, la parabole a la forme d'un vase ; ce vase est plus ou moins étroit selon que a prend des valeurs plus ou moins grandes.
- Si $a < 0$, la parabole a la forme d'une cloche ; cette cloche est plus ou moins étroite selon que a prend des valeurs plus ou moins éloignées de 0.

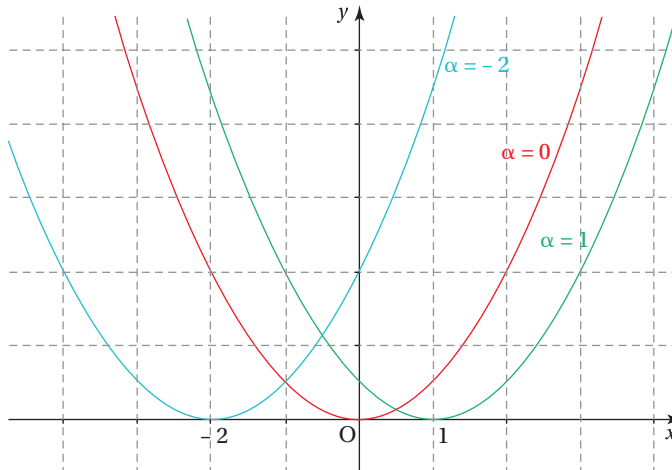


3 Position horizontale des paraboles

On part de la parabole représentant la fonction $x \mapsto ax^2$. Pour la déplacer horizontalement, il suffit de considérer des courbes de la forme $x \mapsto a(x - \alpha)^2$ où α est un nombre donné.

- Pour déplacer la parabole **vers la droite**, il suffit de choisir $\alpha > 0$.
- Pour déplacer la parabole **vers la gauche**, il suffit de choisir $\alpha < 0$.

Sur les figures ci-dessous, on a choisi $\alpha = 1$ puis $\alpha = -2$, que l'on retrouve comme indiqué sur l'axe des abscisses.

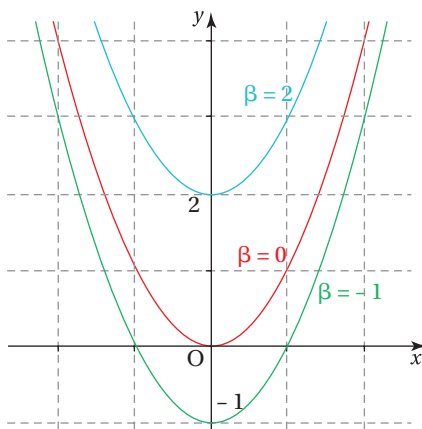


4 Position verticale des paraboles

Partons de la parabole représentant la fonction $x \mapsto ax^2$. Pour la déplacer verticalement, il suffit de considérer des courbes de la forme $x \mapsto ax^2 + \beta$ où β est un nombre donné.

- Pour déplacer la parabole **vers le haut**, il suffit de choisir $\beta > 0$.
- Pour déplacer la parabole **vers le bas**, il suffit de choisir $\beta < 0$.

Sur les figures ci-dessous, on a choisi $\beta = -1$ puis $\beta = 2$, que l'on retrouve comme indiqué sur l'axe des ordonnées.



Doit-on savoir comment, à partir de $ax^2 + bx + c$, trouver une forme du type $a(x - \alpha)^2 + \beta$?

Oui et non... Oui, si toutes les étapes conduisant à la forme recherchée sont explicitées. Non en général, sous réserve évidemment des instructions de votre professeur.

En somme, si on veut vous faire étudier les variations d'une fonction polynôme du second degré, on doit le faire progressivement.

5 Tableau de variation

L'allure du tableau de variation dépend du signe de a .



Pour calculer les valeurs des extremums des fonctions il suffit de remplacer x par $-\frac{b}{2a}$ dans l'expression $ax^2 + bx + c$.

■ $a > 0$ (forme de vase)

x	$-\infty$	$-\frac{b}{2a}$	$+\infty$
$ax^2 + bx + c$			

■ $a < 0$ (forme de cloche)

x	$-\infty$	$-\frac{b}{2a}$	$+\infty$
$ax^2 + bx + c$			

6 Axe de symétrie

Les paraboles admettent un axe de symétrie. L'équation de cet axe de symétrie est $x = -\frac{b}{2a}$.

Cette dernière équation n'est pas à retenir par cœur. Il faut simplement retenir l'existence d'un axe de symétrie.

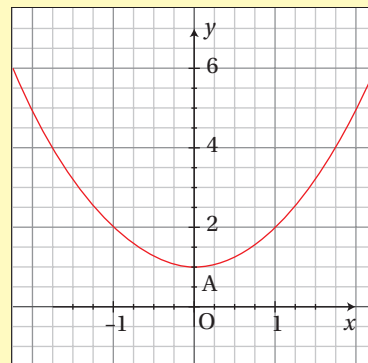
SAVOIR-FAIRE

L'intersection avec les axes

Une parabole représentant un polynôme du second degré $f(x)$ coupe toujours l'axe des ordonnées en un point A. L'abscisse de A est égale à 0 ; son ordonnée est égale à $f(0)$, et on peut toujours la calculer.

Une parabole représentant un polynôme du second degré $f(x)$ ne coupe pas nécessairement l'axe des abscisses. En effet, les points d'intersection éventuels ont une abscisse x qui vérifie $f(x) = 0$ et cette équation n'a pas toujours de solution.

Par exemple la parabole d'équation $y = x^2 + 1$ ne coupe pas l'axe des abscisses car il n'existe aucun réel x vérifiant $f(x) = 0$ comme le montre la représentation graphique ci-contre.



Exercice résolu : Choisir la bonne forme

ÉNONCÉ

1. Vérifier que pour tout x de \mathbb{R} : $2x^2 - 4x - 5 = 2(x - 1)^2 - 7$.

On pose $f(x) = 2x^2 - 4x - 5$ et on note \mathcal{C}_f la parabole représentant f .

2. Quelle forme est-il souhaitable de choisir pour :

a. trouver les coordonnées du point d'intersection de \mathcal{C}_f avec l'axe des ordonnées ?

b. trouver le minimum de f et en quel nombre il est atteint ?

MÉTHODE

1. Il suffit de développer le membre de droite. On doit trouver le membre de gauche après réduction.

2. a. Les coordonnées du point sont $(0 ; f(0))$.

b. On cherche le nombre m tel que, pour tout x , $f(x) \geq m$ et le nombre x tel que $f(x) = m$.

SOLUTION

1. On trouve :

$$\begin{aligned} 2(x-1)^2 - 7 &= 2(x^2 - 2x + 1) - 7 \\ &= 2x^2 - 4x + 2 - 7 \\ &= 2x^2 - 4x - 5. \end{aligned}$$

C'est ce qu'il fallait démontrer.

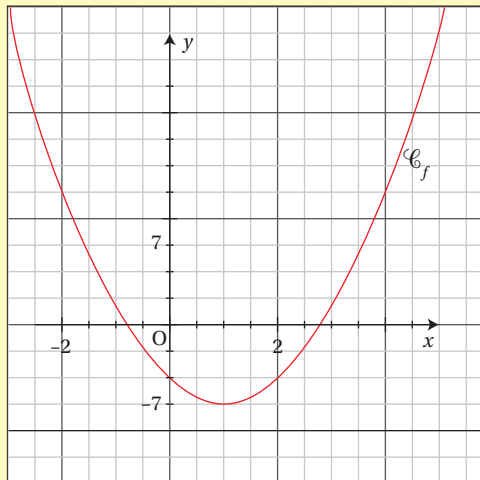
2. a. On choisit la forme $2x^2 - 4x - 5$. Le calcul de $f(0)$ fournit immédiatement -5 .

Les coordonnées cherchées sont donc $(0 ; -5)$.

b. On choisit la forme $2(x-1)^2 - 7$. En effet on sait qu'un carré est toujours positif. Par conséquent $f(x) \geq 0 - 7 \Rightarrow f(x) \geq -7$. De plus $f(x) = -7$ si et seulement si $2(x-1)^2 = 0$, ce qui équivaut à $(x-1)^2 = 0$ donc $x = 1$.

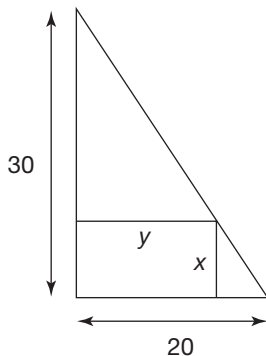
On déduit de tout cela que la fonction f admet comme minimum le nombre -7 et que ce minimum est atteint en 1 .

Voici ci-contre l'allure de \mathcal{C}_f .



EXERCICE DE SYNTHÈSE

Considérons le rectangle représenté sur la figure ci-dessous. Il est à l'intérieur d'un triangle rectangle dont les deux côtés de l'angle droit valent respectivement, en centimètres, 20 et 30 ; l'une de ces dimensions est x . L'objet du problème est de trouver la valeur de x pour laquelle l'aire du rectangle est maximale.



1. Donner l'autre dimension, y , du rectangle en fonction de x .
2. Exprimer l'aire du rectangle en fonction de x . Vous devez trouver $-\frac{2}{3}x^2 + 20x$.
3. Trouver deux réels b et c tels que pour tout x ,

$$-\frac{2}{3}x^2 + 20x = -\frac{2}{3}(x + b)^2 + c.$$
4. Dédire, de l'étude précédente, la solution du problème.

CORRIGÉ

1. Le théorème de Thalès appliqué dans le grand triangle rectangle donne $\frac{y}{20} = \frac{30-x}{30}$.
 Donc $y = 20 - \frac{2}{3}x$.

2. En effectuant le produit xy nous trouvons effectivement $-\frac{2}{3}x^2 + 20x$.

En observant $x^2 - 30x$, on s'aperçoit qu'il peut aussi s'écrire $x^2 - 2 \times 15 \times x$ et on reconnaît le début d'une identité remarquable du type $a^2 - 2ab + b^2$. Ici $a = x$ et $b = 15$. Il semble alors naturel de compléter en $x^2 - 2 \times 15 \times x + 15^2$. Pour obtenir une expression égale à $x^2 - 30x$ il convient alors de corriger et on a finalement $x^2 - 30x = x^2 - 30x + 15^2 - 15^2$ c'est-à-dire $x^2 - 30x + 225 - 225$. Cette technique se généralise à toute expression de la forme $x^2 + bx$.

3. Calculons :

$$\begin{aligned} -\frac{2}{3}x^2 + 20x &= -\frac{2}{3}(x^2 - 30x) \\ &= -\frac{2}{3}(x^2 - 30x + 225 - 225) \\ &= -\frac{2}{3}[(x - 15)^2 - 225] \text{ car } 15^2 = 225. \end{aligned}$$

$$\text{Donc } -\frac{2}{3}(x^2 - 20x) = -\frac{2}{3}(x - 15)^2 + 150.$$

Ainsi $b = -15$ et $c = 150$.

4. Puisque $-\frac{2}{3}(x - 15)^2 \leq 0$, on voit que

$-\frac{2}{3}x^2 + 20x \leq 150$ et, si $x = 15$, alors $-\frac{2}{3}x^2 + 20x = 150$. L'aire maximale cherchée vaut donc 150 cm^2 et on doit choisir $x = 15$ pour qu'il en soit ainsi.



DES MOTS comme « sondage », « échantillon », « prévision », « moteur de recherche » sont désormais entrés dans le langage courant. En termes mathématiques, ils font appel au traitement, au classement et à l'analyse de données, autrement dit aux statistiques.

1 Vocabulaire

A Vocabulaire de base

■ En statistiques, il existe un vocabulaire particulier. Un ensemble s'appelle une **population** et les éléments de l'ensemble sont des **individus**. L'étude de la population peut s'effectuer sous plusieurs angles.

EXEMPLES :

- Une trousse de lycéen pourra ainsi être une population dont les individus seront les objets contenus dans la trousse. Parmi les objets de la trousse, on peut étudier, par exemple, les individus servant à écrire ; pour cela, on définit le **caractère** « écriture » ; les **modalités** de ce caractère sont par exemple : stylo-bille, stylo-plume, crayon noir, feutre ; en étudiant la trousse sous cet aspect, on constate que l'on compte chaque modalité un certain nombre de fois ; ce nombre s'appelle l'**effectif** de la modalité. Dire que la modalité « feutre » a pour effectif 5 signifie qu'il y a cinq feutres dans la trousse.

- Si nous étudions maintenant une population de marguerites, nous pouvons nous intéresser au nombre de pétales par fleur ; pour cela, nous définirons le caractère « nombre de pétales » et les **valeurs** de ce caractère sont les nombres 0, 1, 2, 3, ...

Dire que la valeur 15 a pour effectif 10 signifie qu'il y a 10 marguerites qui ont 15 pétales.

■ On peut répartir les valeurs d'un caractère quantitatif en classes ; une **classe** est constituée des valeurs qui sont comprises entre deux valeurs choisies ; c'est donc un intervalle qui peut être soit fermé, soit ouvert, soit semi-ouvert.

Chacune des valeurs du caractère doit être dans une classe et une seule.

B Vocabulaire complémentaire

■ Un caractère est appelé **qualitatif** si on lui attribue des modalités ; lorsqu'on lui attribue des valeurs (c'est-à-dire des nombres), on dit qu'il est **quantitatif**.

C'est ainsi que le caractère « écriture » du paragraphe précédent est qualitatif tandis que le caractère « nombre de pétales » est quantitatif.

■ L'**étendue** d'une série statistique relative à un caractère quantitatif est la différence entre sa plus grande et sa plus petite valeur.

2 Fréquences

La somme de toutes les fréquences est égale à 1 (ou 100 %).

■ Considérons une population dont l'effectif total est N ; on appelle fréquence d'une valeur dont l'effectif est p le nombre $\frac{p}{N}$. Ce nombre est donc inférieur ou égal à 1 et il est souvent exprimé en pourcentage.

■ **EXEMPLE :** Voici les résultats d'une étude statistique portant sur une population de bouquetins des Alpes. Le caractère est l'âge.

Nombre d'années (âge)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Effectif	11	7	10	8	5	7	4	1	1

L'effectif total de cette population est 54. En prenant des valeurs approchées ($11 : 54 \approx 0,2$, $7 : 54 \approx 1,3$, etc.), on dresse le tableau des fréquences.

Nombre d'années (âge)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Fréquence (valeur approchée)	0,2	0,13	0,18	0,15	0,09	0,13	0,07	0,02	0,02
Fréquence en pourcentage	20 %	13 %	18 %	15 %	9 %	13 %	7 %	2 %	2 %

3 Cumuls

A Effectifs et fréquences cumulées

■ **Définition :** Pour un caractère quantitatif, l'**effectif cumulé croissant** d'une valeur v est le nombre d'individus concernés par les valeurs inférieures ou égales à v .

■ **EXEMPLE :** Voici les notes obtenues à un test de mathématiques dans une classe de seconde de 25 élèves :

Note	5	8	10	11	12	14	15	16	18	20
Effectif	1	3	5	2	7	2	1	1	2	1
Effectif cumulé croissant	1	4	9	11	18	20	21	22	24	25

On voit ainsi qu'il y a 18 élèves qui ont eu une note inférieure ou égale à 12.

■ **Définition :** Pour un caractère quantitatif, l'**effectif cumulé décroissant** d'une valeur v est le nombre d'individus concernés par les valeurs supérieures ou égales à v .

■ **EXEMPLE :** Dans l'exemple précédent, 16 élèves ont une note supérieure ou égale à 11.

Note	5	8	10	11	12	14	15	16	18	20
Effectif	1	3	5	2	7	2	1	1	2	1
Effectif cumulé décroissant	25	24	21	16	14	7	5	4	3	1

■ On définirait d'une façon tout à fait analogue les fréquences cumulées croissantes et décroissantes.

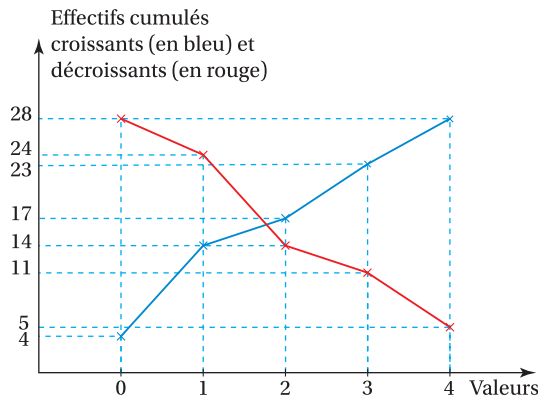
B Courbes cumulatives

En étudiant la répartition des notes de 0 à 4 d'un devoir de mathématiques, voici la répartition obtenue :

Note	0	1	2	3	4
Effectif	4	10	3	6	5
Effectif cumulé croissant	4	14	17	23	28
Effectif cumulé décroissant	28	24	14	11	5

Les graphiques ci-après représentent respectivement les courbes des effectifs cumulés croissants et décroissants associés au caractère étudié.

Si à la place des effectifs, on considère les fréquences, on obtient des courbes de fréquences cumulées.



4 Moyenne pondérée

Voici la répartition des mesures en centimètres des tailles des vingt-cinq élèves d'une classe.

Mesure	159	160	164	165	166	168	169	170	173	175	177	179
Effectif	1	1	3	2	4	5	1	2	1	3	1	1
Fréquence	4 %	4 %	12 %	8 %	16 %	20 %	4 %	8 %	4 %	12 %	4 %	4 %

Pour calculer la taille moyenne, on effectue les calculs suivants :

$$\frac{1 \times 159 + 1 \times 160 + 3 \times 164 + 2 \times 165 + 4 \times 166 + 5 \times 168 + 1 \times 169 + 2 \times 170 + 1 \times 173 + 3 \times 175 + 1 \times 177 + 1 \times 179}{25}$$

On trouve $\frac{4208}{25}$, soit 168,32.

On peut également effectuer le calcul :

$$0,04 \times 159 + 0,04 \times 160 + \dots + 0,12 \times 175 + 0,04 \times 177 + 0,04 \times 179.$$

On trouve aussi 168,32.

5

Médiane et quartiles

A Médiane

Définition : Considérons un caractère quantitatif de taille N . Formons la suite dont les termes sont les valeurs du caractère, répétées selon leurs effectifs et rangées dans l'ordre croissant.

- Si N est impair, la médiane M des valeurs est le terme de rang $\frac{N+1}{2}$.
- Si N est pair, la médiane M des valeurs est le nombre égal à la demi-somme des valeurs de rangs $\frac{N}{2}$ et $\frac{N}{2} + 1$.

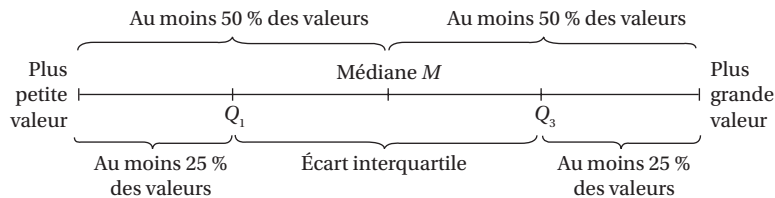
Ainsi, au moins la moitié des valeurs est inférieure ou égale à M et au moins la moitié est supérieure ou égale à M .

B Quartiles

Définition : Considérons un caractère quantitatif de taille N . Formons la suite dont les termes sont les valeurs du caractère, répétées selon leurs effectifs et rangées dans l'ordre croissant.

- Le **premier quartile** est la plus petite valeur que l'on note Q_1 telle qu'au moins un quart des valeurs soient inférieures ou égales à Q_1 .
- Le **troisième quartile** est la plus petite valeur que l'on note Q_3 telle qu'au moins trois quarts des valeurs soient inférieures ou égales à Q_3 .
- La différence $Q_3 - Q_1$ s'appelle l'**écart interquartile** de la série.
- La médiane correspond au deuxième quartile.

C Résumé



Exercice résolu : Calculer la médiane et les quartiles

ÉNONCÉ

On reprend la série de notes du cours.

Note	5	8	10	11	12	14	15	16	18	20
Effectif	1	3	5	2	7	2	1	1	2	1

Calculer la médiane, les deux quartiles et l'écart interquartile.

MÉTHODE

Calculer les effectifs cumulés croissants et appliquer les définitions.

SOLUTION

Note	5	8	10	11	12	14	15	16	18	20
Effectif	1	3	5	2	7	2	1	1	2	1
Effectif cumulé croissant	1	4	9	11	18	20	21	22	24	25

On constate que l'effectif total est 25. La médiane est donc la valeur de rang $\frac{25+1}{2}$, donc

la treizième valeur. La onzième est 11, la douzième est 12 et la treizième, 12 encore. La médiane est donc égale à 12.

Pour calculer Q_1 , il nous faut connaître le quart de 25 : c'est 6,25. Il faut donc trouver sept notes (car il nous en faut au moins 25 %) qui soient inférieures à Q_1 . On voit que la septième note est un 10, donc $Q_1 = 10$.

Pour calculer Q_3 , il nous faut connaître les trois quarts de 25 : c'est 18,75. Il faut donc trouver dix-neuf notes (car il nous en faut au moins 75 %) qui soient inférieures à Q_3 . On voit que la dix-neuvième note est un 14, donc $Q_3 = 14$.

L'écart interquartile est égal à $14 - 10$, donc 4.

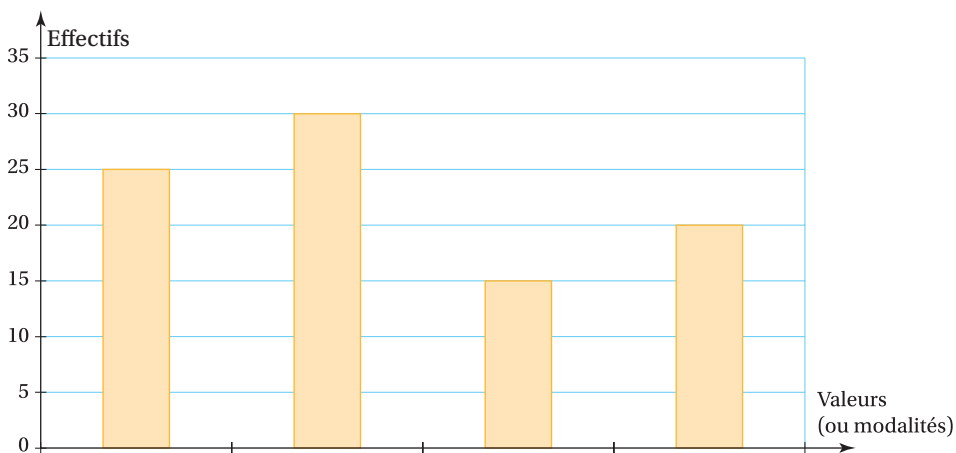
6 Représentations graphiques

A Diagrammes circulaires et semi-circulaires

- Un **diagramme circulaire** est un disque partagé en secteurs circulaires. Les mesures des angles des secteurs sont proportionnelles aux quantités qu'ils représentent.
- Un **diagramme semi-circulaire** est un demi-disque partagé en secteurs circulaires. Les mesures des angles des secteurs sont proportionnelles aux quantités qu'ils représentent.

B Diagramme à barres (ou en bâtons)

Un **diagramme à barres** est une représentation de données statistiques à l'aide de rectangles de largeur constante ; les valeurs (ou modalités) du caractère étudié sont représentées sur une droite horizontale, et les hauteurs des rectangles sont proportionnelles aux effectifs (ou aux fréquences).



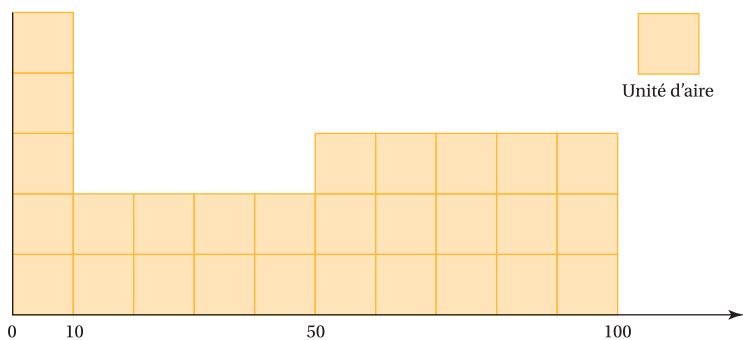
C Histogramme

Un **histogramme** est une représentation par des rectangles contigus de données statistiques regroupées en classes.

Les aires des rectangles sont proportionnelles aux effectifs des classes.

Voici la répartition de l'argent de poche mensuel (en €) des élèves d'une classe et l'histogramme correspondant :

Classe	$0 \leq S < 10$	$10 \leq S < 50$	$50 \leq S < 100$
Effectif	5	8	15



On remarque que les hauteurs ne sont pas proportionnelles aux effectifs.

Exercice résolu : Construire un histogramme

ÉNONCÉ

On donne la série statistique suivante :

Classe	$[0 ; 5[$	$[5 ; 7[$	$[7 ; 10[$
Effectif	45	30	21

Construire l'histogramme correspondant.

MÉTHODE

Calculer de nouveaux effectifs (que l'on nomme parfois effectifs normalisés) en divisant l'effectif par la longueur de la classe. Justifier que les hauteurs des rectangles sont les effectifs normalisés.

SOLUTION

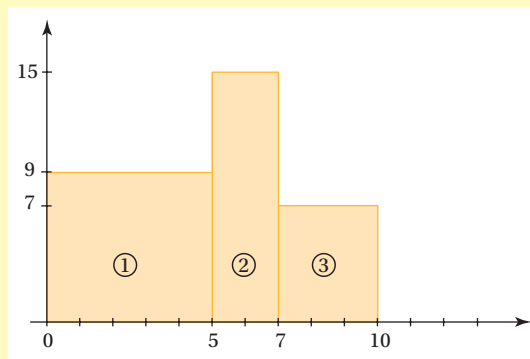
Classe	$[0 ; 5[$	$[5 ; 7[$	$[7 ; 10[$
Effectif	45	30	21
Longueur de la classe	5	2	3
Effectif normalisé	$\frac{45}{5} = 9$	$\frac{30}{2} = 15$	$\frac{21}{3} = 7$

On obtient : aire du rectangle ① : $5 \times 9 = 45$;

aire du rectangle ② : $2 \times 15 = 30$;

aire du rectangle ③ : $3 \times 7 = 21$.

Si on prend comme hauteur les effectifs normalisés, les aires des rectangles sont bien proportionnelles aux effectifs.



EXERCICE DE SYNTHÈSE

On a fait une enquête sur le nombre d'enfants de 1 200 familles ayant au moins un enfant scolarisé au lycée Maphore. Les résultats sont les suivants :

Nombre d'enfants par famille	1	2	3	4	5	6	7
Fréquence en %	17	45	20	8	3	6	1
Effectif							

1. Compléter la dernière ligne du tableau.
2. Représenter les effectifs par un diagramme circulaire (« camembert »).
3. Regrouper les données en trois classes : $[1 ; 2[$, $[2 ; 3[$, $[3 ; 7[$ et tracer l'histogramme des fréquences correspondant.
4. Représenter les courbes des effectifs cumulés croissants et décroissants.
5. Combien y a-t-il, « en moyenne », d'enfants par famille ?
6. Quelle est la médiane de la série statistique considérée ?

CORRIGÉ

1. La dernière ligne du tableau s'obtient en prenant les pourcentages indiqués des 1 200 familles.

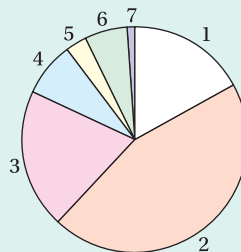
Nombre d'enfants par famille	1	2	3	4	5	6	7
Fréquence en %	17	45	20	8	3	6	1
Effectif	204	540	240	96	36	72	12

La somme des fréquences vaut 100 (100 %) et la somme des effectifs 1 200.

2. Les secteurs angulaires de la figure ci-dessous s'obtiennent en multipliant les pourcentages indiqués par 360 degrés. Nous trouvons ainsi, successivement, en degrés :

61,2	162	72	28,8	10,8	21,6	3,6
------	-----	----	------	------	------	-----

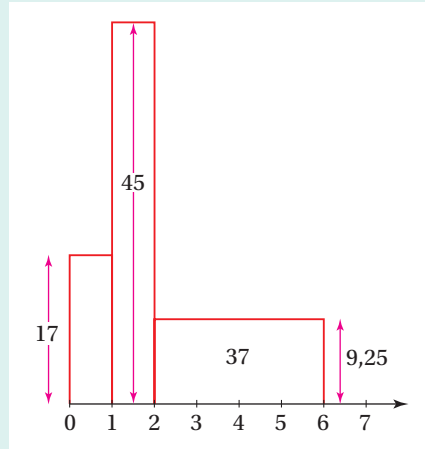
La somme des angles vaut 360° .



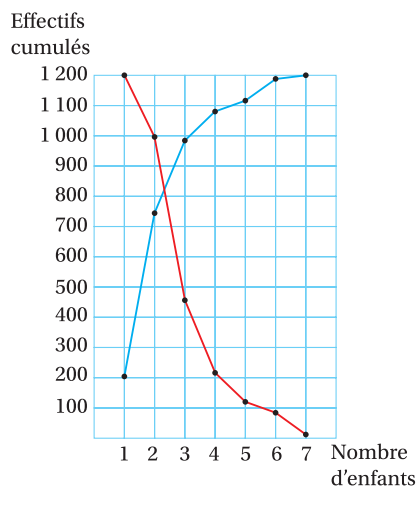
- 3.

Classe	$[1 ; 2[$	$[2 ; 3[$	$[3 ; 7[$
Amplitude	1	1	4
Fréquence	17	45	37
Fréquence normalisée	$\frac{17}{1} = 17$	$\frac{45}{1} = 45$	$\frac{37}{4} = 9,25$

On obtient l'histogramme ci-contre :



4. La courbe des effectifs cumulés croissants s'obtient en ajoutant, pas à pas, les effectifs (en les cumulant). On obtient le tableau et la courbe qui suivent. On procède de même pour la courbe des effectifs cumulés décroissants.



Nombre d'enfants par famille	1	2	3	4	5	6	7
Effectif cumulé croissant	204	744	984	1 080	1 116	1 188	1 200
Effectif cumulé décroissant	1 200	996	456	216	120	84	12

5. Il est question de trouver la moyenne de la série statistique des effectifs.

Elle vaut :
$$\frac{1 \times 204 + 2 \times 540 + 3 \times 240 + 4 \times 96 + 5 \times 36 + 6 \times 72 + 7 \times 12}{1\,200}$$

c'est-à-dire 2,57.

Nous pouvons donc dire que le nombre moyen d'enfants par famille est égal à 2,57.

6. La médiane est égale à 2 puisqu'au moins 50 % des familles ont 2 enfants ou moins et au moins 50 % des familles ont 2 enfants ou plus.

RÉSoudre des problèmes liés à des situations dont le déroulement est aléatoire, c'est-à-dire dont on ne peut pas prédire avec certitude l'issue, tel est l'un des objectifs du calcul des probabilités.

1 Introduction

A Le cas des objets « normaux »

■ Lorsqu'on lance un dé parfaitement équilibré, on a une chance sur six d'obtenir un numéro donné, par exemple le 3, cinq chances sur six d'obtenir un numéro autre que le 4, une chance sur deux d'obtenir un numéro pair, etc. On traduit ces propositions par :

- la probabilité d'obtenir une face donnée est égale à $\frac{1}{6}$;
- la probabilité d'obtenir un numéro autre que le 4 est égale à $\frac{5}{6}$;
- la probabilité d'obtenir un numéro pair est égale à $\frac{1}{2}$ ou à 0,5.

■ De même, lorsqu'on jette une pièce de monnaie parfaitement équilibrée, la probabilité de sortie de « Face » et de « Pile » sont toutes les deux égales à 0,5.

■ En même temps, la probabilité qu'un œuf frais jeté du haut de la tour de Pise atterrisse intact au sol est égale à 0 et la probabilité qu'il fasse jour demain matin est égale à 1. L'œuf n'a aucune chance (donc 0) d'atterrir intact et il fera jour demain matin à coup sûr (il y a 100 % de chances).

B Le cas des objets truqués

■ Si le dé est pipé, on ne peut plus énoncer les affirmations précédentes. Il en va de même pour une pièce truquée. Cependant, si on sait que la probabilité d'obtenir « Pile » est égale à 0,55 alors la probabilité d'obtenir « Face » est égale à 0,45. En effet si, sur 100 lancers, on obtient 55 « Pile », alors on obtient 45 « Face ».

■ De façon analogue, si la probabilité d'obtenir un numéro autre que 4 est égale à 0,82 alors la probabilité d'obtenir 4 est égale à 0,18 car $1 - 0,82 = 0,18$.

C Mise en garde

En mathématiques, lorsqu'on cherche à résoudre un problème de probabilité, les objets sont des objets idéaux. Dans la réalité, il n'existe pas de dé parfait ni de pièce de monnaie parfaite, ni même de pièce truquée de telle sorte que l'on connaisse la probabilité d'obtenir « Pile » ou « Face ».

2 Probabilité

A Définition

■ Lorsqu'on jette un dé truqué, chacune des faces a une certaine probabilité de sortie qui est un nombre compris entre 0 et 1. En attribuant un nombre compris entre 0 et 1 à chaque face, on définit une probabilité, pourvu que la somme de tous les nombres soit égale à 1.

EXEMPLE : Le tableau suivant définit une probabilité liée au lancer d'un dé.

Face	1	2	3	4	5	6
Probabilité	0,17	0,18	0,16	0,2	0,14	0,15

La somme des probabilités de toutes les faces est bien égal à 1, car :
 $0,17 + 0,18 + 0,16 + 0,2 + 0,14 + 0,15 = 1$.

Définition : On considère une expérience dont les résultats sont imprévisibles. On définit une **probabilité relative** à cette expérience en attribuant à chaque résultat un nombre compris entre 0 et 1 et de telle sorte que la somme de tous ces nombres soit égale à 1.

Remarques

- Une expérience dont les résultats sont imprévisibles s'appelle une expérience aléatoire.
- Les résultats de l'expérience s'appellent aussi des issues de l'expérience.

B Le cas d'équiprobabilité

Lorsque tous les résultats d'une expérience ont la même probabilité d'exister, on dit qu'ils sont **équiprobables**.

- S'il y a 2 résultats équiprobables, chacun a la probabilité $\frac{1}{2}$ d'exister.
- S'il y a 3 résultats équiprobables, chacun a la probabilité $\frac{1}{3}$ d'exister.
- S'il y a 4 résultats équiprobables, chacun a la probabilité $\frac{1}{4}$ d'exister.
- S'il y a n résultats équiprobables, chacun a la probabilité $\frac{1}{n}$ d'exister.

3 Événements

A Univers, événements élémentaires

■ Lorsqu'on jette un dé, on peut énoncer tout résultat relatif au jet à l'aide des faces de ce dé. Les six faces définissent des événements élémentaires. Tout autre résultat s'exprime donc à l'aide des nombres entiers de 1 à 6. Ces nombres forment ce qu'on appelle l'univers des possibles. L'univers des possibles lié au jet d'un dé est donc l'ensemble $\{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$.

■ **Définition** : Un événement lié à une expérience aléatoire est une partie de l'univers des possibles lié à cette expérience. Une partie à un seul élément de l'univers des possibles s'appelle un **événement élémentaire**. L'univers des possibles se note en général Ω .

■ **Remarques** : On peut souvent énoncer un événement à l'aide d'une phrase.

■ **EXEMPLES**

- On jette une pièce de monnaie. L'univers des possibles est l'ensemble $\{0, 1\}$ et les événements élémentaires sont $\{0\}$ et $\{1\}$. (Code : 0 est Pile et 1 est Face).
- Lors du jet d'un dé, l'événement $\{2, 4, 6\}$ peut se traduire par « le dé amène un résultat pair ».

B Probabilité d'un événement

■ Lorsqu'on jette un dé parfait, la probabilité d'obtenir une face paire est égale à $\frac{1}{2}$ que l'on peut écrire aussi $\frac{1}{6} + \frac{1}{6} + \frac{1}{6} = \frac{3}{6}$. Dans le cas du dé pipé du paragraphe 2A, on trouve que la probabilité d'obtenir une face paire est égale à $0,18 + 0,2 + 0,15$ soit $0,53$.

👉 On peut exprimer une probabilité sous la forme d'une fraction, d'un nombre décimal ou d'un pourcentage. Ainsi :

$$p(A) = \frac{1}{2} = 0,5 = 50\%.$$

■ **Théorème** : La probabilité d'un événement est égale à la somme des probabilités des événements élémentaires qui le composent.

Par exemple si on appelle A l'événement « la face est paire » on écrira $p(A) = \frac{1}{2}$.

■ **Cas particulier important** : si tous les événements élémentaires sont équiprobables, la probabilité d'un événement A est égale au rapport :

$$\frac{\text{nombre d'événements élémentaires dans } A}{\text{nombre total d'événements élémentaires dans } \Omega}$$

4 Calculs probabilistes

A Opérations sur les événements

■ En probabilité, on est amené à combiner les événements. On utilise pour cela un vocabulaire et des notations particulières. On se place dans un univers des possibles Ω .

■ **Définitions** : Soit A et B deux événements.

- L'**intersection de A et de B** est l'événement formé de tous les éléments communs à A et à B . On la note $A \cap B$ (lire : « A inter B »).
- La **réunion de A et de B** est l'événement formé de tous les éléments appartenant à A ou à B ou aux deux. On la note $A \cup B$ (lire : « A union B »).

👉 Ω est l'événement certain.

- Le **contraire de A** est l'événement formé des éléments qui appartiennent à Ω mais pas à A . On le note \bar{A} (lire : « A barre »).
- Dire que deux événements sont **incompatibles** signifie que $A \cap B = \emptyset$ (\emptyset désigne l'ensemble ne contenant aucun élément : c'est l'ensemble vide).
- L'**événement impossible** se note \emptyset (l'ensemble vide).

■ **EXEMPLES** : On prend $\Omega = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$, $A = \{1, 4, 6\}$ et $B =$ le résultat est impair. Alors : $A \cap B = \{1\}$, $A \cup B = \{1, 3, 4, 5, 6\}$, $\bar{A} = \{2, 3, 5\}$, $\bar{B} = \{2, 4, 6\} =$ le résultat est pair.

B Formules de calcul

■ **Théorème 1 :** Pour tout événement A et tout événement B d'un univers Ω :

$$p(A \cup B) + p(A \cap B) = p(A) + p(B).$$

Cas particulier important : si les événements A et B sont incompatibles (et dans ce seul cas) alors $p(A \cup B) = p(A) + p(B)$.

■ **Théorème 2 :** Pour tout événement A :

$$p(A) + p(\bar{A}) = 1.$$

Remarques

- On a $p(\Omega) = 1$. C'est pourquoi l'événement Ω s'appelle l'événement certain : il y a 100 % de chance qu'il se produise.
- On a $p(\emptyset) = 0$. C'est pourquoi l'événement \emptyset s'appelle l'événement impossible : il y a 0 % de chance qu'il se produise.



On a donc en particulier

$$p(A \cup B) = p(A) + p(B) - p(A \cap B)$$

$$p(A \cap B) = p(A) + p(B) - p(A \cup B)$$

$$p(\bar{A}) = 1 - p(A).$$

Exercice résolu : Appliquer une formule

ÉNONCÉ

Dans une classe de 30 élèves, 22 font du sport. Parmi ceux-ci, 15 pratiquent le handball et 18 la natation.

On interroge un élève au hasard.

1. Quelle est la probabilité qu'il pratique au moins l'un des deux sports ?
2. Quelle est la probabilité qu'il pratique les deux sports ?



L'expression « au moins un » signifie « un ou plus » et aussi « un au minimum ».

L'expression « au plus un » signifie « zéro ou un » et aussi « un au maximum ».

En probabilités, lorsqu'on veut éviter toute ambiguïté, on précise « exactement un » lorsqu'on veut évoquer l'unité.

MÉTHODE

Bien que l'on ait $15 + 18 = 33$, le problème a un sens puisqu'un élève peut très bien pratiquer deux sports ! On pourra appeler H l'événement « l'élève interrogé pratique le handball » et N l'événement « l'élève interrogé pratique la natation ».

1. On pourra formuler le contraire de l'événement demandé.
2. Traduire les événements dont on cherche la probabilité à l'aide des opérateurs \cup et \cap .

SOLUTION

1. L'événement contraire de l'événement « l'élève interrogé pratique au moins un sport » est « l'élève interrogé ne pratique aucun sport ». Il y a 8 élèves qui ne pratiquent aucun sport. Donc la probabilité que l'élève interrogé ne pratique aucun sport est égale à $\frac{8}{30}$, soit $\frac{4}{15}$; et celle que l'élève pratique au moins l'un des deux sports est alors égale à $1 - \frac{4}{15}$, soit $\frac{11}{15}$.

2. L'événement $H \cap N$ signifie que l'élève fait à la fois du handball et de la natation. L'événement $H \cup N$ signifie que l'élève interrogé pratique au moins l'un des deux sports.

Donc : $p(H \cup N) + p(H \cap N) = p(H) + p(N)$ implique $\frac{22}{30} + p(H \cap N) = \frac{15}{30} + \frac{18}{30}$.

On trouve : $p(H \cap N) = \frac{33}{30} - \frac{22}{30} = \frac{11}{30}$.

La probabilité que l'élève interrogé pratique deux sports est égale à $\frac{11}{30}$.

A Position du problème

Supposons qu'un fabricant de billets de tombola fabrique un lot de 50 000 billets pour une région française et qu'il déclare y avoir inclus 30 % de billets gagnants. Supposons que le lycée Ducoin en ait acheté 1 600.

Après le tirage, les organisateurs du lycée s'aperçoivent qu'il y a eu 450 gagnants alors qu'ils s'attendaient à en avoir 480 ($0,3 \times 1\,600 = 480$). Est-ce normal ?

Pour le savoir, il est possible, à partir de la proportion dans la population totale des billets gagnants d'avoir une idée de la proportion des billets gagnants qu'il devrait y avoir dans l'échantillon de 1 600 billets, avec toutefois une certaine marge d'erreur.

Pour résoudre le problème ci-dessus, on dispose des résultats suivants.

B Intervalle de fluctuation

■ On considère un lot de billets de tombola qui, selon le fabricant, contient 30 % de billets gagnants répartis au hasard. Le lycée Ducoin a acheté n billets. Alors :

- Il y a 95 chances sur 100 pour que la proportion de billets gagnants dans le lot de n billets se situe dans l'intervalle $\left[0,30 - \frac{1}{\sqrt{n}}; 0,30 + \frac{1}{\sqrt{n}}\right]$.

- Si la proportion de billets gagnants du lycée est comprise entre $0,30 - \frac{1}{\sqrt{n}}$ et $0,30 + \frac{1}{\sqrt{n}}$, on peut affirmer que la répartition est conforme à celle annoncée par le fabricant mais on ne connaît pas la probabilité de se tromper en affirmant cela.

- Si la proportion de billets gagnants du lycée n'est pas comprise entre $0,30 - \frac{1}{\sqrt{n}}$ et $0,30 + \frac{1}{\sqrt{n}}$ on peut affirmer que la répartition n'est pas conforme à celle annoncée par le fabricant, et, en affirmant cela, on a 5 % de chances de se tromper.

L'intervalle $\left[0,30 - \frac{1}{\sqrt{n}}; 0,30 + \frac{1}{\sqrt{n}}\right]$ s'appelle l'**intervalle de fluctuation de niveau 0,95**.

■ **EXEMPLE :** Si le lycée a acheté 1 600 billets, alors l'intervalle de fluctuation est :

$\left[0,30 - \frac{1}{\sqrt{1600}}; 0,30 + \frac{1}{\sqrt{1600}}\right]$ c'est-à-dire $[0,275; 0,325]$. Si le lycée a constaté qu'il y avait

450 gagnants, la proportion observée de billets gagnants est $\frac{450}{1600}$ soit 0,28125.

On peut alors faire deux constatations :

- La proportion de billets gagnants appartient à l'intervalle de fluctuation.
- On peut affirmer que les billets gagnants dans les 1 600 billets sont répartis conformément à l'annonce du fabricant.

■ À la place de 0,30, on peut mettre n'importe quelle valeur comprise entre 0,2 et 0,8. L'intervalle de fluctuation sera alors $\left[p - \frac{1}{\sqrt{n}}; p + \frac{1}{\sqrt{n}}\right]$. Il y aura toujours 95 chances sur 100 pour que la proportion dans l'échantillon soit comprise dans cet intervalle.

EXERCICE DE SYNTHÈSE

Dans une urne il y a des jetons ronds (JR) des jetons carrés (JC) et des jetons ovales (JO). 54 % des jetons sont noirs (JN) et les autres sont blancs (JB).

Le tableau ci-dessous donne certaines des proportions des jetons des différents types. On voit qu'il y a 17 % de jetons à la fois ronds et noirs et 34 % de jetons carrés.

	JR	JC	JO	Total
JN	17 %		25 %	54 %
JB			10 %	
Total		34 %		100 %

1. Compléter le tableau.
2. On tire un jeton de l'urne.
 - a. Quelle est la probabilité qu'il ne soit pas rond ?
 - b. Quelle est la probabilité qu'il soit blanc et pas ovale ?
3. On tire un jeton, on note sa forme et sa couleur puis on le remet dans l'urne. On effectue un nouveau tirage (tirages avec remise).
 - a. Quelle est la probabilité de tirer deux jetons ronds ?
 - b. Quelle est la probabilité de tirer deux jetons de même forme ?
 - c. Quelle est la probabilité de tirer deux jetons de couleurs différentes ?

CORRIGÉ

1. L'ordre de remplissage du tableau est indiqué entre parenthèses. On a commencé par trouver 12% car $54\% - (17\% + 25\%) = 12\%$. Et ainsi de suite.

	JR	JC	JO	Total
JN	17 %	12 % (1)	25 %	54 %
JB	14 % (4)	22 % (2)	10 %	46 % (3)
Total	31 % (5)	34 %	35 % (6)	100 %

2. a. On cherche $p(JC \cup JO)$ car si un jeton n'est pas rond, il est carré ou ovale. On trouve $p(JC) + p(JO)$ car les deux événements JC et JO sont incompatibles, donc 69 %.
 - b. On cherche $p(JB \cap \overline{JO})$. Il suffit donc de regarder la proportion de jetons qui sont blancs et carrés ou blancs et ronds. On trouve $22\% + 14\%$ donc 36 %.
3. a. La probabilité cherchée est égale à $0,31 \times 0,31$ donc 0,096 1.
 - b. Comme à la question précédente, on trouve que la probabilité de tirer deux jetons carrés est égale à $0,34 \times 0,34 = 0,115 6$ et que la probabilité de tirer deux jetons ovales est égale à $0,35 \times 0,35 = 0,122 5$. La probabilité pour que les deux jetons soient de la même forme est donc égale à $0,096 1 + 0,115 6 + 0,122 5$ c'est-à-dire 0,334 2.
 - c. Nous allons chercher d'abord, par analogie avec la question précédente, la probabilité de tirer deux jetons de la même couleur. On trouve : $0,54 \times 0,54 + 0,46 \times 0,46 = 0,503 2$. La probabilité cherchée est donc égale à $1 - 0,503 2$ c'est-à-dire 0,496 8.



Lorsqu'on effectue

- des tirages avec remise,
- l'ensemble des possibles
- reste le même à chaque tirage. Lorsqu'on effectue
- des tirages sans remise,
- l'ensemble des possibles
- change à chaque tirage.



LES CONFIGURATIONS du plan sont des figures construites à partir de figures simples, qu'on peut nommer configurations élémentaires et dont on utilise les propriétés pour les raisonnements géométriques.

1 Quadrilatères particuliers

A Parallélogramme

- **Définition :** Un parallélogramme est un quadrilatère dont les côtés opposés sont deux à deux parallèles.
- Les **conditions** suivantes sont **suffisantes** pour reconnaître qu'un quadrilatère non croisé est un parallélogramme.

Reconnaître un parallélogramme	Avoir des côtés opposés deux à deux parallèles.	
	Avoir des diagonales qui ont le même milieu.	
	Avoir des côtés opposés deux à deux de la même longueur.	
	Avoir deux côtés opposés parallèles et de même longueur.	
	Avoir des angles opposés deux à deux de même mesure.	
	Avoir des angles consécutifs deux à deux supplémentaires.	

B Parallélogrammes particuliers

■ **Définitions** : Un **losange** est un quadrilatère dont les quatre côtés ont la même longueur. Un **rectangle** est un quadrilatère dont les quatre angles sont droits. Un **carré** est un quadrilatère dont les quatre côtés ont même longueur et dont les quatre angles sont droits.

■ Le losange, le rectangle et le carré sont des **parallélogrammes particuliers**. En plus de leurs propriétés spécifiques, ils héritent donc des propriétés du parallélogramme.

■ Les **conditions** suivantes sont **suffisantes** pour reconnaître qu'un quadrilatère non croisé est un losange, un rectangle ou un carré.

Reconnaître un losange	Être un parallélogramme et avoir deux côtés consécutifs de même longueur.	
	Être un parallélogramme et avoir ses diagonales perpendiculaires.	
Reconnaître un rectangle	Être un parallélogramme et avoir un angle droit.	
	Être un parallélogramme et avoir ses diagonales de même longueur.	
Reconnaître un carré	Être un rectangle et avoir des diagonales perpendiculaires.	
	Être un rectangle et avoir deux côtés consécutifs de la même longueur.	
	Être un losange et avoir un angle droit.	
	Être un losange et avoir des diagonales de même longueur.	

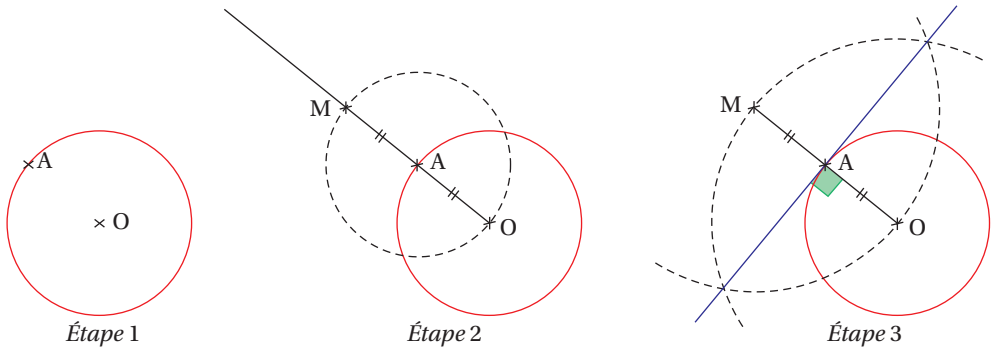
2

Construire la tangente à un cercle

Un cercle de centre O et de rayon R est composé de tous les points situés à la distance R du point O .

On considère un cercle \mathcal{C} de centre O et de rayon R et un de ses points, nommé A . On veut construire la **tangente à \mathcal{C} passant par A** , c'est-à-dire la droite qui est située à la distance R du centre du cercle. Autrement dit, cette droite « touche » le cercle en un seul point, qui est précisément le point A .

Les figures ci-dessous résument la construction en trois étapes à la règle et au compas.



On place le point A .

On construit la demi-droite $[OA)$ et on trace, sur elle, le segment $[OM]$ dont A est le milieu.

On construit la médiatrice du segment $[OM]$. C'est la tangente recherchée.

EXERCICE DE SYNTHÈSE

On considère un cercle de centre O et de rayon R , et deux points A et B sur ce cercle.

On note C le symétrique de O par rapport à (AB) et D le symétrique de A par rapport à O .

- Démontrer que le quadrilatère $AOBC$ est un losange.
- Démontrer que le quadrilatère $DBCO$ est un parallélogramme.

CORRIGÉ

On a représenté ci-contre deux configurations possibles.

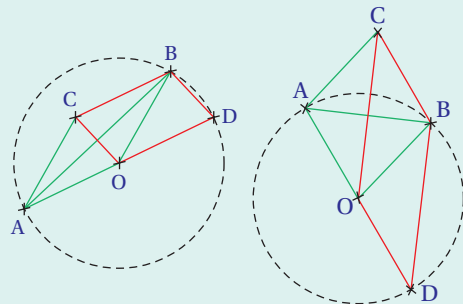
1. On a $OA = OB = R$.

Par symétrie : $CA = OA$ et $CB = OB$.

C'est pourquoi les quatre côtés du quadrilatère $AOBC$ ont la même longueur. $AOBC$ est donc un losange.

2. D'une part, $OD = OA = CB = R$ (par symétrie et car $AOBC$ est un losange).

D'autre part, (CB) est parallèle à (AO) en tant que droites supportant les côtés opposés d'un losange. C'est pourquoi (OD) est parallèle à (CB) . Il en résulte que le quadrilatère $DBCO$ a deux côtés opposés parallèles et de même longueur. C'est donc un parallélogramme.



11 Vecteurs



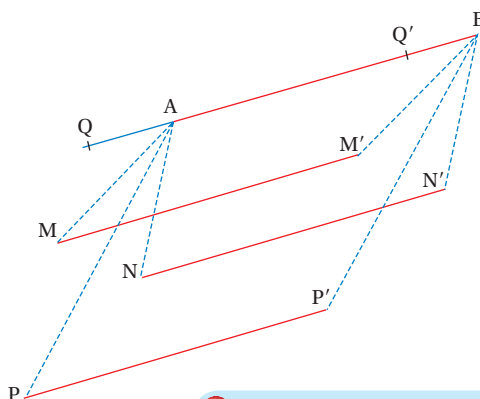
www.annabac.com

LE MOT « VECTEUR » entre dans les programmes de l'enseignement secondaire en 1925 et il y figure toujours. En classe de Seconde, on apprend à additionner des vecteurs, à les multiplier par un nombre, à les représenter et à en calculer les coordonnées.

1 Translations

Une translation est un procédé qui déplace un point en un autre point selon une règle imposée par deux points fixes. Si on appelle A et B ces deux points fixes, la translation de A vers B transforme un point M en un point M' de telle sorte que les segments [AM'] et [BM] aient le même milieu. M' s'appelle le translaté de M.

Sur la figure, on a placé les points M, N, P et Q ainsi que leurs translatés par la translation de A vers B.



La translation de A vers B est différente de la translation de B vers A.

2 Vecteurs

A Définition

Un **vecteur** est un déplacement du plan. Il est caractérisé par trois facteurs :

- sa direction (par exemple horizontale ou verticale) ;
- son sens (par exemple de gauche à droite ou de bas en haut) ;
- sa longueur (par exemple 5 carreaux ou 4,2 cm).

Nous verrons dans les paragraphes suivants comment appliquer concrètement cette définition.

B Égalité de vecteurs

■ Si on pose $\vec{u} = \overrightarrow{AB}$ et $\vec{v} = \overrightarrow{CD}$, on dit que \vec{u} et \vec{v} sont égaux ($\vec{u} = \vec{v}$) lorsque les trois conditions suivantes sont réalisées :

- les droites (AB) et (CD) sont parallèles ;
- on se dirige de A vers B et de C vers D dans le même sens ;
- les longueurs AB et CD sont égales.

Lorsque les points A, B, C, D ne sont pas alignés, $\vec{u} = \vec{v}$ si, et seulement si, le quadrilatère ABDC est un parallélogramme. (Notez bien l'ordre des lettres ABDC.)

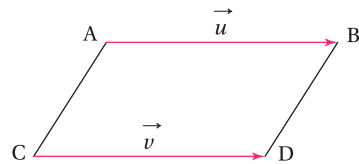
Dans ces conditions, on a aussi $\overrightarrow{AB} = \overrightarrow{CD}$ et $\overrightarrow{AC} = \overrightarrow{BD}$.



Le sens de la direction

La signification du mot direction en mathématiques est distincte de sa signification dans le langage courant. En mathématiques, lorsque vous tracez une droite (\mathcal{D}), vous définissez une direction : la direction de (\mathcal{D}). Pour définir une direction, il suffit de tracer une droite (\mathcal{D}) ; toute droite parallèle à (\mathcal{D}) sera de même direction que (\mathcal{D}). Deux droites non parallèles définissent par conséquent deux directions distinctes.

■ On en déduit le théorème suivant : deux vecteurs sont égaux si et seulement si ils définissent la même translation.



C Relation de Chasles

La relation de Chasles peut se concevoir comme un raccourci ; vous partez d'un point de départ D pour aboutir à un point d'arrivée A ; la relation permet de prendre des chemins détournés.

Ainsi : $\overrightarrow{DA} = \overrightarrow{DC} + \overrightarrow{CB} + \overrightarrow{BA}$.

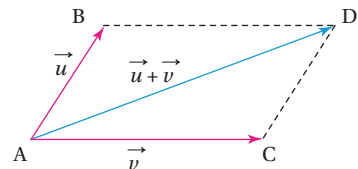
On pourrait rajouter bien d'autres points intermédiaires, pourvu qu'ils soient utiles ; remarquez simplement que l'arrivée d'un vecteur est égale au départ du suivant.

3 Opérations sur les vecteurs

A Somme vectorielle

Soit A, B, C trois points non alignés ; si on pose $\vec{u} = \overrightarrow{AB}$ et $\vec{v} = \overrightarrow{AC}$, on appelle somme vectorielle $\vec{u} + \vec{v}$ le vecteur \vec{w} tel que $\vec{w} = \overrightarrow{AD}$, où ABDC est un **parallélogramme**.

On a aussi $\overrightarrow{AB} - \overrightarrow{AC} = \overrightarrow{CA} + \overrightarrow{AB} = \overrightarrow{CB}$.

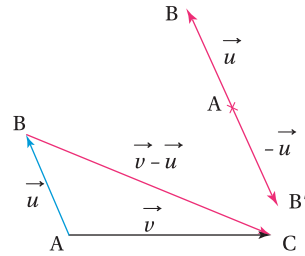


B Opposé, soustraction

■ Si on pose $\vec{u} = \overrightarrow{AB}$, on note $-\vec{u}$ l'opposé de \vec{u} et on a ainsi :
 $-\vec{u} = -\overrightarrow{AB} = \overrightarrow{BA}$; ce qui différencie un vecteur et son opposé est donc le sens.

De plus, si les vecteurs \overrightarrow{AB} et $\overrightarrow{AB'}$ sont opposés, alors les points B et B' sont symétriques par rapport à A.

■ On définit alors la soustraction : $\vec{v} - \vec{u} = \vec{v} + (-\vec{u})$ ou encore :
 $\overrightarrow{AC} - \overrightarrow{AB} = \overrightarrow{AC} + \overrightarrow{BA} = \overrightarrow{BA} + \overrightarrow{AC} = \overrightarrow{BC}$.



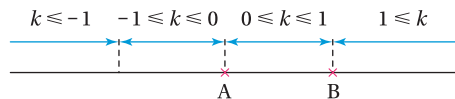
C Multiplication d'un vecteur par un réel

■ Étant donné un vecteur \vec{u} non nul et un réel k non nul, on obtient un représentant du vecteur $k\vec{u}$ (sur la figure : \overrightarrow{AB} et $\overrightarrow{AB'}$) :

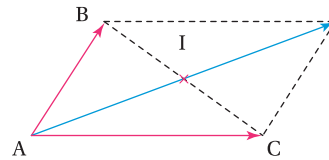
- en traçant une droite (\mathcal{D}) de même direction que \vec{u} ,
- en plaçant sur (\mathcal{D}) un point A,
- en traçant sur (\mathcal{D}) le vecteur \overrightarrow{AB} et de longueur $|k| \cdot \|\vec{u}\|$, $|k|$ étant la valeur absolue de k et $\|\vec{u}\|$ (norme de \vec{u}) étant la longueur de \vec{u} , et de même sens que \vec{u} si $k > 0$ et de sens contraire à \vec{u} si $k < 0$.

Sur la figure ci-contre, B correspond à une valeur positive de k et B' à une valeur négative.

Place d'un point C pour que $\overrightarrow{AC} = k\overrightarrow{AB}$:



■ D'autre part, n'oubliez pas la relation $\overrightarrow{AB} + \overrightarrow{AC} = 2\overrightarrow{AI}$ où I est le milieu de [BC].



D Règles de calcul

Dans les égalités suivantes, \vec{u} et \vec{v} sont des vecteurs quelconques et h et k sont des réels quelconques.

Formule	Exemple
$k(h\vec{u}) = (kh)\vec{u}$	$2(x\vec{u}) = 2x\vec{u}$
$k(\vec{u} + \vec{v}) = k\vec{u} + k\vec{v}$	$6(\vec{u} + \vec{v}) = 6\vec{u} + 6\vec{v}$
$(h + k)\vec{u} = h\vec{u} + k\vec{u}$	$(x - 5)\vec{u} = x\vec{u} - 5\vec{u}$

De plus, si $k\vec{u} = \vec{0}$ alors on a soit $k = 0$, soit $\vec{u} = \vec{0}$.

4

Vecteurs colinéaires

■ Soit \vec{u} et \vec{v} deux vecteurs non nuls ; on dit que \vec{u} est colinéaire à \vec{v} s'il existe un réel k vérifiant l'égalité $\vec{v} = k\vec{u}$. Il est alors évident que si \vec{u} est colinéaire à \vec{v} , alors \vec{v} est colinéaire à \vec{u} puisque l'on peut écrire $\vec{u} = \frac{1}{k}\vec{v}$.

On dit que les vecteurs \vec{u} et \vec{v} sont colinéaires.

■ Lorsqu'il existe une relation du type $\overrightarrow{AB} = k\overrightarrow{CD}$ entre les points A, B, C et D, il ne faut pas en déduire qu'ils sont alignés. Il est tout à fait possible que les droites (AB) et (CD) soient parallèles. Pour conclure à l'alignement grâce à la colinéarité, il est nécessaire que les vecteurs colinéaires aient **un point commun**. C'est donc une relation du type $\overrightarrow{AB} = k\overrightarrow{AC}$ qu'il faudra obtenir pour prouver que les points A, B, C sont alignés.

Plus précisément :

- Dire que les vecteurs \overrightarrow{AB} et \overrightarrow{CD} sont colinéaires signifie que les droites (AB) et (CD) sont parallèles.
- Dire que \overrightarrow{AB} et \overrightarrow{AC} sont colinéaires signifie que les points A, B, C sont alignés.

■ Par extension, on dit que le vecteur nul est colinéaire à tous les vecteurs du plan.

Remarques

On considère deux points A et B du plan.

- Par une symétrie centrale (de centre I sur la figure 1), ils sont transformés respectivement en A' et B'. On constate que $\overrightarrow{A'B'} = -\overrightarrow{AB}$.
- Par une homothétie (de centre O et de rapport $k > 0$ sur la figure 2), ils sont transformés respectivement en A'' et B''. On sait que $\overrightarrow{A''B''} = k\overrightarrow{AB}$.

Dans les deux cas, le vecteur \overrightarrow{AB} et son vecteur image sont colinéaires.

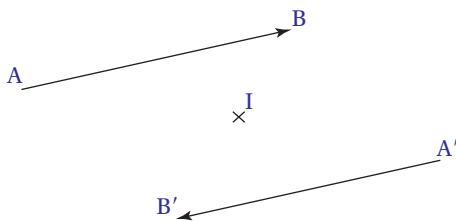


Figure 1

Les vecteurs \overrightarrow{AB} et $\overrightarrow{A'B'}$ sont opposés.

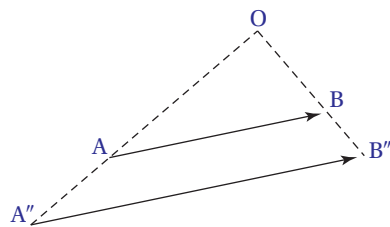


Figure 2

Les vecteurs $\overrightarrow{A''B''}$ et \overrightarrow{AB} sont de même sens si et seulement si $k > 0$, et de sens opposés si et seulement si $k < 0$.

Exercice résolu : Construction d'un vecteur somme

ÉNONCÉ

Soit les vecteurs \vec{AB} et \vec{CD} et un point O , construire le point S tel que : $\vec{OS} = \vec{AB} + \vec{CD}$.

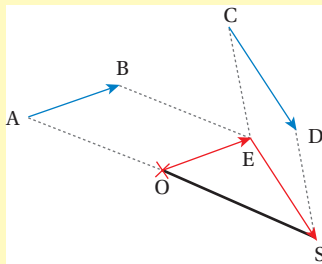
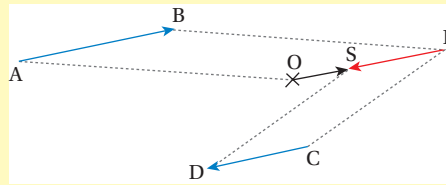
MÉTHODE

On distingue deux cas et on construit E tel que $\vec{OE} = \vec{AB}$, puis S tel que $\vec{ES} = \vec{CD}$.

1^{er} cas : \vec{AB} et \vec{CD} n'ont pas la même direction.

2^e cas : \vec{AB} et \vec{CD} ont la même direction.

SOLUTION

• 1^{er} cas :• 2^e cas :

Dans les deux cas, $OABE$ et $ECDS$ sont des parallélogrammes.

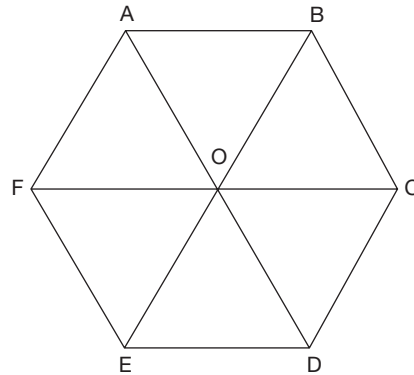
Par la relation de Chasles : $\vec{OS} = \vec{OE} + \vec{ES}$, donc $\vec{OS} = \vec{AB} + \vec{CD}$.

EXERCICE DE SYNTHÈSE

On considère un hexagone régulier $ABCDEF$ de centre O .

Calculer les sommes suivantes en utilisant exclusivement les points déjà placés :

- $\vec{OD} + \vec{OB}$
- $\vec{AO} + \vec{OE}$
- $\vec{AD} + \vec{DO} + \vec{OF}$
- $\vec{CB} + \vec{CD}$
- $\vec{OA} + \vec{OB} + \vec{OC} + \vec{OD} + \vec{OE} + \vec{OF}$.



CORRIGÉ

- $\vec{OD} + \vec{OB} = \vec{OC}$ car $ODCB$ est un parallélogramme.
- $\vec{AO} + \vec{OE} = \vec{AE}$: c'est la relation de Chasles.
- $\vec{AD} + \vec{DO} + \vec{OF} = \vec{AF}$: c'est la relation de Chasles.
- $\vec{CB} + \vec{CD} = \vec{CO}$ car $CBOD$ est un parallélogramme.
- $\vec{OA} + \vec{OB} + \vec{OC} + \vec{OD} + \vec{OE} + \vec{OF} = \vec{0}$ car $\vec{OA} + \vec{OD} = \vec{0}$, $\vec{OB} + \vec{OE} = \vec{0}$ et $\vec{OC} + \vec{OF} = \vec{0}$.

12 Repérage dans le plan



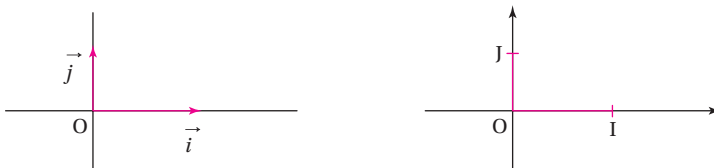
LE MOT « CARTÉSIEN » vient du philosophe et mathématicien René Descartes, inventeur du repérage des points dans le plan. Dans un repère cartésien, on peut notamment calculer les coordonnées de vecteurs et, si le repère est orthonormé, des distances.

1 Repères

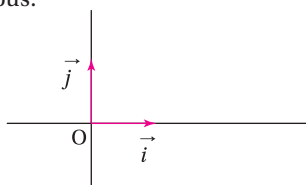
A Définitions

■ **Définition :** On appelle **repère du plan** tout triplet formé par un point et deux vecteurs non colinéaires.

■ Quand les deux vecteurs sont orthogonaux, on dit que le repère est orthogonal ; c'est le cas pour $(O; \vec{i}, \vec{j})$ ci-dessous (à gauche). La donnée de trois points O, I et J non alignés permet aussi de définir un repère $(O; I, J)$ (ci-dessous, à droite).



■ Quand, de plus, les deux vecteurs sont de longueur 1, on dit que le repère est **orthonormal** ; c'est le cas pour $(O; \vec{i}, \vec{j})$ ci-dessous.



👉 On dit aussi repère orthonormé au lieu d'orthonormal.

■ Dans les autres cas, on parle en général de repère cartésien.

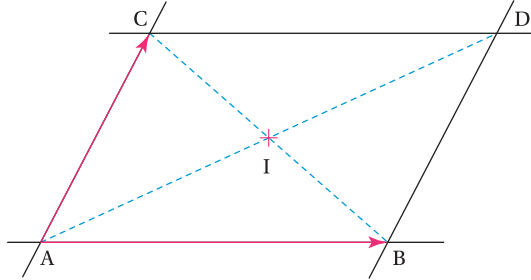
Remarque : Le repère défini par trois points non alignés A, B, C peut aussi s'écrire $(A; \vec{AB}, \vec{AC})$; $(B; \vec{BA}, \vec{BC})$; etc.

B Coordonnées d'un point dans un repère

■ Soit $(O; \vec{i}, \vec{j})$ un repère du plan. Pour tout point M de coordonnées $(x; y)$ dans ce repère, on peut écrire $\vec{OM} = x\vec{i} + y\vec{j}$.
 x est l'abscisse de M et y l'ordonnée de M dans ce repère.

EXEMPLE : Si $ABDC$ est un parallélogramme de centre I , si on considère le repère $(A; \overrightarrow{AB}, \overrightarrow{AC})$, on peut écrire les coordonnées des points :

$$A(0; 0), B(1; 0), C(0; 1), D(1; 1), I\left(\frac{1}{2}; \frac{1}{2}\right).$$



En effet:

$$\overrightarrow{AB} = 1 \cdot \overrightarrow{AB} + 0 \cdot \overrightarrow{AC}; \overrightarrow{AD} = 1 \cdot \overrightarrow{AB} + 1 \cdot \overrightarrow{AC}; \overrightarrow{AI} = \frac{1}{2} \overrightarrow{AB} + \frac{1}{2} \overrightarrow{AC}; \text{ etc.}$$

2 Applications

A Coordonnées d'un vecteur \overrightarrow{AB}

■ Soit $(O; \vec{i}, \vec{j})$ un repère et $A(x_A; y_A)$ et $B(x_B; y_B)$ deux points. Alors :

$$\overrightarrow{OA} = x_A \vec{i} + y_A \vec{j} \quad \text{et} \quad \overrightarrow{OB} = x_B \vec{i} + y_B \vec{j}.$$

$$\text{Donc } \overrightarrow{AB} = \overrightarrow{AO} + \overrightarrow{OB}$$

$$= \overrightarrow{OB} - \overrightarrow{OA}$$

$$= (x_B \vec{i} + y_B \vec{j}) - (x_A \vec{i} + y_A \vec{j}).$$

$$= (x_B - x_A) \vec{i} + (y_B - y_A) \vec{j}.$$

Il en résulte que les coordonnées de \overrightarrow{AB} sont :

$$(x_B - x_A; y_B - y_A).$$

📌 Notez bien les places de A et B :
 \overrightarrow{AB} a pour coordonnées $x_B - x_A$
 et $y_B - y_A$.

■ Remarques

- Dans un même repère, deux vecteurs sont égaux si et seulement si ils ont les mêmes coordonnées.
- Dans un même repère, deux vecteurs non nuls sont colinéaires si et seulement si leurs coordonnées sont proportionnelles. Ainsi $\vec{u}(x; y)$ et $\vec{u}'(x'; y')$ sont colinéaires si et seulement si il existe $k \in \mathbb{R}$ tel que $x' = kx$ et $y' = ky$.

Exercice résolu : Lecture graphique des coordonnées d'un vecteur

ÉNONCÉ

Dans un repère $(O; \vec{i}, \vec{j})$ on donne les points $A(2; 5)$ et $B(5; 1)$.

Lire graphiquement les coordonnées du vecteur \vec{AB} .

MÉTHODE

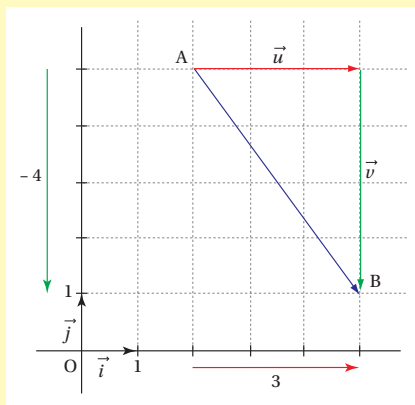
Soit a et b les coordonnées de \vec{AB} . Il suffit de se rappeler que l'on peut écrire $\vec{AB} = a\vec{i} + b\vec{j}$. Partant de A , on se dirige vers B en effectuant un trajet horizontal de longueur a , puis vertical de longueur b , ou l'inverse.

SOLUTION

Sur la figure, on voit que $\vec{AB} = \vec{u} + \vec{v}$
et $\vec{u} = 3\vec{i}$ et $\vec{v} = -4\vec{j}$.

On en déduit que les coordonnées de \vec{AB} sont 3 et -4.

Bien entendu on aurait pu aussi écrire $\vec{AB} = \vec{v} + \vec{u}$ et commencer par \vec{v} .



On peut représenter la translation de vecteur \vec{u} par le couple $(3; 0)$ et celle de vecteur \vec{v} par le couple $(0; -4)$.

B Coordonnées du milieu d'un segment

Les coordonnées du milieu sont les demi-sommes et non les demi-différences des coordonnées des extrémités.

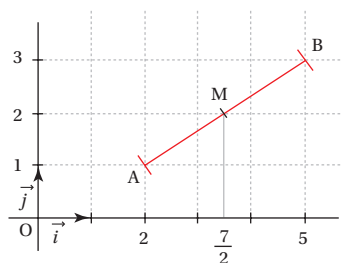
Soit $A(x_A; y_A)$ et $B(x_B; y_B)$ deux points.

Les coordonnées x_M et y_M du milieu M du segment $[AB]$ sont données par les formules :

$$x_M = \frac{x_A + x_B}{2} \text{ et } y_M = \frac{y_A + y_B}{2}.$$

EXEMPLE : Soit $A(2; 1)$, $B(5; 3)$ et $M(x_M; y_M)$ le milieu du segment $[AB]$.

Alors : $x_M = \frac{2+5}{2} = \frac{7}{2}$ et $y_M = \frac{1+3}{2} = 2$.



L'abscisse du milieu M est la moyenne des abscisses de A et de B .
De même pour l'ordonnée de M .

3 Distance de deux points dans un repère orthonormé

■ Dans un repère orthonormé, soit $A(x_A; y_A)$ et $B(x_B; y_B)$.
La distance AB est donnée par la formule :

$$AB = \sqrt{(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2}.$$

■ **EXEMPLE** : On considère les points suivants : $A(-1; 1)$ et $B(3; -2)$.

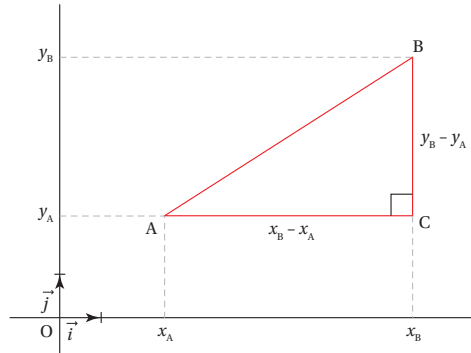
$$AB = \sqrt{[3 - (-1)]^2 + (-2 - 1)^2} = \sqrt{4^2 + (-3)^2} = \sqrt{16 + 9} = \sqrt{25} = 5.$$

■ Remarques

- La formule précédente est valable uniquement dans un repère orthonormé.
- Dans le cas particulier de la figure ci-contre, on a $AC = x_B - x_A$ et $BC = y_B - y_A$. En appliquant le théorème de Pythagore au triangle ABC , on obtient la formule de la distance.

La formule reste valable quelle que soit la disposition des points A , B et C , pourvu que le triangle ABC soit rectangle en C . On a :

$$(x_B - x_A)^2 = (x_A - x_B)^2 \text{ et } (y_B - y_A)^2 = (y_A - y_B)^2.$$



➡ Puisque $AB = BA$ on peut aussi calculer :

$$\sqrt{(x_A - x_B)^2 + (y_A - y_B)^2}.$$

Exercice résolu : Démontrer que des points sont alignés

ÉNONCÉ

Dans un repère $(O; \vec{i}, \vec{j})$, on considère les points $A(7; 1)$, $B(-1; -3)$ et $C(-5; -5)$.
Ces points sont-ils alignés ?

MÉTHODE

On peut utiliser deux méthodes. La première, valable dans tout repère, consiste à savoir si les vecteurs \vec{AB} et \vec{AC} ont la même direction. La seconde est valable uniquement dans un repère orthonormé et consiste à calculer les distances AB , BC et CA . Si la plus grande des trois est égale à la somme des deux autres alors les points sont alignés.

SOLUTION

1. Le repère $(O; \vec{i}, \vec{j})$ est quelconque. Calculons les coordonnées de \vec{AB} et \vec{AC} . On trouve : $(-1-7; -3-1)$ donc \vec{AB} a pour coordonnées $(-8; -4)$. De même \vec{AC} a pour coordonnées

$(-12; -6)$. Puisque $\frac{-8}{-12} = \frac{-4}{-6}$ on en déduit que les vecteurs \vec{AB} et \vec{AC} sont colinéaires car leurs coordonnées sont proportionnelles, donc que les points A, B et C sont alignés.

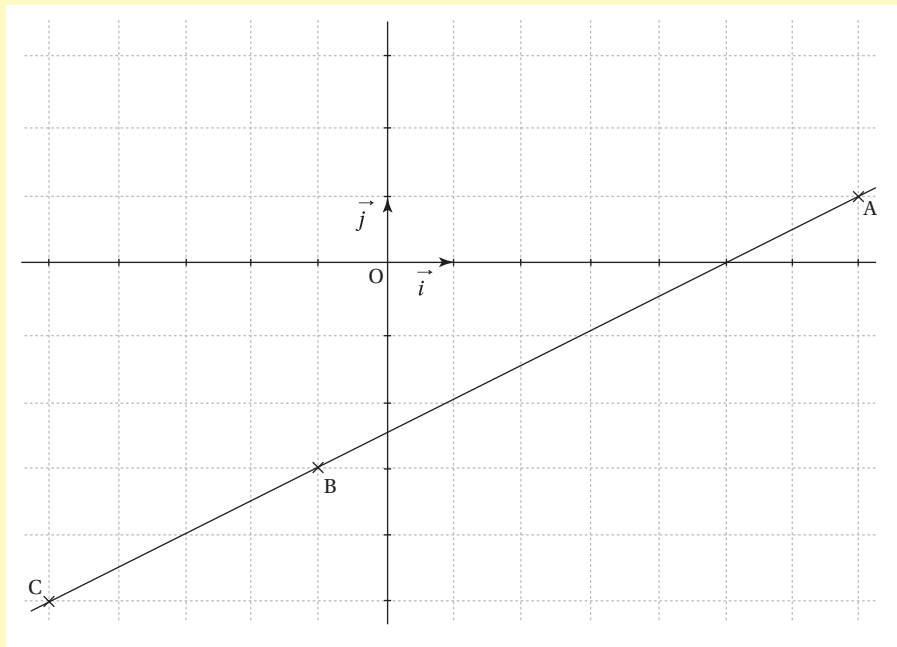
Les coordonnées de \vec{AB} sont $(x_B - x_A; y_B - y_A)$. De même : $\vec{AC} (x_C - x_A; y_C - y_A)$.

2. Supposons que le repère $(O; \vec{i}, \vec{j})$ soit orthonormé.

Alors $AB^2 = (-8)^2 + (-4)^2 = 80$, $AC^2 = (-12)^2 + (-6)^2 = 180$ et $BC^2 = (-4)^2 + (-2)^2 = 20$.

On en déduit : $AB = \sqrt{80} = 4\sqrt{5}$, $AC = \sqrt{180} = 6\sqrt{5}$ et $BC = \sqrt{20} = 2\sqrt{5}$.

Puisque $AC = AB + BC$, les points A, B et C sont alignés.



EXERCICE DE SYNTHÈSE

1. Dans le plan rapporté à un repère orthonormé $(O; \vec{i}, \vec{j})$ placer les points $A(-2; 4)$, $B(4; -2)$ et $C(2; 2)$.

2. a. Calculer les coordonnées du milieu des diagonales du quadrilatère AOBC.

b. Calculer OA et OB.

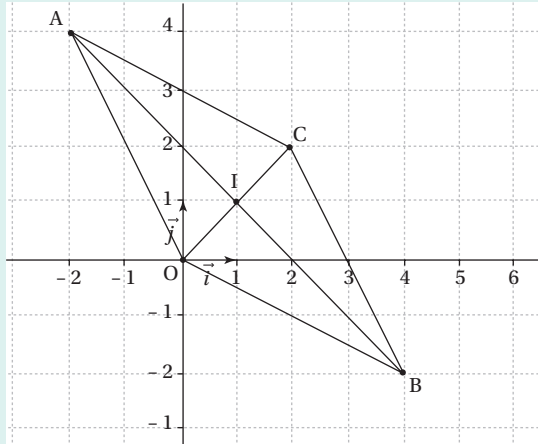
c. En déduire la nature du quadrilatère AOBC.

3. Calculer l'aire du quadrilatère AOBC.

Rappel : l'aire d'un losange dont les diagonales ont pour longueurs D et d est égale à $\frac{D \times d}{2}$.

CORRIGÉ

1.



2. a. Les coordonnées du milieu de la diagonale [AB] sont :

$$\left(\frac{x_A + x_B}{2} ; \frac{y_A + y_B}{2} \right), \text{ on obtient donc : } \left(\frac{-2 + 4}{2} ; \frac{4 - 2}{2} \right) \text{ c'est-à-dire } (1 ; 1).$$

Les coordonnées du milieu de la diagonale [OC] sont :

$$\left(\frac{x_O + x_C}{2} ; \frac{y_O + y_C}{2} \right), \text{ on obtient donc : } \left(\frac{0 + 2}{2} ; \frac{0 + 2}{2} \right) \text{ c'est-à-dire } (1 ; 1).$$

On peut en déduire que les deux diagonales ont pour milieu le même point I(1 ; 1).

$$\text{b. } OA = \sqrt{(x_A - x_O)^2 + (y_A - y_O)^2} = \sqrt{(-2 - 0)^2 + (4 - 0)^2}$$

$$OA = \sqrt{4 + 16} = \sqrt{20} = \sqrt{4 \times 5} = 2\sqrt{5}.$$

$$OB = \sqrt{(x_B - x_O)^2 + (y_B - y_O)^2} = \sqrt{(4 - 0)^2 + (-2 - 0)^2}$$

$$OB = \sqrt{16 + 4} = \sqrt{20} = \sqrt{4 \times 5} = 2\sqrt{5}.$$

c. Le quadrilatère AOBC est tel que ses diagonales se coupent en leur milieu I(1 ; 1), c'est donc un parallélogramme.

De plus, il possède deux côtés consécutifs de même longueur : $OA = OB$, on peut donc en déduire que AOBC est un losange.

3. Soit D et d les longueurs des diagonales :

$$D = BA = \sqrt{(x_A - x_B)^2 + (y_A - y_B)^2} = \sqrt{(-2 - 4)^2 + (4 - (-2))^2}$$

$$D = BA = \sqrt{36 + 36} = \sqrt{72} = \sqrt{36 \times 2} = 6\sqrt{2}.$$

$$d = OC = \sqrt{(x_C - x_O)^2 + (y_C - y_O)^2} = \sqrt{(2 - 0)^2 + (2 + 0)^2}$$

$$d = OC = \sqrt{4 + 4} = \sqrt{8} = \sqrt{4 \times 2} = 2\sqrt{2}.$$

$$\text{Donc l'aire de AOBC est : } \frac{D \times d}{2} = \frac{6\sqrt{2} \times 2\sqrt{2}}{2} = 12 \text{ (en unités d'aire).}$$



Une unité d'aire est l'aire du carré qui a pour côté 1 dans le repère.

13 Droites dans le plan



AU COLLÈGE, les droites sont étudiées d'un point de vue géométrique. En Seconde, on les étudie en faisant appel à leurs équations. Cela permet de mieux les examiner et de démontrer certaines de leurs propriétés.

Dans ce chapitre on se place dans un repère du plan $(O ; I, J)$ ou $(O ; \vec{i}, \vec{j})$.

1 Introduction

■ On sait qu'une fonction affine (de la forme $x \mapsto ax + b$) a pour **représentation graphique** une droite. C'est l'ensemble de tous les points du plan dont les coordonnées sont $(x ; ax + b)$, c'est-à-dire dont l'abscisse est x et l'ordonnée $ax + b$.

Par exemple considérons la fonction $f: x \mapsto 2x + 3$. Les points suivants appartiennent à la droite représentant f :

Points	$(0 ; 3)$	$(-1 ; 1)$	$(-1,5 ; 0)$	$(10 ; 23)$
Justification	$2 \times 0 + 3 = 3$	$2 \times (-1) + 3 = 1$	$2 \times (-1,5) + 3 = 0$	$2 \times 10 + 3 = 23$

■ Au lieu de dire « la représentation graphique de la fonction $x \mapsto ax + b$ » on dira : « la droite d'équation $y = ax + b$ » ou « la droite dont l'équation est $y = ax + b$ ». Ainsi la droite d'équation $y = 2x + 3$ est constituée de tous les points de coordonnées $(x ; 2x + 3)$.

2 Propriétés des équations de droite

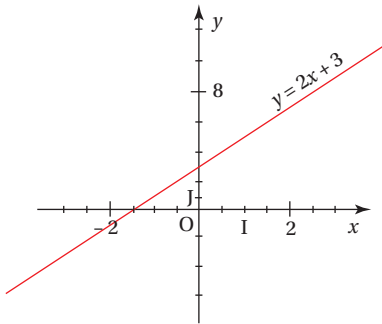
A Les deux types d'équations de droite

■ Théorème

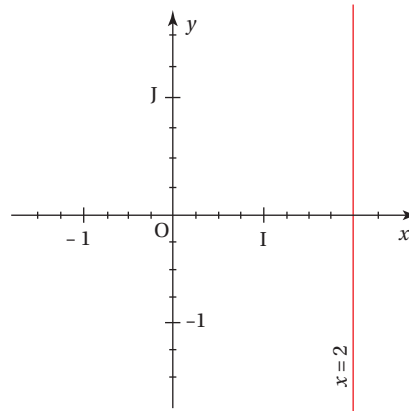
- Toute droite du plan non parallèle à l'axe des ordonnées a pour équation $y = ax + b$, où a et b sont deux constantes données.
- Toute droite parallèle à l'axe des ordonnées a pour équation $x = k$ où k est une constante donnée.

■ **Remarque** : La droite d'équation $y = ax + b$ contient le point de coordonnées $(0 ; b)$. C'est pourquoi b se nomme l'ordonnée à l'origine de la droite.

■ **EXEMPLE** : On a tracé ci-dessous la droite d'équation $y = 2x + 3$ et la droite d'équation $x = 2$.



Ce repère n'est pas orthonormé.

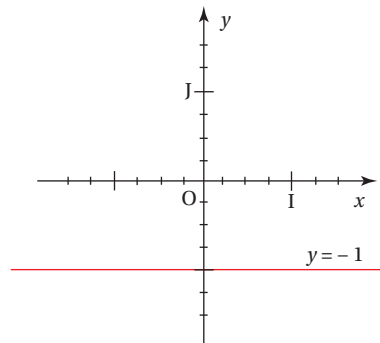
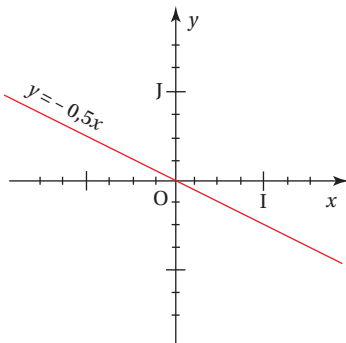


B Droites particulières

- Les droites parallèles à l'axe des abscisses ont pour équation $y = b$.
- Les droites passant par l'origine du repère ont pour équation $y = ax$. Elles représentent des fonctions linéaires (de la forme $x \mapsto ax$).

EXEMPLE : On a représenté ci-dessous la droite d'équation $y = -0,5x$ et la droite d'équation $y = -1$.

- Les droites parallèles à l'axe des ordonnées ont pour équation $x = k$ où k est une constante. Cette équation n'est pas de la forme $y = ax + b$.

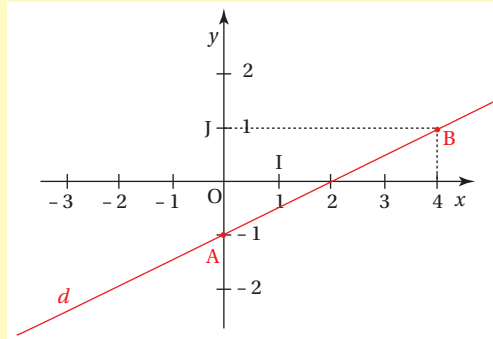


Sans figure, sans avoir tracé la droite d , comment faire pour savoir si un point appartient à d ?
 Il suffit de remplacer son abscisse et son ordonnée dans l'équation de la droite. Si l'équation est satisfaite, alors le point appartient à la droite, et sinon, le point n'appartient pas à la droite.

Exercice résolu : Droites et équations

ÉNONCÉ

1. Représenter graphiquement la droite d'équation $y = -2x + 3$.
2. Déterminer l'équation de la droite représentée ci-dessous.



MÉTHODE

1. Il suffit de choisir deux points, c'est-à-dire choisir deux valeurs de x puis les y correspondants.
2. Il suffit de trouver graphiquement le coefficient directeur et l'ordonnée à l'origine.

SOLUTION

1. On a choisi les points $A(0 ; 3)$ et $B(2 ; -1)$.

En effet $-2 \times 0 + 3 = 3$
et $-2 \times 2 + 3 = -1$.

2. Les deux points $A(0 ; -1)$ et $B(4 ; 1)$ appartiennent à la droite d (voir figure ci-dessus).

Ils vérifient donc son équation :

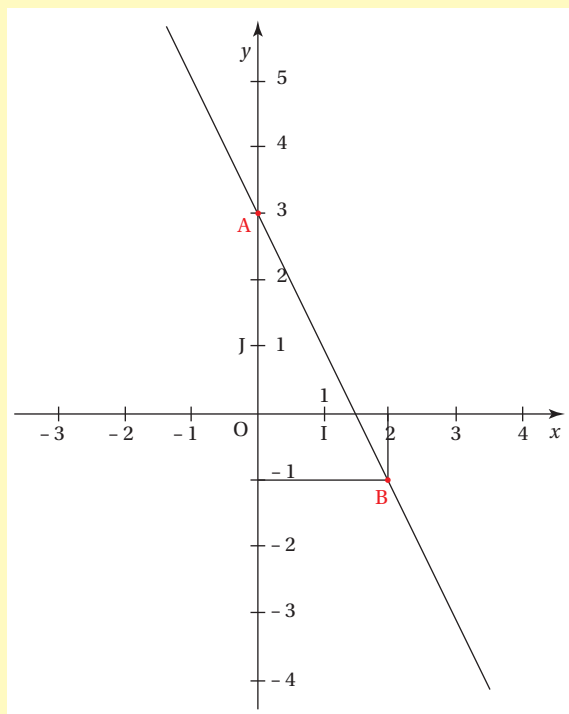
$$y_A = ax_A + b \text{ et } y_B = ax_B + b.$$

$$\text{D'où : } -1 = a \times 0 + b \text{ et } 1 = 4a + b.$$

$$\text{Donc } b = -1 \text{ et } 4a = 2, \text{ soit } a = \frac{1}{2}.$$

L'équation de d est donc :

$$y = \frac{1}{2}x - 1.$$



3 Positions relatives de deux droites

A Droites parallèles

Dans le plan, deux droites peuvent être soit parallèles soit sécantes.

a. Coefficient directeur

■ **Définition** : Le coefficient directeur de la droite d'équation $y = ax + b$ est le nombre a .

■ **Théorème** : Soit A et B deux points de coordonnées respectives $(x_A; y_A)$ et $(x_B; y_B)$. Dans le cas où la droite (AB) n'est pas parallèle à l'axe des ordonnées son coefficient directeur est égal à :

$$\frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}$$

Preuve : On sait que $y_A = ax_A + b$ et $y_B = ax_B + b$. Donc :

$$\frac{y_B - y_A}{x_B - x_A} = \frac{ax_B + b - (ax_A + b)}{x_B - x_A} = \frac{ax_B - ax_A}{x_B - x_A} = \frac{a(x_B - x_A)}{x_B - x_A} = a.$$

C'est ce qu'il fallait démontrer.

■ Remarques

- Une droite qui a pour équation $x = k$ n'a pas de coefficient directeur.
- Le coefficient directeur d'une droite s'appelle aussi la pente de cette droite.

b. Caractérisation des droites parallèles

■ **Théorème** : Deux droites d'équations $y = ax + b$ et $y = a'x + b'$ sont parallèles si et seulement si $a = a'$.

Autrement dit, deux droites sont parallèles si et seulement si elles ont le même coefficient directeur (si celui-ci existe, bien entendu).

Ce théorème est admis.

■ **Remarque** : Des droites parallèles à l'axe des ordonnées sont parallèles.

⚡ Puisque la droite (AB) est égale à la droite (BA), on peut aussi calculer $\frac{y_A - y_B}{x_A - x_B}$.

⚡ Si la droite « monte » alors la pente est positive ; la droite représente une fonction affine croissante.
Si la droite « descend » alors la pente est négative ; la droite représente une fonction affine décroissante.

B Droites sécantes

■ **Théorème** : Deux droites d'équations $y = ax + b$ et $y = a'x + b'$ sont sécantes si et seulement si $a \neq a'$.

Autrement dit, deux droites (non parallèles à l'axe des ordonnées) sont sécantes si et seulement si elles ont des coefficients directeurs différents (si ceux-ci existent, bien entendu).

Ce théorème découle du théorème précédent.

■ **Remarque** : D'après les parties A et B, on voit que le système de deux équations à deux inconnues x et y :
$$\begin{cases} y = ax + b \\ y = a'x + b' \end{cases}$$
 (où a, a', b, b' sont quatre réels donnés) admet un couple solution

unique si et seulement si $a \neq a'$, c'est-à-dire si et seulement si les droites d'équations respectives $y = ax + b$ et $y = a'x + b'$ sont sécantes.

Puisque nous avons vu l'équivalence entre solution unique du système d'équations et droites sécantes, l'algorithme suivant répond à la question : « Le système admet-il une solution unique ? »

```

1   Saisir la valeur de a
2   Saisir la valeur de a'
3   Saisir la valeur de b
4   Saisir la valeur de b'
5   Si a = a' alors :
6       Si b = b' alors :
7           Afficher "Le système a une infinité de solutions."
8       Sinon :
9           Afficher "Le système n'a pas de solution."
10  Sinon :
11  Afficher "Le système a une solution unique."
12  Fin Si
    
```

👉 Une solution du système est un couple $(x; y)$ de nombres. L'ordre dans le couple a donc une importance.

Exercice résolu : Point d'intersection de deux droites

ÉNONCÉ

- Démontrer que les droites d et d' d'équations respectives $y = 3x - 1$ et $y = -2x + 4$ sont sécantes.
- Calculer les coordonnées de leur point d'intersection M.
- Tracer les deux droites dans un repère.

MÉTHODE

- Il suffit de considérer les coefficients directeurs des deux droites.
- Il suffit d'exprimer que les coordonnées de M satisfont les deux équations, puis de les résoudre.
- Il suffit de choisir deux points pour chaque droite.

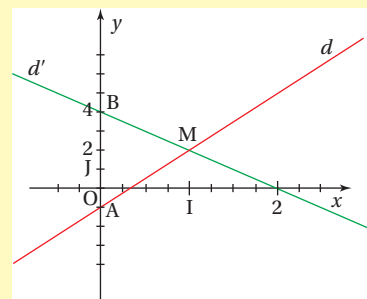
SOLUTION

1. La droite d a pour coefficient directeur 3 et la droite d' a pour coefficient directeur -2 . Ces deux coefficients sont distincts. Donc les deux droites sont sécantes.

2. Les coordonnées de M vérifient à la fois les deux équations. Donc on a *simultanément* $y = 3x - 1$ et $y = -2x + 4$. On en déduit que $3x - 1 = -2x + 4$ et donc $5x = 5$ c'est-à-dire $x = 1$.

L'abscisse du point M est donc égale à 1. Pour trouver son ordonnée, on choisit l'une des deux équations. On trouve $y = 3 \times 1 - 1 = 2$ avec l'équation de d et $y = -2 \times 1 + 4 = 2$ avec l'équation de d' . Le point M a donc pour coordonnées $(1; 2)$.

3. Pour tracer d , on a choisi les points A(0; -1) et M(1; 2). Pour tracer d' , on a choisi les points B(0; 4) et M(1; 2).



C Condition d'alignement de trois points

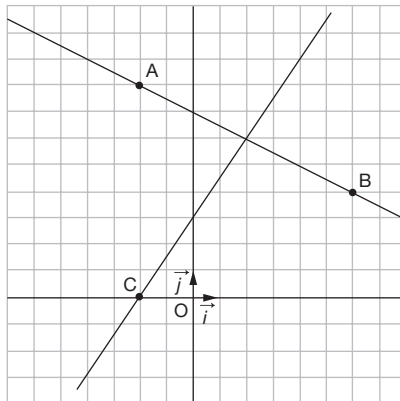
■ **Théorème** : Trois points distincts A, B, C sont alignés si et seulement si ils ont la même abscisse ou si les droites (AB) et (AC) ont le même coefficient directeur.

Preuve : Si les points A, B, C sont alignés, alors les droites (AB) et (AC) sont confondues, donc elles ont le même coefficient directeur ou les points ont la même abscisse.

Réciproquement, supposons que les droites (AB) et (AC) aient le même coefficient directeur. Alors ces deux droites sont parallèles d'après le **3.A.b**. Comme elles ont le point A en commun, elles sont confondues, ce qui prouve que les points A, B et C sont alignés. Si les deux droites sont parallèles à l'axe des ordonnées, alors elles sont confondues car elles ont le point A en commun.

EXERCICE DE SYNTHÈSE

On donne les points A(-2 ; 8), B(6 ; 4) et C(-2 ; 0).



1. Écrire l'équation de la droite (AB).
2. Écrire l'équation de la droite Δ de coefficient directeur $\frac{3}{2}$ et passant par C.
3. Calculer les coordonnées du point E commun à Δ et (AB).
4. Δ coupe l'axe des ordonnées en N.

Calculer les coordonnées de N.

Que peut-on dire de N pour le segment [EC] ?

5. La parallèle D à la droite (BC) passant par N coupe la droite (AB) en P.

Calculer les coordonnées du point P.

6. Soit K le point tel que AKBN soit un parallélogramme.

Calculer les coordonnées de K.

Montrer que K appartient à Δ .

➡ Déterminer l'équation de la parallèle à (BC) passant par N.

CORRIGÉ

1. Le coefficient directeur de la droite (AB) est égal à $\frac{y_B - y_A}{x_B - x_A} = \frac{4 - 8}{6 - (-2)} = -\frac{1}{2}$. Par lecture graphique, son ordonnée à l'origine est égale à 7. Son équation est donc $y = -\frac{1}{2}x + 7$.

2. L'équation cherchée est de la forme $y = \frac{3}{2}x + b$. Les coordonnées de C étant -2 et 0, on a $0 = \frac{3}{2} \times (-2) + b$ ce qui entraîne $b = 3$. L'équation de Δ est donc $y = \frac{3}{2}x + 3$.

3. L'abscisse x de E est la solution de l'équation $-\frac{1}{2}x + 7 = \frac{3}{2}x + 3$

qui entraîne $4 = \frac{4}{2}x$ et donc $x = 2$. Son ordonnée y vérifie

$y = \frac{3}{2} \times 2 + 3 = 6$. E a donc pour coordonnées (2 ; 6).

4. L'ordonnée à l'origine de Δ étant égale à 3, les coordonnées de N sont (0 ; 3). N est le milieu de [EC] car $x_N = 0 = \frac{x_E + x_C}{2}$ et $y_N = 3 = \frac{y_E + y_C}{2}$.

5. Le coefficient directeur de la droite (BC) est égal à $\frac{y_C - y_B}{x_C - x_B} = \frac{0 - 4}{-2 - 6} = \frac{1}{2}$. L'équation de la

parallèle D à (BC) passant par N est donc de la forme $y = \frac{1}{2}x + b$.

Elle passe par N donc son ordonnée à l'origine est égale à 3. Son équation est donc $y = \frac{1}{2}x + 3$.

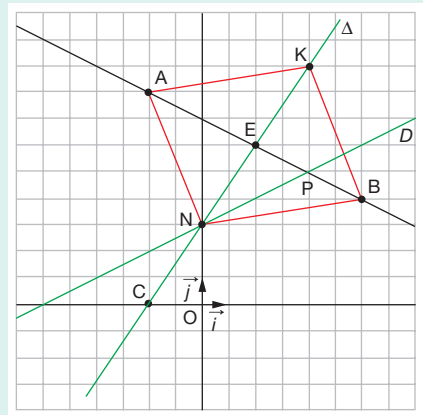
L'abscisse de P est la solution de l'équation $-\frac{1}{2}x + 7 = \frac{1}{2}x + 3$ car P est l'intersection des droites (AB) et D . Donc $-\frac{1}{2}x - \frac{1}{2}x = 3 - 7$ ce qui donne $x = 4$. On trouve alors l'ordonnée de P :

$y_P = \frac{1}{2} \times 4 + 3 = 5$. Les coordonnées de P sont donc (4 ; 5).

6. Pour que AKBN soit un parallélogramme, il faut et il suffit que $\vec{AK} = \vec{NB}$. En égalant les abscisses et ordonnées des deux vecteurs on trouve d'une part $x_K - (-2) = 6 - 0$ et d'autre part $y_K - 8 = 4 - 3$. Les coordonnées de K sont donc (4 ; 9).

Puisque $\frac{3}{2} \times 4 + 3 = 9$, le point K appartient à la droite Δ .

Les coordonnées du point commun à deux droites vérifient simultanément les équations des deux droites.



14 Géométrie dans l'espace



www.annabac.com

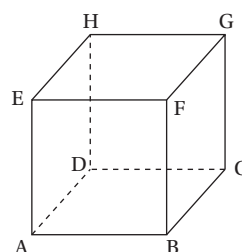
E^N SECONDE, dans l'espace mathématique à trois dimensions, on étudie essentiellement les positions relatives des droites et des plans et on calcule des volumes. Cette vision plus large que celle proposée par le plan ouvre l'esprit à une nouvelle forme de raisonnement.

1 Détermination d'un plan

■ Pour définir sans équivoque un plan, il suffit de choisir trois points non alignés, ou bien une droite et un point n'appartenant pas à cette droite, ou bien deux droites sécantes, ou bien deux droites parallèles. Autrement dit, il existe **un et un seul plan** contenant :

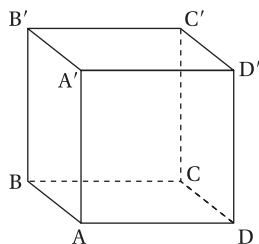
- **trois points** non alignés ;
- **une droite et un point** n'appartenant pas à cette droite ;
- **deux droites sécantes** ;
- **deux droites parallèles**.

■ Par exemple les plans (EHG) et (HGF) sont égaux. Ce sont deux noms du plan EFGH qui est le « toit » du cube. De même (FGC) = (GCB). Ce sont deux noms du plan CBFH qui est la « paroi de droite » du cube.



2 Positions relatives de deux droites de l'espace

Deux droites de l'espace peuvent être coplanaires (situées dans un même plan) ou non coplanaires.



• Deux droites coplanaires peuvent être :

- **parallèles** : c'est le cas des droites (AB) et (DC) dans le plan ABCD ;
- **sécantes** : c'est le cas des droites (AD) et (AB) dans le plan ABCD, sécantes en A.

- Deux droites non coplanaires ne sont ni parallèles ni sécantes : c'est le cas de (AA') et (CD).



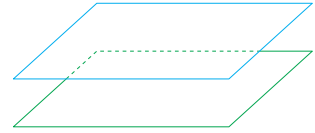
Dans le plan, on peut classer les positions relatives de deux droites de trois façons.

- Soit elles sont **parallèles**.
- Soit elles sont **sécantes**.
- Soit elles sont **confondues**.

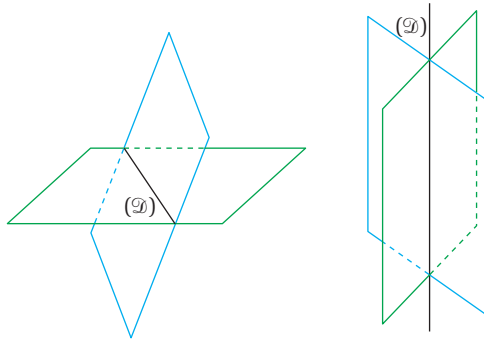
Dans l'espace, il est possible que deux droites n'aient aucun point en commun et qu'elles ne soient pas parallèles !

3 Positions relatives de deux plans

• Si deux plans n'ont aucun point en commun, on dit alors qu'ils sont parallèles, ou que leur intersection est vide.



• Si deux plans ont une droite (\mathcal{D}) en commun, on dit alors qu'ils sont sécants.

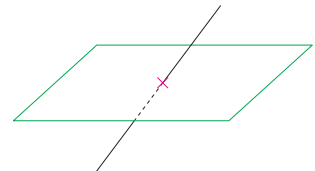


• Si deux plans ont tous leurs points en commun, on dit qu'ils sont confondus.

4 Positions relatives d'une droite et d'un plan

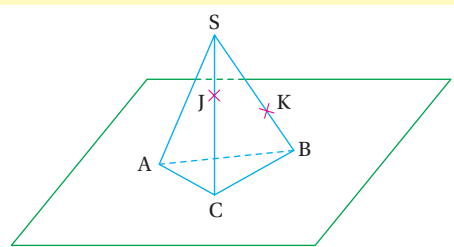
Une droite et un plan sont :

- soit sécants (ils ont alors un et un seul point en commun comme ci-contre) ;
- soit parallèles (alors, soit la droite est incluse dans le plan, soit la droite et le plan n'ont aucun point en commun).



Exercice résolu : Construire l'intersection d'une droite et d'un plan

ÉNONCÉ



On considère un tétraèdre $SABC$ et un point J sur l'arête $[SC]$. Placer, en fonction de la position d'un point K sur l'arête $[SB]$, l'intersection (si elle existe) de (JK) avec le plan (ABC) .

MÉTHODE

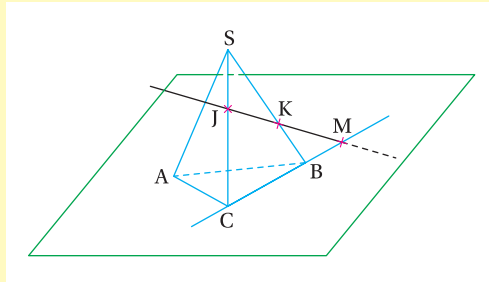
L'intersection existe si et seulement si (JK) n'est pas parallèle au plan (ABC) , donc si et seulement si (JK) n'est pas parallèle à (BC) .

SOLUTION

Les droites (JK) et (BC) étant coplanaires, il y a deux cas :

- 1- si $(JK) \parallel (BC)$, l'intersection n'existe pas ;
- 2- si (JK) et (BC) sont sécantes, alors leur point d'intersection appartient au plan (ABC) et est l'intersection cherchée.

Pour placer ce point M , il suffit de prolonger l'arête $[BC]$ et de tracer la droite (JK) .



Les droites (JK) et (BC) sont incluses dans le plan (SBC) .

5 Droites et plans parallèles

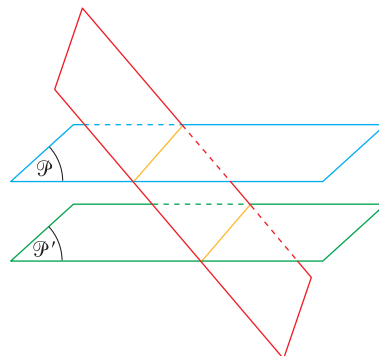
■ **Définition :** Dire qu'une droite (\mathcal{D}) est parallèle à un plan signifie qu'il existe une droite de ce plan qui est parallèle à (\mathcal{D}) .

■ Soit \mathcal{P} un plan et A un point n'appartenant pas à \mathcal{P} . Il existe une infinité de droites passant par A et parallèles à \mathcal{P} . Elles sont situées dans le plan passant par A et parallèle à \mathcal{P} .

Si une droite (\mathcal{D}) est incluse dans un plan, alors elle est parallèle à ce plan.

6 Plans parallèles

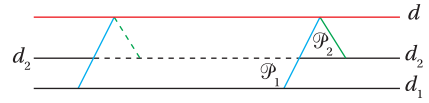
- Soit \mathcal{P} et \mathcal{P}' deux plans parallèles.
- Tout plan coupant l'un coupe l'autre, et les intersections sont des droites parallèles (voir figure ci-contre).
- Toute droite perçant l'un perce l'autre.
- Toute droite parallèle à l'un est parallèle à l'autre.



■ Par un point donné de l'espace, il passe un plan, et un seul, parallèle à un plan donné.

7 Théorème du « toit »

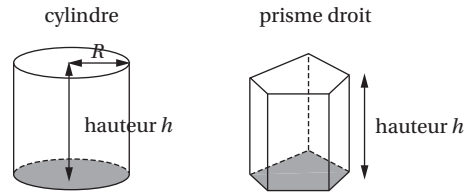
Si deux plans sécants \mathcal{P}_1 et \mathcal{P}_2 contiennent respectivement deux droites d_1 et d_2 parallèles, alors l'intersection de \mathcal{P}_1 et \mathcal{P}_2 est une droite d parallèle à d_1 et d_2 .



8 Solides

A Solides à couvercle

Le calcul du volume des solides à couvercle s'effectue en calculant le produit de l'aire de base par la hauteur. C'est le cas des cylindres de révolution et des prismes droits.



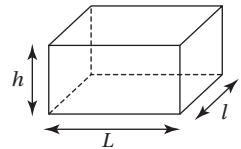
$$\text{Volume} = B \times h$$

- Dans le cas du cylindre, l'aire de la base est l'aire d'un disque de rayon πR^2 . Son volume est donc égal à :

$$\text{Volume du cylindre} = \pi R^2 h.$$

- Dans le cas d'un parallélépipède rectangle (ou pavé droit) de dimensions L , l et h , on trouve que le volume est égal à :

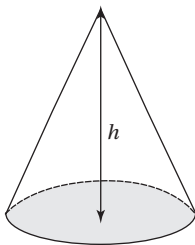
$$\text{Volume du pavé droit} = L \times l \times h.$$



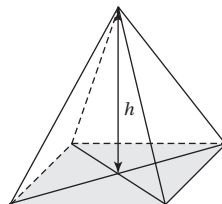
B Solides à sommet

Le calcul du volume des solides à sommet s'effectue en calculant le tiers du produit de l'aire de base par la hauteur. C'est le cas des cônes de révolution et des pyramides.

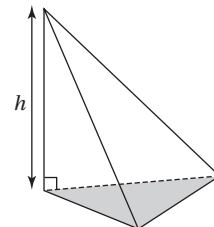
Cône de révolution



Pyramide régulière



Pyramide dont la hauteur est une arête



$$\text{Volume} = \frac{B \times h}{3} \quad (\text{avec Aire de la base} = B; \text{ hauteur } h)$$

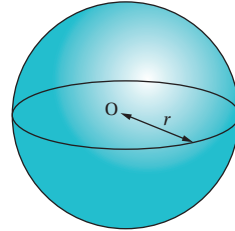
■ Dans le cas d'un cône de révolution, la base est un disque de rayon r dont l'aire est égale à πr^2 donc son volume est égal à :

$$\text{Volume du cône} = \frac{1}{3}\pi r^2 h.$$

C Boule

■ Le volume d'une boule de rayon r est égal à :

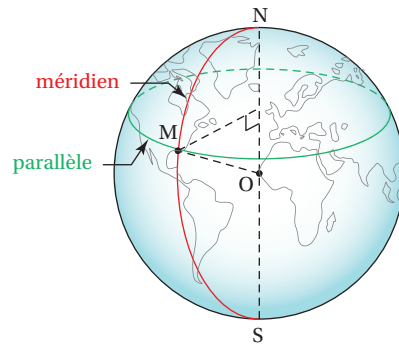
$$\text{Volume} = \frac{4}{3}\pi r^3.$$



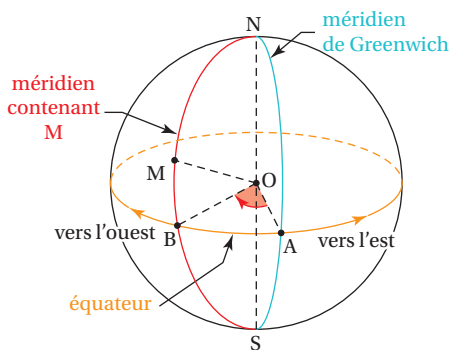
■ On assimile le globe terrestre à une boule.

Pour repérer un point M sur le globe :

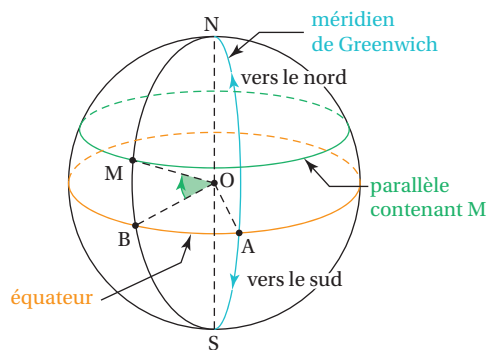
• On trace un demi-grand cercle reliant le pôle Nord au pôle Sud (appelé **méridien**) ainsi qu'un cercle parallèle à l'équateur (appelé **parallèle**) passant par ce point. Le méridien et le parallèle sont alors dans deux plans perpendiculaires.



Remarque : Le rayon d'un méridien est toujours égal au rayon terrestre, alors que les rayons des parallèles sont différents les uns des autres.



• La **longitude du point M** est l'angle compris entre le méridien contenant M et le méridien de Greenwich, c'est-à-dire l'angle \widehat{AOB} , pour lequel on précisera la direction dans laquelle on se déplace : Est ou Ouest.



• La **latitude du point M** est l'angle compris entre l'équateur et le parallèle contenant M, c'est-à-dire l'angle \widehat{BOM} pour lequel on précisera la direction dans laquelle on se déplace : Nord ou Sud.

EXEMPLE : Les coordonnées de Miami (États-Unis) sont $80^{\circ}15'$ Ouest et $25^{\circ}45'$ Nord, cela signifie que $\widehat{AOB} = 80^{\circ}15'$ et $\widehat{BOM} = 25^{\circ}45'$.

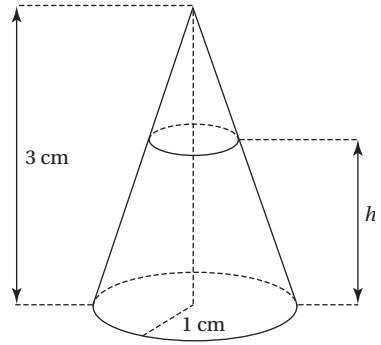
EXERCICE DE SYNTHÈSE

On considère un cône de rayon 1 cm et de hauteur 3 cm. On le coupe par un plan parallèle au disque de base. On obtient un tronc de cône de hauteur h cm.

1. Exprimer la hauteur et le rayon du petit cône en fonction de h .

2. Développer $\left(1 - \frac{h}{3}\right)^2 (3 - h)$.

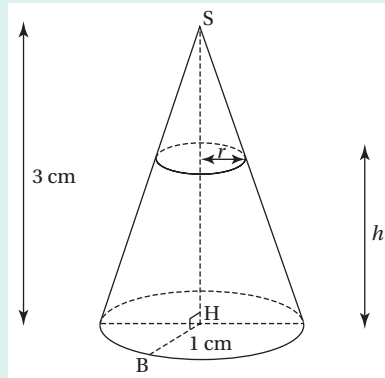
3. En déduire que le volume du tronc de cône est égal à $\frac{\pi h}{27}(h^2 - 9h + 27)$.



CORRIGÉ

1. La hauteur du petit cône est égale à $3 - h$. Soit r le rayon du petit cône.

D'après le théorème de Thalès dans le triangle SHB : $\frac{3-h}{3} = \frac{r}{1}$ donc $r = 1 - \frac{h}{3}$.



$$\begin{aligned} 2. \left(1 - \frac{h}{3}\right)^2 (3 - h) &= \left(1 - \frac{2h}{3} + \frac{h^2}{9}\right)(3 - h) \\ &= 3 - h - 2h + \frac{2h^2}{3} + \frac{h^2}{3} - \frac{h^3}{9} \\ &= -\frac{h^3}{9} + h^2 - 3h + 3. \end{aligned}$$

3. Le volume du tronc de cône est égal au volume du grand cône moins le volume du petit cône. Le volume du grand cône est égal à $\frac{1}{3}\pi 1^2 \times 3 = \pi$.

Le volume du petit cône est égal à $\frac{1}{3}\pi r^2 (3 - h) = \frac{1}{3}\pi \left(1 - \frac{h}{3}\right)^2 (3 - h)$.

Compte tenu de la question précédente, le volume du tronc de cône est donc égal

$$\text{à : } \pi - \frac{1}{3}\pi \left(-\frac{h^3}{9} + h^2 - 3h + 3\right) = \pi \left(1 + \frac{1}{27}h^3 - \frac{1}{3}h^2 + h - 1\right) = \pi \left(\frac{1}{27}h^3 - \frac{1}{3}h^2 + h\right).$$

Si on développe $\frac{\pi h}{27}(h^2 - 9h + 27)$, on trouve le même résultat.

C'est ce qu'il fallait démontrer.

PHYSIQUE-CHIMIE

L'Univers

1. La lumière à travers l'Univers 86
2. La lumière des étoiles..... 92
3. Un modèle de l'atome..... 101
4. Pourquoi les atomes forment-ils des ions ? 106
5. La classification périodique des éléments chimiques 111
6. Le système solaire..... 115

La santé

7. Physique et diagnostics médicaux..... 122
8. Quelques espèces chimiques de la santé..... 128
9. Extraction, séparation, identification
et synthèse d'espèces chimiques..... 134
10. La mole 142

La pratique du sport

11. Les solutions..... 146
12. Les transformations chimiques 151
13. Mouvements et forces dans les pratiques sportives..... 158
14. Sport et pression atmosphérique 164
15. Plongée subaquatique et pression..... 169

PHYSIQUE-CHIMIE

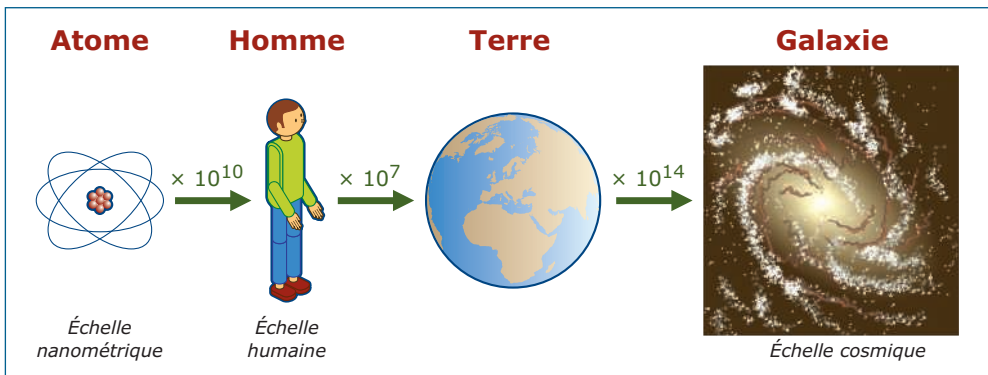
1

La lumière à travers l'Univers

LE SPECTACLE de l'Univers est extravagant. Les objets qui nous entourent, des plus petits aux plus grands, ont des dimensions qui dépassent notre imagination. Cependant, au plus profond de l'atome et aux confins de l'Univers, les mondes se ressemblent par leur caractère lacunaire.

1 De l'infiniment petit à l'infiniment grand

■ Nous vivons dans un monde où le mètre est l'unité de longueur adaptée à notre échelle. Mais de l'infiniment petit des particules élémentaires à l'infiniment grand des galaxies, les tailles sont tellement différentes que l'échelle des puissances de dix doit être utilisée entre 10^{-15} m et 10^{+26} m.



■ De l'échelle atomique à l'échelle cosmique

📌 Le modèle de l'atome est présenté dans le chapitre 3.

- Toute matière est formée d'atomes. **Un atome** est constitué d'un noyau central autour duquel se déplacent des électrons. La taille d'un atome est de l'ordre du dixième de nanomètre ($0,1 \text{ nm} = 1 \times 10^{-10} \text{ m}$).
- **L'Univers** est peuplé de milliards de galaxies très éloignées les unes des autres mais organisées en amas et superamas. L'une des plus proches est celle d'Andromède située à environ 3×10^{22} m. Les galaxies sont des assemblages d'étoiles, de gaz, de poussières et de matière noire maintenus par la force gravitationnelle (voir chapitre 6).
À ce jour, on ne sait pas si l'Univers est fini ou infini. Nous vivons au centre d'un « Univers observable » qui s'étend sur environ 10^{26} m.

Exercice résolu : Utiliser les puissances de 10 pour évaluer des ordres de grandeur

ÉNONCÉ

Le tableau suivant donne la taille de différents objets.

Diamètre d'un atome d'hydrogène	Taille moyenne d'un adulte	Diamètre de la Terre	Diamètre du Soleil	Diamètre de notre Galaxie
0,11 nm	1,7 m	12 800 km	1,4 Gm	10^{21} m

1. Exprimer les différentes longueurs en mètre, en utilisant la notation scientifique.
2. Indiquer, en mètres, l'ordre de grandeur de chaque objet.
3. Comparer les tailles du Soleil et de la Terre en calculant le rapport de leurs diamètres.

À RETENIR

Les valeurs numériques des nombres utilisés de l'échelle atomique à l'échelle cosmique nécessitent l'utilisation des puissances de 10.

En notation scientifique, un nombre s'exprime sous la forme :

$$a \times 10^n \text{ avec } 1 \leq a < 10 \text{ et } n \text{ un nombre entier.}$$

L'ordre de grandeur est donné par la puissance de dix la plus proche.

MÉTHODE

- Opération avec les puissances de dix :

$$10^0 = 1 \quad ; \quad 10^a \times 10^b = 10^{a+b} \quad ; \quad \frac{10^a}{10^b} = 10^{a-b}$$

- Attention aux multiples et sous-multiples :

Nom	Symbole	Valeur
picomètre	pm	1 pm = 0,000 000 000 001 m = 10^{-12} m
nanomètre	nm	1 nm = 0,000 000 001 m = 10^{-9} m
micromètre	μm	1 μm = 0,000 001 m = 10^{-6} m
millimètre	mm	1 mm = 0,001 m = 10^{-3} m
centimètre	cm	1 cm = 0,01 m = 10^{-2} m
kilomètre	km	1 km = 1 000 m = 10^3 m
mégamètre	Mm	1 Mm = 1 000 000 m = 10^6 m
gigamètre	Gm	1 Gm = 1 000 000 000 m = 10^9 m

CORRIGÉ

1. Longueurs exprimées en mètres :

0,11 nm	1,7 m	12 800 km	1,4 Gm	10^{21} m
$1,1 \times 10^{-10}$ m	1,7 m	$1,28 \times 10^7$ m	$1,4 \times 10^9$ m	1×10^{21} m

- 2.

Atome H	Homme	Terre	Soleil	Galaxie
10^{-10} m	10^0 m = 1 m	10^7 m	10^9 m	10^{21} m

3. Comparaison des tailles du Soleil et de la Terre :

$$\frac{\text{diamètre du Soleil}}{\text{diamètre de la Terre}} = \frac{1,4 \times 10^9}{1,28 \times 10^7} = 1,1 \times 10^2 \approx 100$$

Le Soleil est environ 100 fois plus gros que la Terre. On dit que 2 ordres de grandeur ($9 - 7 = 2$) séparent la taille de la Terre et celle du Soleil.

2 Vitesse de la lumière

■ Propagation rectiligne

Dans le vide ou dans un milieu homogène et transparent, la lumière se propage en ligne droite. Son trajet est modélisé par une droite orientée, appelée **rayon lumineux**.

■ Vitesse de la lumière : une constante universelle

⚡ Dans le vide ou dans l'air, la valeur à retenir est :
 $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

• Jusqu'au XVII^e siècle, on a cru que la vitesse de la lumière était infinie. Après de nombreuses mesures, on sait maintenant que la vitesse de la lumière dans le vide, notée c , est une constante physique. Sa valeur a été fixée à $299\,792\,458 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ en 1983 par le Bureau International des Poids et Mesures (cette valeur définissant ainsi le mètre).

• Dans les autres milieux transparents, la lumière se propage moins vite.

Milieu	air	eau	verre	diamant
$c \text{ (m} \cdot \text{s}^{-1}\text{)}$	$3,00 \times 10^8$	$2,25 \times 10^8$	$\sim 2 \times 10^8$	$1,25 \times 10^8$

3 L'année-lumière : unité de longueur astronomique

⚡ Attention : l'année-lumière est une distance et non une durée.

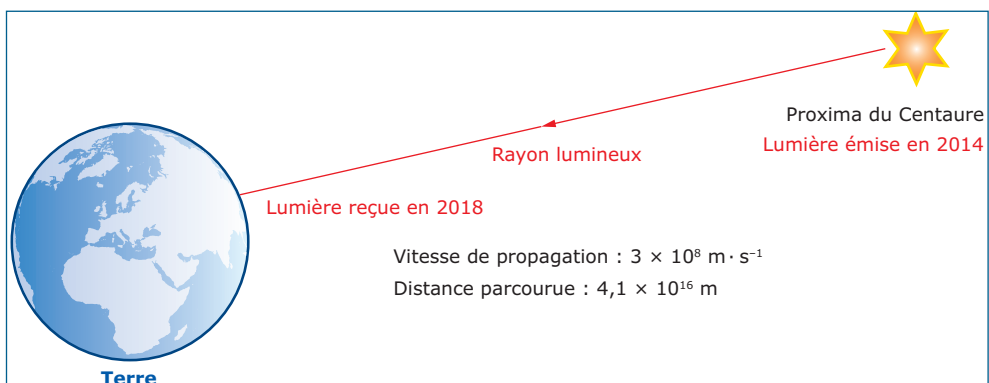
■ Les distances astronomiques étant considérables, on les exprime à l'aide d'une unité plus adaptée : l'année-lumière (de symbole a.l.). L'**année-lumière** est la **distance parcourue par la lumière dans le vide en une année** :

$$1 \text{ a.l.} = 9,46 \times 10^{15} \text{ m}$$

■ « Voir loin, c'est voir dans le passé »

La lumière qui parvient des objets très éloignés (étoiles, galaxies) met beaucoup de temps pour arriver jusqu'à nous. Nous les voyons donc tels qu'ils étaient dans le passé.

EXEMPLE : Proxima du Centaure, l'étoile la plus proche du système solaire, est à 4,3 a.l. Sa lumière met 4,3 années à nous parvenir en parcourant $4,3 \times 9,46 \times 10^{15} = 4,1 \times 10^{16} \text{ m}$. Lorsque nous regardons cette étoile, nous la voyons donc telle qu'elle était il y a 4,3 années. Si on regarde cette étoile en 2018, on la voit telle qu'elle était en 2014.



Exercice résolu : Calculer la durée de parcours de la lumière du Soleil

ÉNONCÉ

Le Soleil et la Terre sont éloignés de 149 587 870 km, soit environ 150 millions de km. Calculer la durée Δt mise par la lumière pour nous parvenir du Soleil.

MÉTHODE

- La vitesse est définie par le quotient de la distance parcourue sur la durée de propagation.
- La vitesse de la lumière dans le vide est : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

CORRIGÉ

D'après la définition de la vitesse : $c = \frac{d}{\Delta t}$ où d est la distance Soleil-Terre et Δt est la durée nécessaire pour parcourir cette distance.

On convertit la distance Soleil-Terre en mètres :

$$d = 150 \text{ millions de km} = 150 \times 10^6 \text{ km} = 150 \times 10^9 \text{ m} = 1,50 \times 10^{11} \text{ m.}$$

On peut alors écrire que :

$$\Delta t = \frac{d}{c} = \frac{1,50 \times 10^{11}}{3,00 \times 10^8} = 500 \text{ s} \approx 8,33 \text{ min.}$$

Exercice résolu : Calculer la valeur de l'année-lumière

ÉNONCÉ

Retrouver par le calcul la valeur de l'année-lumière donnée page précédente.

MÉTHODE

- L'année-lumière est une distance ; elle s'exprime en fonction de la vitesse de la lumière.
- Une année comporte 365 jours de 24 heures avec 60 minutes de 60 secondes.

Soit 1 an = $365 \times 24 \times 60 \times 60$ s.

CORRIGÉ

La distance parcourue par la lumière en une année est :

$$d = c \times \Delta t = 3,00 \times 10^8 \times (365 \times 24 \times 60 \times 60) = 9,46 \times 10^{15} \text{ m.}$$

Exercice résolu : Calculer la distance d'une galaxie

ÉNONCÉ

Une équipe d'astronomes a découvert une nouvelle galaxie : LEDA 074886.

Cette galaxie nous apparaît telle qu'elle était il y a 700 millions d'années.

Calculer en kilomètres la distance d qui nous sépare de LEDA 074886.

MÉTHODE

Observer un objet céleste tel qu'il était x années auparavant signifie que la lumière provenant de cet astre a mis x années à nous parvenir donc que cet objet se situe à x années-lumière de la Terre.

CORRIGÉ

LEDA 074886 se trouve à 700 millions années-lumière de la Terre.

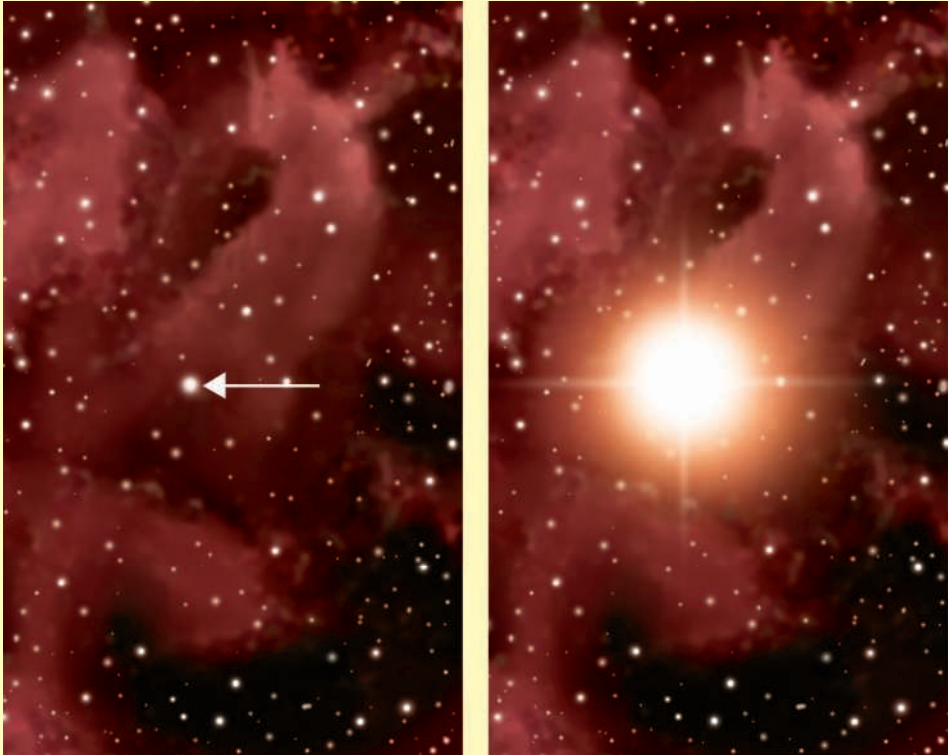
Une année-lumière vaut $9,5 \times 10^{15} \text{ m} = 9,5 \times 10^{12} \text{ km}$.

Donc $d = 700 \times 10^6 \times 9,5 \times 10^{12} \text{ km} = 6,7 \times 10^{21} \text{ km}$.

Exercice résolu : Calculer une distance astronomique

ÉNONCÉ

En 1987, les astronomes ont observé l'explosion d'une étoile, supernova nommée SN1987A, qui s'est produite dans le Grand Nuage de Magellan. Cette galaxie naine proche de la Voie Lactée (notre Galaxie) est éloignée de $1,68 \times 10^5$ a.l. de la Terre.



À droite ci-dessus, le 24 février 1987, la supernova SN1987A brille de mille feux dans le grand nuage de Magellan. À gauche, 24 heures plus tôt, l'image de la même région ne laisse pourtant rien présager de ce qui se prépare.

1. Exprimer en mètres la distance entre cette étoile et la Terre.
2. Déterminer en quelle année s'est produit cet événement cosmique.

MÉTHODE

- Une année-lumière représente la distance parcourue par la lumière en un an, elle vaut $9,46 \times 10^{15}$ m.
- La lumière se propage avec une vitesse finie : il lui faut du temps pour traverser l'espace du fait des grandes distances.

CORRIGÉ

1. La supernova est dans une galaxie éloignée de $1,68 \times 10^5$ a.l. de la Terre, une année-lumière correspond à $9,46 \times 10^{15}$ m.

La distance est donc $d = 1,68 \times 10^5 \times 9,46 \times 10^{15} = 1,59 \times 10^{21}$ m.

2. Une année-lumière étant la distance parcourue par la lumière en une année et $1,68 \times 10^5$ a.l. = 168 000 a.l., cet événement cosmique s'est donc produit il y a 168 000 ans, soit en $1987 - 168\,000 = -166\,013$.

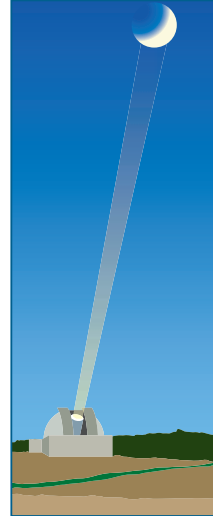
EXERCICE DE SYNTHÈSE

Mesure de la distance Terre-Lune par écho laser

Depuis 1969, les missions Apollo ont déposé sur la Lune cinq réflecteurs. Ceux-ci sont utilisés pour réfléchir les impulsions laser envoyées vers la Lune par des télescopes optiques pour mesurer la distance Terre-Lune. En France, cette mesure est confiée à la station de télémétrie de l'observatoire de la côte d'Azur.

Chaque série de mesures comporte 6 000 tirs d'une durée de 300 ps ($1 \text{ ps} = 10^{-12} \text{ s}$) effectuée à la fréquence de 10 tirs par seconde. La mesure de la durée de parcours d'une impulsion permet de déterminer la distance Terre-Lune.

1. Connaissant la fréquence d'émission du laser, quelle est la durée d'une série de mesures ?
2. À quelle vitesse se déplace la lumière laser entre la Terre et la Lune ?
3. Quelle est la relation entre la durée du parcours Δt d'une impulsion et la distance D qui sépare la Terre de la Lune ?
4. Calculer la distance Terre-Lune lorsque la durée de parcours est 2,557 s.
5. En utilisant la définition de l'année-lumière, exprimer la distance Terre-Lune en « seconde lumière ».



CORRIGÉ

1. À la fréquence de 10 tirs par seconde, une série de 6 000 tirs dure :

$$\frac{6000}{10} = 600 \text{ s} = 10 \text{ min.}$$

Une série de mesures dure 10 min.

2. Entre la Terre et la Lune, le faisceau laser traverse l'atmosphère terrestre et l'espace, sa lumière se déplace donc à $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

3. L'impulsion effectue un aller-retour, soit la distance $2D$, pendant la durée Δt à la vitesse de la lumière c .

On a donc : $2D = c \Delta t$, soit $D = \frac{c \Delta t}{2}$.

4. Avec $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ et $\Delta t = 2,557 \text{ s}$, il vient :

$$D = \frac{c \Delta t}{2} = \frac{3,00 \times 10^8 \times 2,557}{2} = 3,835 \times 10^8 \text{ m.}$$

Le résultat doit être écrit en tenant compte de la précision des données : 3,00 possède trois chiffres significatifs et 2,557 en possède quatre.

Le résultat sera donc écrit avec trois chiffres significatifs :

$$D = 3,83 \times 10^8 \text{ m} = 3,83 \times 10^5 \text{ km} = 383\,000 \text{ km.}$$

5. Par analogie, on peut définir la « seconde lumière » comme étant la distance parcourue par la lumière en une seconde. La lumière se propageant de la Terre à la Lune en $\frac{2,557}{2} = 1,278 \text{ s}$, on peut donc dire que la distance Terre-Lune est d'environ 1,3 seconde lumière.

2

La lumière des étoiles

LES ÉTOILES émettent de la lumière qui se propage dans l'espace jusqu'à nous. L'analyse de cette lumière par un système dispersif (prisme) fournit un spectre riche en informations sur la composition et la température à la surface des étoiles.

1 Décomposition de la lumière

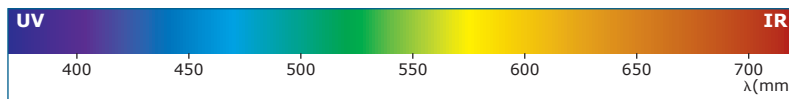
A Nature de la lumière blanche

■ En 1666, Newton étudie la dispersion de la lumière du Soleil à l'aide d'un prisme. La figure obtenue est appelée **spectre** de la lumière. Il montre que la lumière blanche est un mélange de toutes les couleurs de l'arc-en-ciel.

■ La décomposition de la lumière blanche par un prisme montre qu'elle est composée d'une infinité de couleurs, on dit qu'elle est **polychromatique**. Chaque couleur est associée à une radiation caractérisée par une longueur d'onde notée λ (lambda) et exprimée en nanomètre (nm).

On a : $1 \text{ nm} = 1 \times 10^{-9} \text{ m}$.

■ Le spectre visible de la lumière blanche s'étend du violet ($\lambda_V = 400 \text{ nm}$) au rouge ($\lambda_R = 800 \text{ nm}$).



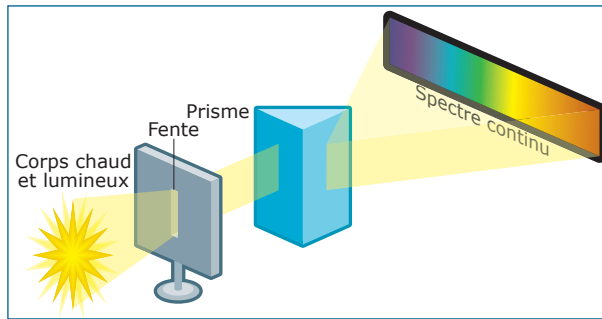
REMARQUES

- La lumière visible n'est qu'une partie du spectre des ondes électromagnétiques (voir chapitre 7). Au-delà du rouge ($\lambda > 800 \text{ nm}$), se trouve le domaine de l'**infrarouge** et en deçà du violet ($\lambda < 400 \text{ nm}$), le domaine de l'**ultraviolet**.
- La lumière produite par un laser ne contient qu'une seule couleur : on dit qu'elle est **monochromatique**. La lumière rouge d'un laser Hélium-Néon a une longueur d'onde $\lambda = 632 \text{ nm}$.

B Les spectres d'émission

■ Lumière émise par un corps chaud : spectre continu

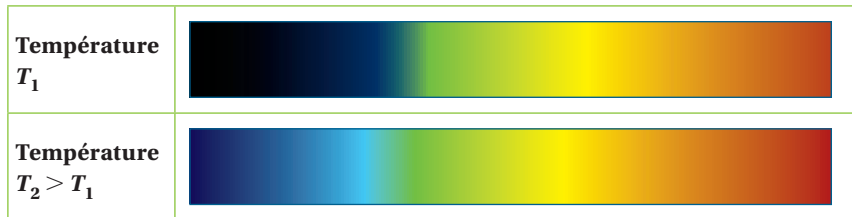
- L'utilisation d'un prisme permet de décomposer la lumière émise par une source et d'obtenir son spectre.



Tout corps chaud, solide, liquide ou gaz (sous haute pression) émet une lumière dont le spectre visible est **continu** : il contient une infinité de couleurs. Ce spectre peut se prolonger au-delà du visible, dans le domaine de l'infrarouge ou de l'ultraviolet.

• Influence de la température

Lorsque la température T d'un corps augmente, sa couleur passe du rouge au blanc et le spectre de sa lumière s'enrichit vers le bleu et le violet, c'est-à-dire contient davantage de bleu et de violet.



La couleur de la lumière émise par un corps lumineux et son spectre renseignent sur sa température.

■ Lumière émise par un gaz : spectre de raies

• Un gaz (à basse pression) chauffé ou soumis à une décharge électrique émet une lumière dont le spectre est **discontinu** : il ne contient que certaines couleurs. On parle alors d'un **spectre de raies d'émission**. Chaque raie présente dans le spectre correspond à une radiation caractérisée par une longueur d'onde.

• Influence de la nature du gaz

Les raies observées dans le spectre sont caractéristiques de l'entité chimique (atome ou ion) présente dans le gaz.

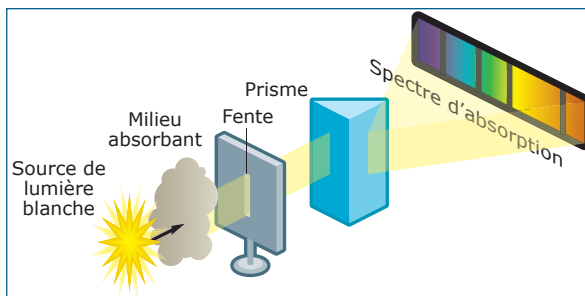
EXEMPLES : Spectres de raies de l'hydrogène et du mercure.



Dans un spectre de raies, les couleurs présentes, caractérisées par leur longueur d'onde, permettent d'identifier un élément chimique.

C Les spectres d'absorption

■ Lorsque la lumière blanche traverse certains milieux, certaines couleurs peuvent être absorbées, le spectre obtenu est alors **discontinu**.



■ Spectre de bandes d'absorption

Le spectre de la lumière qui a traversé une solution colorée présente des **bandes d'absorption** : les parties sombres correspondent aux couleurs absorbées et absentes par rapport au spectre de la lumière blanche.

EXEMPLES : Spectres d'absorption d'une solution de chlorophylle et d'une solution de permanganate de potassium.

Spectre de la lumière blanche	
Solution de chlorophylle	
Solution de permanganate de potassium	

La solution de chlorophylle absorbe le violet et le rouge, et nous apparaît verte.

La solution de permanganate de potassium absorbe le vert et nous apparaît magenta.

■ Spectre de raies d'absorption

Lorsqu'un gaz (à basse pression) est traversé par une lumière blanche, il absorbe certaines radiations : le spectre présente alors des raies noires, c'est un **spectre de raies d'absorption**.

EXEMPLES : Spectres d'absorption du sodium et du mercure.

Sodium	
Mercure	

REMARQUE : Une entité chimique (atome ou ion) ne peut absorber que les radiations qu'elle est susceptible d'émettre.

EXEMPLES : Spectres d'émission et d'absorption du sodium.

Les raies noires (couleurs absentes) permettent d'identifier un élément chimique.

Émission	
Absorption	

2 Que nous apprend la lumière des étoiles ?

A Le spectre d'une étoile

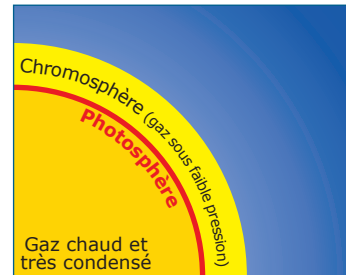
■ Une étoile est une boule de gaz à haute pression dont la partie périphérique, appelée photosphère, est à l'origine d'une émission lumineuse.

Elle est entourée d'une atmosphère, ou chromosphère, composée d'un gaz à faible pression.

Le spectre d'une étoile est un spectre d'émission dont le fond continu comporte des raies d'absorption.

■ Température de surface

La photosphère est un corps chaud qui émet un rayonnement dont le spectre est continu. La couleur apparente dépend de la température à sa surface (voir § 1. B).



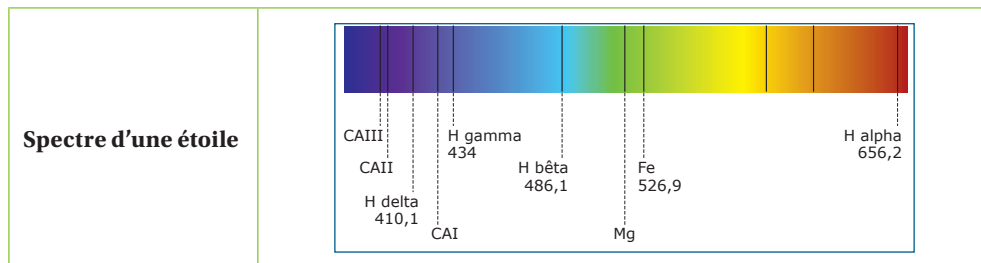
EXEMPLES : Température et couleur apparente de quelques étoiles.

Étoile	Bételgeuse	Soleil	Altaïr	Rigel
Température (°C)	3 000	6 000	9 000	12 000
Couleur apparente	rougeâtre	jaune	blanche	bleue

■ Composition de l'atmosphère d'une étoile

La lumière produite par la photosphère subit une absorption en traversant la chromosphère. L'analyse des raies d'absorption présentes dans le spectre de l'étoile nous renseigne sur la composition chimique de cette atmosphère (voir § 1. C).

EXEMPLE : Spectre d'une étoile contenant entre autres les éléments hydrogène (H), calcium (Ca), magnésium (Mg), fer (Fe)...



B Le spectre de notre étoile, le Soleil

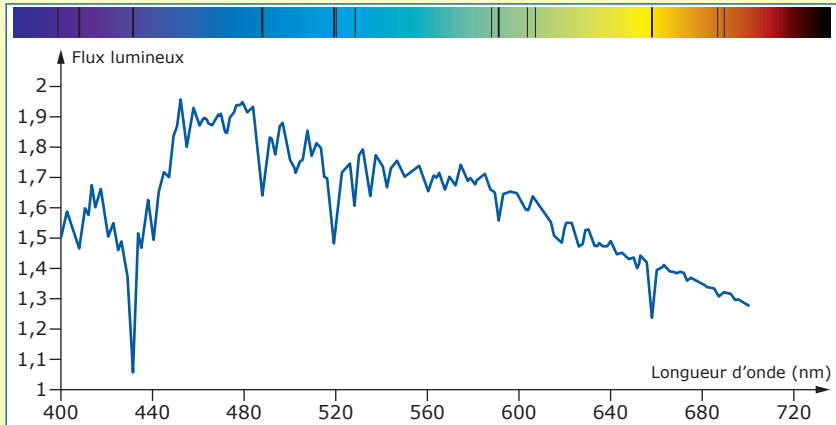
En 1814, Fraunhofer, à l'aide de son spectroscopie, découvre plusieurs centaines de raies sombres dans le spectre du Soleil. C'est Angström, en 1862, qui reconnaît le principal élément présent dans le Soleil : l'**hydrogène**. En 1868, les astronomes y découvrent un nouvel élément qu'ils nomment **hélium** (du grec *hélîos*, soleil). Le Soleil est constitué principalement d'hydrogène et d'hélium.

Élément	hydrogène	hélium	autres : oxygène, carbone...
% en masse	74 %	5 %	1 %

Exercice résolu : Exploiter le spectre du Soleil

ÉNONCÉ

Le spectre suivant est celui de notre étoile, le Soleil. La figure ci-après représente le flux lumineux reçu en fonction de la longueur d'onde λ en nm.



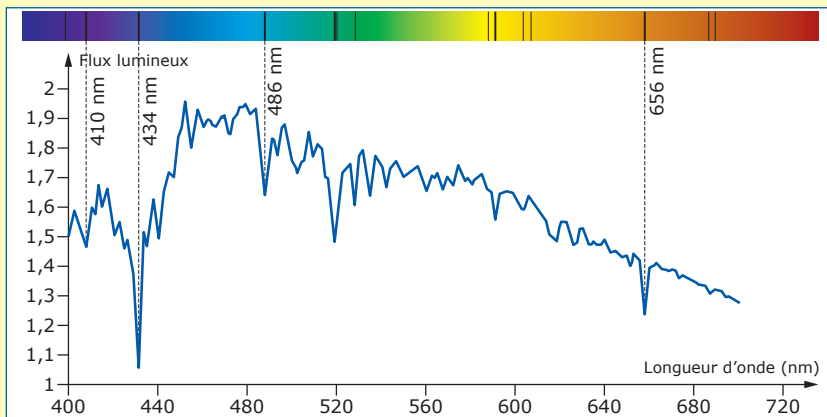
1. Pourquoi le spectre du Soleil comporte-t-il des raies noires ?
2. Les longueurs d'onde caractéristiques des raies visibles du spectre d'émission de l'hydrogène sont : 410 nm, 434 nm, 486 nm et 656 nm. Cet élément chimique est-il présent dans l'étoile ?
3. Que peut-on déduire de la présence d'autres raies dans le spectre ?

MÉTHODE

Le graphique fourni sous le spectre permet de connaître les longueurs d'onde des raies noires.

CORRIGÉ

1. Le spectre du Soleil comporte des raies noires car c'est un spectre d'absorption. Les éléments chimiques présents dans la chromosphère du Soleil absorbent certaines radiations de la lumière blanche produite par la photosphère.



2. On observe des raies noires aux longueurs d'onde caractéristiques de l'hydrogène. Cet élément est donc présent dans le Soleil.
3. Les autres raies traduisent la présence d'éléments responsables de l'absorption d'autres radiations.

3 Pourquoi un prisme décompose-t-il la lumière ?

Un prisme décompose la lumière en **déviant** et en **séparant** les différentes couleurs contenues dans son spectre.

A La déviation est due au phénomène de réfraction

■ La réfraction est le changement de direction subi par un rayon lumineux lorsqu'il change de milieu de propagation.

■ Lois de Descartes pour la réfraction

• 1^{re} loi

Les rayons incident et réfracté sont dans le plan d'incidence, perpendiculaire à la surface de séparation.

• 2^e loi

Lorsque le rayon passe d'un milieu 1 à un milieu 2, l'angle d'incidence i et l'angle de réfraction r sont liés par la relation :

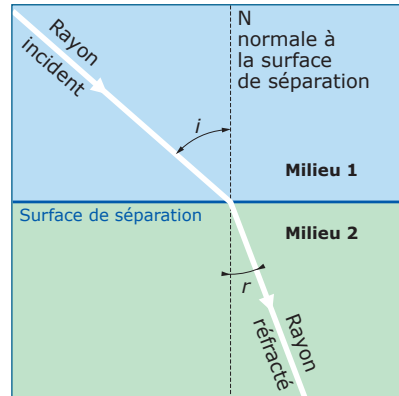
$$n_1 \sin(i) = n_2 \sin(r)$$

n_1 et n_2 sont des nombres sans unité appelés indices de réfraction des milieux 1 et 2.

■ L'indice de réfraction est une grandeur caractéristique d'un milieu transparent.

EXEMPLE : Quelques valeurs d'indice de réfraction.

Vide	Air	Eau	Verre
1	1,00	1,33	1,5

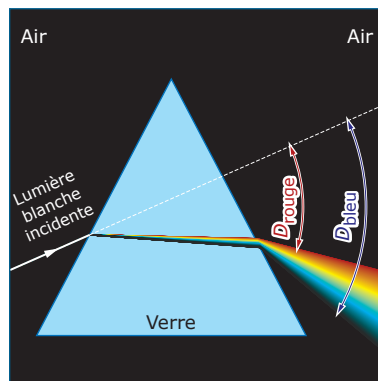


⚠ Attention : les angles i et r doivent être mesurés par rapport à la normale N .

B La séparation est due au phénomène de dispersion

■ Un milieu transparent est dispersif lorsque son indice varie avec la longueur d'onde de la radiation qui le traverse.

■ La lumière blanche qui traverse un prisme en verre dispersif est réfractée à l'entrée et à la sortie du prisme. Elle est décomposée car les différentes couleurs ne sont pas déviées de la même manière (voir l'exercice résolu ci-après).



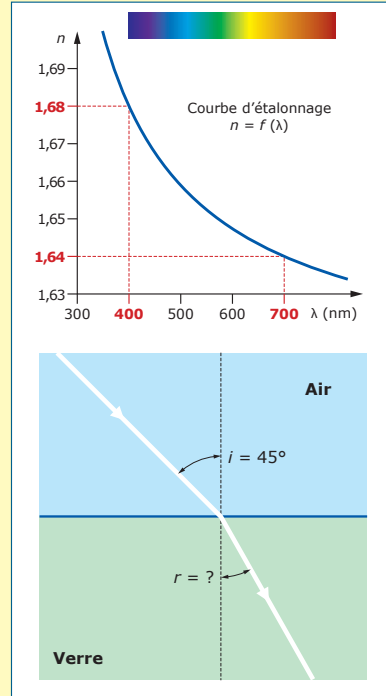
Exercice résolu : Expliquer la dispersion de la lumière par un prisme

ÉNONCÉ

La courbe ci-contre représente les variations de l'indice de réfraction d'un prisme en verre dispersif en fonction de la longueur d'onde λ .

Un rayon lumineux rouge de longueur d'onde 700 nm pénètre de l'air dans le prisme avec un angle d'incidence de 45° .

1. Quelle est la valeur de l'indice du verre lue sur la courbe pour cette longueur d'onde ?
 2. Déterminer la valeur de l'angle de réfraction du rayon dans le verre.
- Un rayon violet pénètre dans le prisme avec la même incidence.
3. Quelle est la valeur de l'indice du verre pour cette couleur ?
 4. Calculer la valeur de l'angle de réfraction du violet.
 5. En comparant les deux résultats précédents, expliquer pourquoi ce prisme est dispersif.



MÉTHODE

Les angles i et r sont exprimés en degrés ($^\circ$), la calculatrice doit être paramétrée en mode degré.

L'application de la deuxième loi de Descartes permet de déterminer un angle en fonction de l'autre si les indices des milieux sont connus.

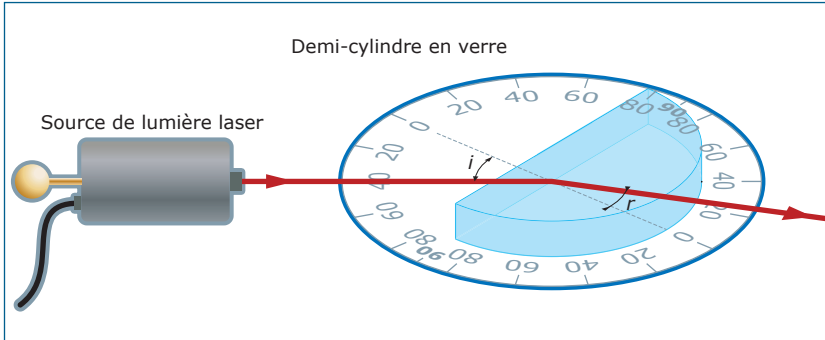
CORRIGÉ

1. Sur le graphe, pour $\lambda = 700$ nm, on lit $n_r = 1,64$.
2. L'application de la deuxième loi de Descartes pour la réfraction permet d'écrire : $n_1 \sin(i) = n_2 \sin(r)$ où l'air est le milieu 1, donc $n_1 = 1,00$ et le verre est le milieu 2, avec $n_2 = 1,64$.
Si $i = 45^\circ$, alors on peut calculer r : $\sin(r) = \frac{n_1 \sin(i)}{n_2}$.
Soit $\sin(r) = \frac{1,00 \times \sin(45^\circ)}{1,64} = 0,431$ donc $r_{(\text{rouge})} = 25,5^\circ$
3. Pour un rayon violet, $\lambda_v = 400$ nm, l'indice est égal à $n_v = 1,68$.
4. L'angle de réfraction est alors $\sin(r) = \frac{1,00 \times \sin(45^\circ)}{1,68} = 0,421$ donc $r_{(\text{violet})} = 24,9^\circ$.
5. Ce prisme est dispersif car son indice varie avec la longueur d'onde de la radiation qui le traverse : n décroît lorsque λ augmente. En conséquence, les rayons qui le traversent ne sont pas déviés de la même manière selon leur couleur, ainsi $r_{(\text{violet})} = 24,9^\circ < r_{(\text{rouge})} = 25,5^\circ$.

EXERCICE DE SYNTHÈSE

Détermination expérimentale d'un indice de réfraction

Le dispositif schématisé ci-dessous est utilisé pour étudier la réfraction d'un faisceau laser lorsqu'il pénètre dans un demi-cylindre en verre.



Le support gradué permet de relever les valeurs des angles i et r pour différentes positions de la source.

i (°)	0	10	20	30	40	50	60	70
r (°)	0	7,0	13	20	25	31	35	39

1. Les valeurs des angles i et r sont-elles proportionnelles ?
2. Tracer la courbe représentant $\sin(i)$ en fonction de $\sin(r)$.
3. Comment voit-on que $\sin(i)$ et $\sin(r)$ sont proportionnels ?
4. En déduire la valeur de l'indice de réfraction du verre constituant le demi-cylindre.

CORRIGÉ

1. Lorsque deux grandeurs sont proportionnelles, le rapport de leurs valeurs reste constant.

Calculons le rapport $\frac{i}{r}$ pour deux couples différents de valeurs.

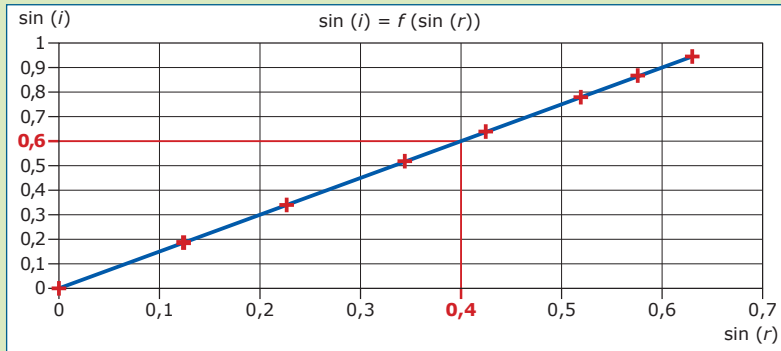
- Pour $i = 20^\circ$, $r = 13^\circ$ donc $\frac{i}{r} = \frac{20}{13} = 1,54$.
- Pour $i = 60^\circ$, $r = 35^\circ$ donc $\frac{i}{r} = \frac{60}{35} = 1,71$.

Les angles i et r ne sont donc pas proportionnels.

2. Les valeurs des sinus sont données dans le tableau suivant :

$\sin(i)$	0	0,17	0,34	0,50	0,64	0,77	0,87	0,94
$\sin(r)$	0	0,12	0,22	0,34	0,42	0,52	0,57	0,63

Pour tracer $\sin(i)$ en fonction de $\sin(r)$, on reporte les valeurs de $\sin(r)$ en abscisse. L'alignement des points permet de tracer une droite moyenne.



3. Deux grandeurs proportionnelles sont liées par une fonction linéaire dont le graphe est une droite passant par l'origine. Le graphe montre que les points expérimentaux sont pratiquement alignés, ce qui confirme que $\sin(i)$ est proportionnel à $\sin(r)$.

4. La deuxième loi de Descartes dit que les angles sont liés par la relation : $n_1 \sin(i) = n_2 \sin(r)$.

Le milieu 1 étant l'air d'indice $n_1 = 1,0$, la relation de Descartes s'écrit : $1,0 \times \sin(i) = n_2 \sin(r)$ où n_2 est l'indice du verre.

Le coefficient de proportionnalité est déterminé en utilisant la droite passant au plus près des points expérimentaux : n_2 est calculé partir des valeurs (en rouge) lues sur la droite moyenne :

$$n_2 = \frac{\sin(i)}{\sin(r)} = \frac{0,60}{0,40} = 1,5.$$

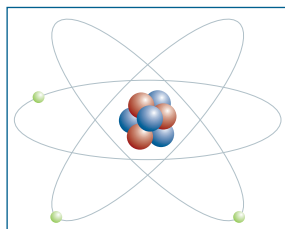
L'indice du verre est donc $n_2 = 1,5$.

EN GRÈCE, à la fin du v^e siècle av. J.-C., les philosophes Démocrite et Leucippe imaginent l'existence de l'atome. Ainsi, l'adjectif grec *atomos* qui signifie *indivisible*, « qu'on ne peut pas couper », est à l'origine du mot atome. Des siècles plus tard (fin $xviii^e$ – début xix^e), des chimistes ont établi définitivement la théorie atomique.

1 La structure de l'atome

A Les constituants de l'atome

- La matière est constituée d'atomes.
- L'atome est formé d'un **noyau** autour duquel gravitent des électrons, constituant le **cortège (ou nuage) électronique**.
- Le noyau est composé de **nucléons** : les protons et les neutrons.



■ Les nucléons

- Les **neutrons** sont **électriquement neutres** ; les **protons** portent une **charge électrique positive** notée q_p .

Cette charge est la charge élémentaire notée e , exprimée en coulomb (C) :

$$q_p = e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C.}$$

- Le proton et le neutron ont des masses quasi-identiques :

$$m_p \approx m_n \approx m_{(\text{nucléon})} = 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg.}$$

■ Le cortège (ou nuage) électronique

- Le **cortège électronique** d'un atome est formé d'électrons portant une charge électrique élémentaire négative $q_e = -e = -1,6 \times 10^{-19} \text{ C.}$

• Un électron porte une charge électrique exactement opposée à celle du proton ($q_e = -q_p$). La charge électrique totale du nuage électronique compense exactement la charge du noyau, c'est-à-dire celle des protons.

- **Il y a autant de protons que d'électrons dans un atome. Par conséquent, un atome est électriquement neutre.**

B Représentation symbolique d'un noyau

- Le noyau d'un atome est constitué de Z protons et N neutrons. Le nombre total de nucléons dans le noyau est noté A . On a $A = Z + N$.
- Le symbole d'un noyau est :



A = nombre de nucléons
 A est appelé **nombre de masse**.

Z = nombre de protons
 Z est appelé **numéro atomique**.

X est le symbole de l'élément.

EXEMPLE : Le noyau de ${}^{23}_{11}\text{Na}$ est un assemblage de 11 protons et 12 neutrons ($23 = 11 + 12$).

C La structure lacunaire de l'atome

■ La masse d'un atome

La masse d'un atome est égale à la somme des masses de ses constituants. Mais, l'électron est environ 2 000 fois plus léger qu'un nucléon : $m_{e^-} = 9,1 \times 10^{-31}$ kg. **La masse de l'atome** est donc pratiquement égale à celle de son noyau puisque l'électron a une masse négligeable devant celle d'un nucléon.

La masse de l'atome est donc concentrée dans son noyau.

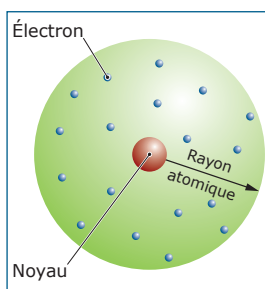
$$m_{\text{atome}} = Am_{\text{nucléon}}$$

EXEMPLE : La masse de l'atome de fluor est quasiment celle de son noyau ${}^{19}_9\text{F}$ soit :

$$m_{\text{F}} \approx 19 \times 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg} = 3,17 \times 10^{-26} \text{ kg}$$

■ Le rayon atomique

- Un atome peut être représenté par une sphère dont le rayon est de l'ordre de 10^{-10} m. Au centre de cette sphère, se trouve le noyau dont le rayon est de l'ordre de 10^{-15} m.
- L'atome a un rayon environ **100 000 fois plus grand** que celui de son noyau.



REMARQUE : Si le noyau était une balle de golf (3 cm de diamètre), le nuage électronique serait une sphère de 3 km de diamètre !

Tout comme le système solaire, l'atome a une structure lacunaire.

■ Les distances séparant le noyau des électrons sont très grandes devant la dimension du noyau. Ainsi la plus grande partie (volume) d'un atome est constituée **de vide**.

D Récapitulatif de la structure de l'atome

	Atome		
	Cortège électronique	Noyau Rayon : 10^{-15} m	
Particule élémentaire	Électrons	Nucléons	
		Protons	Neutrons
Charge électrique	-	+	0
Ordre de grandeur de la masse	10^{-30} kg	10^{-27} kg	
Nombres	Z	Z	N
		A = Z + N	

Exercice résolu : Déterminer la masse d'un atome

ÉNONCÉ

Soit un atome de magnésium Mg défini par les nombres $Z = 12$ et $A = 26$.

- Donner le symbole de son noyau et préciser la constitution de cet atome.
- Calculer la masse du noyau, notée m_{noyau} , sachant que la masse d'un nucléon est $1,67 \times 10^{-27}$ kg.
- Calculer la masse du nuage électronique d'un atome de magnésium sachant que $m_{e^-} = 9,1 \times 10^{-31}$ kg.
- Déterminer la valeur du rapport $\frac{m_{\text{noyau}}}{m_{\text{nuage électronique}}}$. Que peut-on conclure ? En déduire la

masse de l'atome de magnésium.

MÉTHODE

- Le noyau est constitué de Z protons et $A - Z$ neutrons.
- La masse du noyau est : $m_{\text{noyau}} = Am_{\text{nucléon}}$.
- L'atome contient Z électrons. La masse du nuage électronique est donc égale à Zm_{e^-} .

CORRIGÉ

- ${}^{26}_{12}\text{Mg}$ L'atome de magnésium est composé d'un noyau de 12 protons et de $A - Z = 26 - 12 = 14$ neutrons autour duquel 12 électrons gravitent.
- $m_{\text{noyau}} = Am_{\text{nucléon}} = 26 \times 1,67 \times 10^{-27} = 4,34 \times 10^{-26}$ kg.
- $m_{\text{nuage électronique}} = Zm_{e^-} = 12 \times 9,1 \times 10^{-31} = 3,9 \times 10^{-30}$ kg.
- $\frac{m_{\text{noyau}}}{m_{\text{nuage électronique}}} = \frac{4,34 \times 10^{-26}}{3,9 \times 10^{-30}} = 1,1 \times 10^4 \approx 10^4$.

La masse du noyau est environ 10 000 fois plus grande que celle du nuage électronique. La masse de l'atome est donc concentrée dans son noyau. On peut négliger la masse des électrons devant celle du noyau.

$$m_{\text{Mg}} \approx m_{\text{noyau}} \approx Am_{\text{nucléon}} = 4,34 \times 10^{-26} \text{ kg}$$

2 Les éléments chimiques

■ Comment reconnaître un même élément chimique ?

• Un **élément chimique** est caractérisé par le **nombre de protons Z** présents dans son noyau.

Connaître Z, c'est connaître l'élément chimique et réciproquement.

• Une centaine d'éléments chimiques sont connus à ce jour (voir chapitre 5). Chaque élément est symbolisé par une majuscule suivie éventuellement d'une minuscule (dérivant souvent du nom de l'élément).

Nom	Hydrogène	Hélium	Carbone	Azote	Oxygène	Chlore
Numéro atomique	1	2	6	7	8	17
Symbole	H	He	C	N	O	Cl

■ Les isotopes

Des **isotopes** d'un élément sont des atomes ayant même numéro atomique Z, mais des nombres de nucléons A différents.

EXEMPLE

Toutes les entités chimiques (atomes, ions) possédant le même numéro atomique Z définissent un élément chimique.

Élément	Carbone	Chlore	Oxygène
Numéro atomique Z	6	17	8
Isotopes (% mélange naturel)	^{12}C (98,89%) ^{13}C (1,11%) ^{14}C (traces)	^{35}Cl (75,8%) ^{37}Cl (24,2%)	^{16}O (99,759%) ^{17}O (0,037%) ^{18}O (0,204%)

Exercice résolu : Identifier des isotopes

ÉNONCÉ

On considère les noyaux suivants : $^{64}_{28}\text{Ni}$, $^{65}_{29}\text{Cu}$, $^{66}_{30}\text{Zn}$ et $^{56}_{28}\text{X}$.

S'agit-il d'isotopes ? Justifier et identifier l'élément X.

MÉTHODE

Des isotopes ont le même nombre de protons mais un nombre de neutrons différent. Il faut donc comparer les numéros atomiques Z (nombre de protons) et les nombres de neutrons $N = A - Z$.

CORRIGÉ

Symbole du noyau	$^{64}_{28}\text{Ni}$	$^{65}_{29}\text{Cu}$	$^{66}_{30}\text{Zn}$	$^{56}_{28}\text{X}$
Nombre de protons Z	28	29	30	28
Nombre de neutrons $N = A - Z$	36	36	36	28

Les trois premiers noyaux ont le même nombre de neutrons (36) et des nombres de protons différents. Ces noyaux ne sont pas des isotopes.

En revanche, les noyaux $^{64}_{28}\text{Ni}$ et $^{56}_{28}\text{X}$ sont isotopes. L'élément X est donc l'élément nickel.

EXERCICE DE SYNTHÈSE

Les principaux éléments chimiques de l'Univers

L'Univers est principalement constitué des éléments *hydrogène* et *hélium*. Les autres éléments, dits « éléments lourds », fabriqués par les étoiles représentent moins de 1 % de la matière. Or ces éléments rares sont nécessaires pour former la matière solide, les glaces et les roches qui sont les constituants des planètes.

Les éléments les plus légers comme l'hydrogène (H), l'hélium (He), ainsi qu'un petit peu de lithium (Li) et de béryllium (Be), se sont créés au cours du Big Bang. Au sein des étoiles, les premières réactions thermonucléaires ont formé du carbone (C), de l'azote (N), de l'oxygène (O), du fluor (F)...

Donnée : $m_{\text{nucléon}} = 1,67 \times 10^{-27}$ kg.

1. Donner le symbole de l'hydrogène et de l'hélium, principaux constituants de l'univers.

On donne les couples (Z ; A) de deux éléments : (1 ; 1) pour l'hydrogène et (2 ; 4) pour l'hélium.

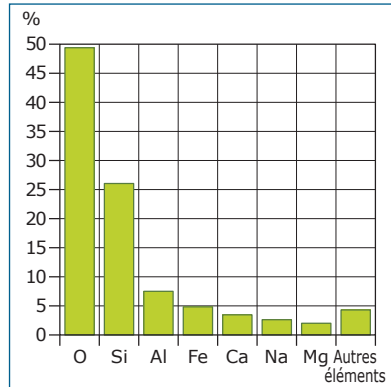
2. Donner la composition de ces atomes et déterminer leurs masses.

3. L'élément le plus abondant dans la croûte terrestre est caractérisé par $Z = 8$ et $A = 16$. Donner la représentation de son noyau.

4. Déterminer la masse de l'atome d'oxygène ; la comparer à celle de l'atome d'hydrogène et conclure. Retrouver dans le texte un argument qui valide votre conclusion.

Le magnésium est également présent dans la croûte terrestre. Un échantillon de magnésium à l'état naturel est constitué de 79 % de $^{24}_{12}\text{Mg}$, 10 % de $^{25}_{12}\text{Mg}$ et 11 % de $^{26}_{12}\text{Mg}$.

5. Comment appelle-t-on ces trois atomes ? Justifier.



Abondance relative, en masse, des éléments dans la croûte terrestre

CORRIGÉ

1. Hydrogène : H et hélium : He.

2. Le noyau d'hydrogène est constitué d'un proton ($Z = 1$ et $N = A - Z = 0$ neutron) ; le nuage électronique est constitué d'un électron.

Le noyau d'hélium est constitué de 2 protons ($Z = 2$) et de 2 neutrons ($A - Z = 2$). Le nuage électronique contient 2 électrons car l'atome est neutre.

La masse d'un atome est concentrée dans son noyau :

$$m_{\text{atome}} = Zm_{\text{p}} + (A - Z)m_{\text{n}} = A m_{\text{nucléon}}$$

$$m_{\text{H}} = 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg et } m_{\text{He}} = 4 \times 1,67 \times 10^{-27} = 6,68 \times 10^{-27} \text{ kg.}$$

3. Il s'agit de l'oxygène $^{16}_8\text{O}$.

4. $m_{\text{O}} = 16 m_{\text{nucléon}} = 2,72 \times 10^{-26}$ kg et $m_{\text{O}} = 16 m_{\text{H}}$.

L'oxygène a une masse 16 fois plus importante que celle de l'hydrogène. Dans le texte, il est dit « Les atomes les plus légers, l'hydrogène (H)... se sont créés au cours du Big Bang » alors que les plus lourds ont été obtenus lors de réactions thermonucléaires dans les étoiles.

5. Ces trois atomes sont des isotopes, ils sont caractérisés par le même nombre de protons (Z) mais un nombre de neutrons différent.

4

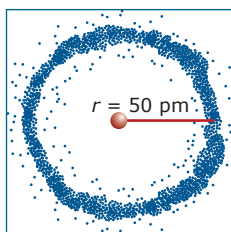
Pourquoi les atomes forment-ils des ions ?

 www.annabac.com

L'ÉTAT DE LA MATIÈRE le plus répandu dans l'Univers n'est ni l'état solide, ni l'état liquide, ni l'état gazeux mais l'état plasma, constituant les étoiles par exemple. Un plasma est composé d'entités neutres telles que des atomes mais aussi de particules chargées comme des ions et des électrons. Le but de ce chapitre n'est pas d'étudier les plasmas mais de comprendre pourquoi certains ions stables existent dans la nature.

1 Un modèle de cortège électronique


A L'atome d'hydrogène



■ Sur le schéma ci-contre, les points représentent la probabilité de trouver l'unique électron de l'atome d'hydrogène à un instant donné. Ces points forment une zone sphérique, centrée sur le noyau, d'épaisseur faible et de rayon moyen $r = 50 \text{ pm}$, dans laquelle l'électron a de grandes chances de se trouver.

■ On dit que l'électron appartient à une couche dont le rayon moyen est 50 pm : cette couche est appelée couche K.

Mais l'électron peut aussi être plus loin du noyau, par exemple à 200 pm . Dans ce cas, il est sur une autre couche, appelée couche L.

 $1 \text{ pm} = 10^{-12} \text{ m}$.

B Les autres atomes

■ Comme pour l'atome d'hydrogène, les électrons d'un atome quelconque se répartissent sur des couches autour du noyau. On note K la couche la plus proche du noyau, les suivantes sont notées, dans l'ordre croissant d'éloignement, L, M, N...

■ Les électrons d'un atome ne sont pas tous liés de la même façon à leur noyau. Plus ils sont proches du noyau, plus ils lui sont liés.

Les électrons, appartenant à une même couche, **sont situés à la même distance moyenne du noyau et lui sont liés de la même façon.**

C La structure électronique d'un atome

■ Le modèle décrit ici est une représentation simplifiée de l'organisation des électrons au sein d'un atome.

La répartition des électrons sur les couches K, L et M suit les règles simplifiées suivantes.

- Chaque couche électronique ne peut contenir qu'un nombre limité d'électrons : 2 électrons pour la couche K, 8 électrons pour la couche L et 18 électrons pour la couche M.
- Les électrons se répartissent dans les couches électroniques dans un ordre précis : d'abord la couche K, puis la couche L et ensuite la couche M.

On appelle **structure électronique d'un atome** la répartition de ses électrons sur les couches K, L et M...



Une couche totalement remplie est dite « saturée ».

EXEMPLES

- L'**hydrogène H**, de numéro atomique $Z = 1$, n'a qu'un électron situé sur la couche K. Sa structure électronique se note $(K)^1$.
- Le **chlore Cl** a pour numéro atomique $Z = 17$. Deux électrons sont sur la couche K, huit sur la couche L et les sept autres sont sur la couche M. La configuration électronique du chlore est donc $(K)^2(L)^8(M)^7$.

■ La couche la plus éloignée du noyau contenant des électrons est appelée **couche externe**. Les électrons de cette couche sont appelés **électrons périphériques**.

EXEMPLE

La couche externe du chlore est la couche M qui contient 7 électrons périphériques.

2

Les règles du duet et de l'octet

A Les gaz rares ou nobles

■ L'hélium, le néon, l'argon, le krypton, le xénon et le radon forment la famille des gaz rares. Ces gaz sont caractérisés par leur très grande inertie chimique, c'est-à-dire qu'ils ne réagissent jamais avec un autre composé ; d'où les qualificatifs de *nobles* ou d'*inertes* qui leur sont quelquefois donnés.

■ Cette remarquable **inertie chimique ou stabilité** s'explique par l'existence **d'une couche électronique externe en duet ou en octet** (à deux électrons pour l'hélium, à huit pour les autres).

Élément	Hélium He	Néon Ne	Argon Ar
Numéro atomique Z	2	10	18
Structure électronique	$(K)^2$	$(K)^2(L)^8$	$(K)^2(L)^8(M)^8$
Couche externe	2 électrons sur K : duet	8 électrons sur L : octet	8 électrons sur M : octet

B Les règles du duet et de l'octet

■ C'est le nombre d'électrons de la couche externe d'un élément qui indique s'il est réactif ou stable. La stabilité d'un atome correspond à la configuration d'un gaz noble.

■ **Dans la nature, tous les éléments « tendent à » devenir stables.** Pour y parvenir, il leur faut **perdre ou gagner des électrons** pour acquérir la structure électronique externe en duet ou en octet d'un gaz noble.

• Règle du duet

Les atomes dont le numéro atomique est proche de 2 recherchent à obtenir une structure électronique en duet (K^2 (celle de l'hélium)).

👉 L'atome a tendance à adopter la configuration du gaz rare le plus proche.

• Règle de l'octet

Les autres atomes recherchent à obtenir une structure électronique externe en octet (qui est celle du gaz noble le plus proche : néon ou argon).

3 Les ions monoatomiques

■ **Un ion monoatomique** est un atome ayant gagné ou perdu un ou plusieurs électrons.

L'atome est électriquement neutre et l'électron porte une charge électrique négative ; ainsi, un atome ayant gagné un ou plusieurs électrons devient un **ion négatif**, appelé **anion**.

Dans le cas contraire, un ion monoatomique positif, appelé **cation**, provient de la perte d'un ou plusieurs électrons par un atome.

EXEMPLES

L'**ion chlorure** Cl^- résulte du gain d'un électron par un atome de chlore tandis que l'**ion fer II** Fe^{2+} provient de la perte de deux électrons par un atome de fer.

■ Les règles du duet et de l'octet permettent de comprendre comment se forment les ions monoatomiques stables existant dans la nature.

Élément chimique	Li	F	Al
Numéro atomique Z	3	9	13
Structure électronique de l'atome	$(K)^2(L)^1$	$(K)^2(L)^7$	$(K)^2(L)^8(M)^3$
Ion monoatomique stable	Li^+	F^-	Al^{3+}
	Perte d'1 électron	Gain d'1 électron	Perte de 3 électrons
Structure électronique de l'ion	$(K)^2$	$(K)^2(L)^8$	$(K)^2(L)^8$
	Structure en duet	Structure en octet (celle du néon)	

Exercice résolu : Déterminer la structure électronique d'un ion monoatomique

ÉNONCÉ

1. Donner la structure électronique de l'atome de soufre ${}^{32}_{16}\text{S}$.
2. Combien compte-t-il d'électrons sur sa couche externe ?
3. Donner la formule de l'ion correspondant en citant la règle utilisée.
4. À quel gaz rare correspond la structure électronique de cet ion ?

MÉTHODE

Pour connaître l'ion monoatomique le plus stable, il faut « ôter » ou « ajouter » le moins d'électrons possibles.

CORRIGÉ

1. Le soufre a pour numéro atomique $Z = 16$ donc l'atome de soufre comporte 16 électrons et sa configuration électronique est $(\text{K})^2(\text{L})^8(\text{M})^6$.
2. La couche externe est la couche M, elle contient 6 électrons.
3. Pour ressembler à l'argon, le soufre tend à acquérir 8 électrons (octet) sur sa couche externe M. Le soufre doit donc gagner 2 électrons (et non en perdre 6 !). Il devient l'ion S^{2-} : il suit ainsi la règle de l'octet.
4. L'ion S^{2-} a la structure électronique $(\text{K})^2(\text{L})^8(\text{M})^8$ qui correspond à celle de l'argon.

EXERCICE DE SYNTHÈSE

Constitution de quelques ions monoatomiques

1. En vous aidant des données ci-après, compléter le tableau décrivant la constitution de quelques ions monoatomiques.

Formule de l'ion	F^-				
Charge de l'ion	-			2+	
Symbole du noyau		${}^{55}_{25}\text{Mn}$		${}^{40}_{20}\text{Ca}$	${}^{56}_{26}\text{Fe}$
Nombre de protons			1		
Nombre de neutrons	10	30	0	20	
Nombre d'électrons		23	0		23
Structure électronique de l'ion					
Structure électronique de l'atome					

2. Quelle particularité présente la structure électronique des ions fluorure et calcium ?

Données : numéros atomiques de quelques éléments chimiques.

	H	He	O	F	Ne	Ar	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe
Z	1	2	8	9	10	18	19	20	22	23	24	25	26

CORRIGÉ

1. Pour remplir le tableau, il faut suivre les étapes suivantes :

- le nombre de protons est égal au numéro atomique Z de l'élément.

Exemple : l'ion F^- issu de l'atome de fluor F possède $Z = 9$ protons ;

- le nombre d'électrons (particules négatives) n'est pas égal à Z puisqu'un ion est un atome ayant gagné ou perdu un ou des électrons.

Exemple : l'ion F^- porte une charge négative, il contient donc un électron de plus que de protons, soit $Z + 1 = 10$;

- le symbole d'un noyau est A_ZX avec A , le nombre total de nucléons (neutrons et protons) ;

- Z représente le nombre de protons et, comme l'atome est électriquement neutre, Z correspond aussi au nombre de ses électrons.

Formule de l'ion	F^-	Mn^{2+}	H^+	Ca^{2+}	Fe^{3+}
Charge de l'ion	-	2+	+	2+	3+
Symbole du noyau	${}^{19}_9F$	${}^{55}_{25}Mn$	1_1H	${}^{40}_{20}Ca$	${}^{56}_{26}Fe$
Nombre de protons	9	25	1	20	26
Nombre de neutrons	10	30	0	20	30
Nombre d'électrons	10	23	0	18	23
Structure électronique de l'ion	$(K)^2(L)^8$			$(K)^2(L)^8(M)^8$	
Structure électronique de l'atome	$(K)^2(L)^7$		$(K)^1$		

2. L'ion fluorure F^- et l'ion calcium Ca^{2+} ont une structure électronique en octet comme un gaz rare. Ce sont des ions stables.

5

La classification périodique des éléments chimiques

 www.annabac.com

À LA FIN DU XVIII^e siècle, Lavoisier recensait une trentaine d'éléments chimiques. Les découvertes du XIX^e siècle ont permis de doubler le nombre d'éléments connus. La nécessité d'une classification s'est alors manifestée. Parmi les nombreuses propositions, celle de Mendeleïev s'est imposée dès 1869.

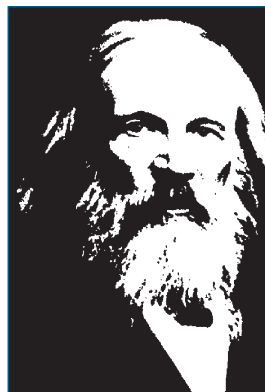
1 La démarche de Mendeleïev

■ En 1869, le chimiste russe **Dimitri Ivanovitch Mendeleïev** (1834-1907) propose une classification périodique (des 63 éléments connus à cette époque) tenant compte simultanément : **du poids atomique** et **des propriétés chimiques** des éléments.

Il élabore un tableau dans lequel il place les éléments par ordre croissant de poids atomique et par similarité de propriétés chimiques. Il construit son tableau en s'appuyant sur **la périodicité des propriétés chimiques des éléments**.

■ Là où il fit preuve de génie, est qu'en établissant son classement, il poussa l'audace jusqu'à laisser des cases vides, augurant ainsi l'existence d'éléments alors inconnus. Il alla même jusqu'à prédire les propriétés de trois d'entre eux en s'aidant de celles de quatre éléments voisins. Ces prédictions furent confirmées quelques années plus tard, lors de la découverte du gallium (1875), du scandium (1879) et du germanium (1886). Les scientifiques reconnurent alors l'utilité de son tableau périodique.

■ Bien que présentant quelques anomalies (voir l'exercice de synthèse), la classification de Mendeleïev a servi de base pour la construction de notre classification actuelle qui comporte plus d'une centaine d'éléments.



2 Critères de construction de la classification actuelle

- Les éléments chimiques ${}_Z\text{X}$ sont classés par numéro atomique Z croissant.
- Le remplissage d'une ligne, ou **période**, correspond au remplissage d'une couche électronique.
- Chaque colonne contient des éléments ayant tous le même nombre d'électrons externes. Un élément situé dans la n^{e} colonne possède n électrons externes.
- Les éléments d'une même colonne constituent une **famille** ; ils ont des propriétés chimiques voisines.

Classification périodique restreinte

période	couche externe	ALCALINS	ALCALINO-TERREUX		CHALCOGÈNES	HALOGENÈS	GAZ RARES ou NOBLES		
↓	↓								
1	K	${}^1\text{H}$ (K) ¹					${}^2\text{He}$ (K) ²		
2	L	${}^3\text{Li}$...(L) ¹	${}^4\text{Be}$...(L) ²	${}^5\text{B}$...(L) ³	${}^6\text{C}$...(L) ⁴	${}^7\text{N}$...(L) ⁵	${}^8\text{O}$...(L) ⁶	${}^9\text{F}$...(L) ⁷	${}^{10}\text{Ne}$...(L) ⁸
3	M	${}^{11}\text{Na}$...(M) ¹	${}^{12}\text{Mg}$...(M) ²	${}^{13}\text{Al}$...(M) ³	${}^{14}\text{Si}$...(M) ⁴	${}^{15}\text{P}$...(M) ⁵	${}^{16}\text{S}$...(M) ⁶	${}^{17}\text{Cl}$...(M) ⁷	${}^{18}\text{Ar}$...(M) ⁸
4	N	${}^{19}\text{K}$...(N) ¹	${}^{20}\text{Ca}$...(N) ²						
		1	2	3	4	5	6	7	8
		↑							↑
		Nombres d'électrons sur la couche externe							Structure en octet

EXEMPLE : Les éléments de la deuxième colonne constituent la famille des alcalino-terreux ; ils ont tous 2 électrons sur leur couche externe. Le magnésium Mg fait partie de la 3^e période : les couches K et L sont saturées, la couche M est la couche externe.

3 Familles chimiques

■ Les éléments ayant le même nombre d'électrons sur leur couche externe ont des **propriétés chimiques semblables** puisque celles-ci sont liées à la composition de cette couche : ils constituent **une famille**.

■ Les ions monoatomiques stables issus d'une même famille portent tous la même charge électrique. Ceci découle des règles du duet et de l'octet (chapitre 4).

Famille	Alcalin	Alcalino-terreux	Halogènes	Gaz rares
Nombre d'électrons sur la couche externe	1	2	7	8
Ion monoatomique	X^+	X^{2+}	X^-	aucun
Exemples	Li, Na	Be, Mg	F, Cl	Ne, Ar

EXEMPLES

- Les gaz rares ont une couche externe en octet, ils sont très stables et présentent une grande inertie chimique.
- Les alcalins (première colonne) sont des métaux relativement mous qui réagissent vivement avec l'eau. Les ions issus des alcalins sont : Li^+ , Na^+ , K^+ .
- Les halogènes (avant dernière colonne) ont une structure externe à 7 électrons, ils forment les ions halogénure X^- : chlorure Cl^- , fluorure F^- , bromure Br^- ...

Exercice résolu : Identifier un atome par sa structure électronique

ÉNONCÉ

L'oxygène a pour numéro atomique $Z = 8$.

1. Donner sa configuration électronique. En déduire sa place dans la classification périodique.
2. Quel ion monoatomique donnera-t-il ? Donner sa structure électronique. À quel élément correspond-elle ?
3. Quelle est la configuration électronique de l'élément qui suit l'oxygène ? À quelle famille appartient-il ?
4. Quelle est la configuration électronique de l'élément placé sous l'oxygène ?

MÉTHODE

La structure électronique permet de positionner un élément dans la classification (et réciproquement).

- Un élément situé dans la n^{e} colonne possède n électrons externes.
- Chaque ligne, ou période, de la classification correspond au remplissage d'une couche électronique (1^{re} ligne, couche K ; 2^e ligne, couche L...). La couche externe de l'élément correspond à la période dans laquelle il se trouve.

CORRIGÉ

1. L'atome d'oxygène de numéro atomique $Z = 8$ a pour structure électronique $(K)^2(L)^6$. Sa couche externe étant la couche L, il se trouve sur la deuxième ligne du tableau. Comme il possède 6 électrons sur sa couche externe, il appartient donc à la sixième colonne.
2. Pour satisfaire à la règle de l'octet, un atome d'oxygène peut soit gagner, soit perdre des électrons pour compléter sa couche externe à 8 électrons. Il gagne 2 électrons et forme un anion O^{2-} . Sa structure électronique est $(K)^2(L)^8$, comme le gaz rare néon.
3. L'atome qui le suit a un électron de plus sur sa couche externe, il a donc la configuration $(K)^2(L)^7$; il appartient à la famille des halogènes.
4. L'atome placé en dessous possède aussi 6 électrons sur sa couche externe. Mais la couche électronique externe correspond à la couche M puisqu'on change de période. Sa configuration est $(K)^2(L)^8(M)^6$.



L'atome qui suit l'atome d'oxygène est celui situé juste après lui sur la même ligne.

EXERCICE DE SYNTHÈSE

Dimitri Mendeleïev et la classification périodique

En classant les éléments chimiques par masse atomique croissante, le chimiste D. Mendeleïev met en évidence le fait que les éléments ayant des propriétés similaires se retrouvent à intervalles réguliers. Il en conclut l'existence d'une périodicité des propriétés parmi les éléments chimiques.

En 1869, il propose une classification. Elle compte 63 éléments. Pour respecter la périodicité, Mendeleïev est parfois amené à inverser des éléments et à laisser des cases vides. Il prévoit ainsi la découverte de nouveaux éléments, dont il estime les masses atomiques et prédit les propriétés !

Classification de Mendeleïev

H(1)	? (8)	? (22)	Cu (63,4)	Ag (108)	Hg (200)
	Be (9,4)	Mg (24)	Zn (65,4)	Cd (112)	
	B (11)	Al (27,4)	? (68)	Ur (116)	Au (197 ?)
	C (12)	Si (28)	? (70)	Sn (118)	
	N (14)	P (31)	As (75)	Sb (122)	Bi (210 ?)
	O (16)	S (32)	Se (79,4)	Te (128 ?)	
	F (19)	Cl (35,5)	Br (80)	I (127)	
Li	Na (23)	K (39)	Rb (85,4)	Cs (133)	Tl (204)
		Ca (40)	Sr (87,6)	Ba (137)	Pb (207)

1. Quelle est la nationalité de D. Mendeleïev ?
2. Combien d'éléments chimiques étaient connus à son époque ?
3. Quelle(s) différence(s) existe-t-il entre la classification de Mendeleïev et l'actuelle ?
4. Pourquoi la 18^e colonne ne se trouve-t-elle pas dans la classification de Mendeleïev ? Justifier.
5. Mendeleïev avait prévu l'existence de l'élément de masse atomique 68 découvert quelques années plus tard, il s'agissait du gallium. Dans la classification actuelle, l'élément placé juste au-dessus de ce dernier a comme configuration $(K)^2(L)^8(M)^3$. Quelle est la position du gallium dans la classification actuelle ? Quel ion monoatomique peut-il donner ?
6. Pourquoi Mendeleïev a-t-il inversé les éléments de masse atomique 127 et 128 ?
7. Il y a périodicité des propriétés chimiques. Indiquer quels sont les éléments chimiques ayant des propriétés voisines de celles du fluor ? Et de celles de l'oxygène ? Justifier.

CORRIGÉ

1. Mendeleïev est russe.
2. 63 éléments chimiques étaient connus à l'époque de Mendeleïev.
3. Les différences entre la classification de Mendeleïev et l'actuelle sont : les lignes et les colonnes sont inversées et, aujourd'hui, les éléments sont rangés par numéro atomique Z croissant.
4. La 18^e colonne ne se trouve pas dans la classification de Mendeleïev car on ne connaissait pas encore les gaz rares, découverts à la fin du XIX^e siècle, inertes du fait de leur dernière couche en octet.
5. L'élément au-dessus du gallium se trouve dans la 3^e colonne, puisque sa couche externe contient 3 électrons, et, sur la troisième ligne puisque la troisième couche M est partiellement remplie. Le gallium se placera dans la 3^e colonne et 4^e ligne. Il donnera un cation Ga^{3+} (perte de 3 électrons pour satisfaire à la règle de l'octet).
6. Mendeleïev a inversé les éléments tellure, Te , et iode, I , de masses atomiques respectives 128 et 127, pour qu'ils se trouvent classés avec des éléments ayant les mêmes propriétés.
7. Le chlore, le brome et l'iode ont les mêmes propriétés que le fluor car ils ont tous 7 électrons externes.

Le soufre, le sélénium et le tellure ont les mêmes propriétés que l'oxygène car ils ont tous 6 électrons sur leur couche externe.

6

Le système solaire

NOTRE SYSTÈME SOLAIRE est un magnifique manège en mouvement. Depuis les grecs anciens (Aristote, Ptolémée, Eudoxe de Cnide, Callippe...) jusqu'aux scientifiques des XVI^e et XVII^e siècles (Copernic, Tycho Brahe, Kepler, Galilée, Newton...), la description du mouvement des planètes a suscité de multiples hypothèses avant d'en comprendre toute la complexité.

1 La relativité du mouvement

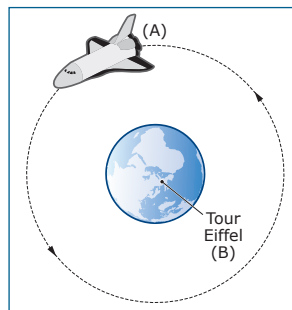
A Mouvement et référentiels

■ Un objet A est en mouvement par rapport à un objet B si la position de A par rapport à B évolue au cours du temps.

EXEMPLE

La navette spatiale (A) est en mouvement par rapport à la tour Eiffel (B).

■ Le corps de référence par rapport auquel est décrit le mouvement d'un objet est appelé **référentiel**.



EXEMPLES

	Corps de référence	Intérêt
Référentiel terrestre	La surface de la Terre ou tout objet fixe sur Terre.	Description simple des mouvements sur Terre.
Référentiel géocentrique	Le centre de la Terre.	Description simple des mouvements des satellites terrestres.
Référentiel héliocentrique	Le centre du Soleil.	Description simple du mouvement des planètes du système solaire.

■ Le mouvement est une notion relative.

EXEMPLE : La tour Eiffel est immobile dans le référentiel terrestre mais elle est en mouvement dans le référentiel géocentrique puisque la Terre est animée d'un mouvement de rotation propre autour de son axe nord-sud.

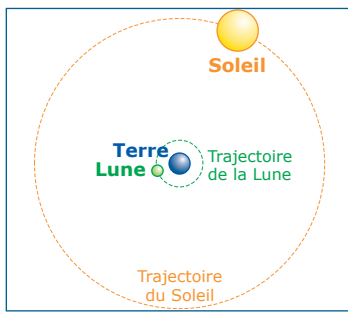
B Trajectoire

La trajectoire d'un objet est l'ensemble des positions qu'il occupe au cours de son mouvement. Cette trajectoire dépend du **référentiel**.

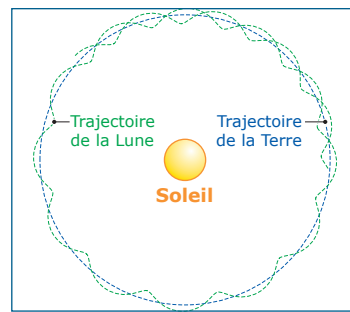
EXEMPLE DU SYSTÈME SOLEIL-TERRE-LUNE

- Dans le référentiel héliocentrique, la Terre tourne autour du Soleil mais c'est l'inverse dans le référentiel géocentrique.
- Dans le référentiel géocentrique, la Lune décrit une trajectoire (ou orbite) pratiquement circulaire en 27,3 jours mais, dans le référentiel héliocentrique, sa trajectoire est beaucoup plus complexe.

(Les échelles ne sont pas respectées.)



Trajectoires dans le référentiel géocentrique



Trajectoires dans le référentiel héliocentrique

C Description d'un mouvement

Décrire le mouvement d'un objet, c'est indiquer :

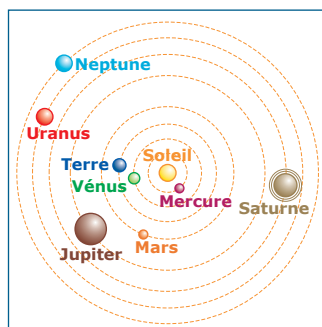
Il est indispensable de préciser le référentiel choisi pour décrire le mouvement d'un objet.

- la nature de la trajectoire : rectiligne, circulaire, elliptique... ;
- l'évolution de la vitesse : le mouvement est **uniforme** si la vitesse est constante, le mouvement est **accélééré** si la vitesse est croissante, le mouvement est **retardé** ou **ralenti** si la vitesse est décroissante.

EXEMPLE

Chaque planète du système solaire est animée d'un mouvement presque circulaire et uniforme dans le référentiel héliocentrique.

(Les échelles ne sont pas respectées.)



Exercice résolu : Calculer la vitesse d'une planète dans le référentiel héliocentrique

ÉNONCÉ

La planète Terre décrit une orbite presque circulaire autour du Soleil. Le rayon de cette orbite est $R = 1,50 \times 10^8$ km.

1. Quelle est en seconde la période T de révolution de la Terre sur son orbite héliocentrique ?
2. Calculer en kilomètres par seconde la vitesse orbitale de la Terre dans le référentiel héliocentrique.

À RETENIR

- La **période de révolution** d'une planète est le temps mis par celle-ci pour effectuer un tour complet autour du Soleil.
- La **vitesse moyenne** d'un objet est égale au quotient de la distance d parcourue le long de la trajectoire par la durée de parcours Δt :

$$v = \frac{d}{\Delta t} \quad \left| \quad d \text{ en m ; } \Delta t \text{ en s ; } v \text{ en m} \cdot \text{s}^{-1} \right.$$



Il ne faut pas confondre période de révolution avec période de rotation d'une planète autour de l'axe de ses pôles.

MÉTHODE

- Calculer le périmètre D de l'orbite de la Terre en utilisant la relation mathématique donnant le périmètre d'un cercle : $D = 2\pi R$.
- La distance $d (= D)$ est parcourue en une période T donc on peut calculer la vitesse à l'aide de la relation $v = \frac{D}{T}$.

CORRIGÉ

1. La Terre décrit son orbite autour du Soleil en 1 an donc sa période de révolution est : $T = 1 \text{ an} = 365,25 \text{ j} = 365,25 \times 24 \times 60 \times 60 = 3,155 \ 8 \times 10^7 \text{ s}$.
2. Périmètre de l'orbite : $D = 2\pi R = 2 \times \pi \times 1,50 \times 10^8 = 9,42 \times 10^8 \text{ km}$.

La vitesse de la Terre sur son orbite héliocentrique est donc :

$$v = \frac{D}{T} = \frac{9,42 \times 10^8}{3,155 \ 8 \times 10^7} = 29,8 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}.$$

2 Le principe d'inertie

■ Notion de force

- Une force est une action mécanique qui, appliquée à un solide immobile, est capable de le mettre en mouvement.
- Une force est une action mécanique qui, appliquée à un solide en mouvement, est capable de modifier sa vitesse ou sa trajectoire ou les deux à la fois.

EXEMPLE

La poussée exercée par les moteurs d'une fusée permet son décollage.



■ Énoncé du principe d'inertie

• « Tout corps persévère dans son état de repos ou de mouvement rectiligne uniforme, s'il n'est soumis à aucune force ou si les forces qui s'appliquent sur lui se compensent. »

👉 **L'inertie est la résistance que les corps opposent aux changements de mouvement.**

- Dans le référentiel géocentrique, le principe d'inertie est applicable au mouvement des satellites de la Terre : la Lune et les satellites artificiels.

- Dans le référentiel héliocentrique, le principe d'inertie est applicable au mouvement des planètes.

• Attention : contrairement aux idées reçues, « absence de force » ne signifie pas nécessairement absence de mouvement ! S'il n'y a pas de force ou si les forces se compensent, alors le mouvement est rectiligne uniforme.

EXEMPLE

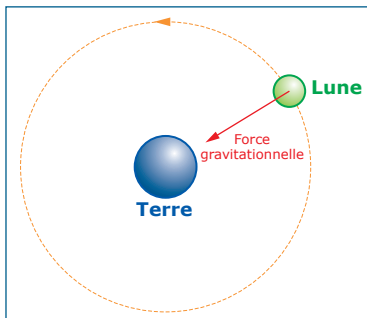
Une comète est animée d'un mouvement rectiligne uniforme lorsqu'elle est très éloignée d'une planète ou d'une étoile, parce qu'elle n'est alors soumise à aucune force.

Par contre, sa trajectoire est modifiée et sa vitesse varie à l'approche de l'astre qui l'attire.

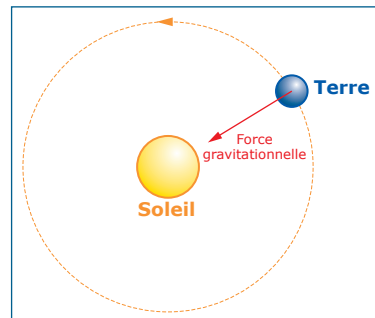
3 La gravitation universelle

A Conséquence du principe d'inertie : l'interaction gravitationnelle

■ Un astre tourne autour d'un autre astre car il est soumis à une force, appelée **force gravitationnelle**. En l'absence de cette force, son mouvement serait rectiligne uniforme.



Force gravitationnelle exercée par la Terre sur la Lune



Force gravitationnelle exercée par le Soleil sur la Terre

■ On doit la théorie de la gravitation universelle à Isaac Newton (1642-1727).

• Deux corps A et B, de masses respectives m_A et m_B , s'attirent mutuellement. On parle d'**interaction gravitationnelle**.

• L'intensité $F_{A/B}$ de la force gravitationnelle exercée par A sur B est exactement égale à l'intensité $F_{B/A}$ de la force gravitationnelle exercée par B sur A.

• **Loi de la gravitation universelle de Newton (1687)**

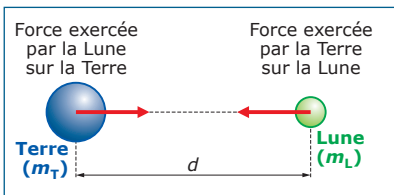
L'intensité de la force de gravitation est proportionnelle aux masses m_A et m_B et inversement proportionnelle au carré de la distance d entre A et B :

$$F_{A/B} = F_{B/A} = G \frac{m_A m_B}{d^2} \quad \left| \begin{array}{l} m_A \text{ et } m_B \text{ en kg ; } d \text{ en m ;} \\ F_{A/B} \text{ et } F_{B/A} \text{ en newton (N)} \end{array} \right.$$

G est la constante de gravitation universelle : $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$.

EXEMPLE

La loi de la gravitation universelle permet d'exprimer l'intensité $F_{T/L}$ de la force exercée par la Terre sur la Lune (identique à l'intensité $F_{L/T}$ de la force exercée par la Lune sur la Terre).



$$F_{T/L} = F_{L/T} = G \frac{m_T m_L}{d^2}.$$

La force gravitationnelle exercée par la Terre sur la Lune est orientée du centre de la Lune vers le centre de la Terre, et réciproquement.

Exercice résolu : Calculer une force gravitationnelle

ÉNONCÉ

Calculer l'intensité de la force de gravitation exercée par la Terre sur la Lune.

Données : masse de la Lune $m_L = 7,34 \times 10^{22} \text{ kg}$; masse de la Terre $m_T = 5,98 \times 10^{24} \text{ kg}$;
distance Terre-Lune : $d = 3,84 \times 10^5 \text{ km}$; $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$.

MÉTHODE

Utiliser l'expression de la loi de gravitation universelle pour calculer $F_{T/L} = G \frac{m_T m_L}{d^2}$ en étant attentif aux unités employées : les masses doivent être en kilogrammes et la distance en mètres.

CORRIGÉ

$$F_{T/L} = G \frac{m_T m_L}{d^2} = \frac{6,67 \times 10^{-11} \times 5,98 \times 10^{24} \times 7,34 \times 10^{22}}{(3,84 \times 10^8)^2}$$

$$F_{T/L} = 1,99 \times 10^{20} \text{ N.}$$



Le résultat est exprimé avec trois chiffres significatifs comme les autres données.

B La pesanteur terrestre

■ Le **poids** d'un objet, aussi nommé **force de pesanteur** ou **force d'attraction terrestre**, est le résultat de l'attraction gravitationnelle exercée par la Terre sur cet objet.

■ Dans le langage courant, on confond masse et poids. À la question « *quel est ton poids ?* », on répond, par exemple, « *70 kg* ».

Pour le physicien, la masse et le poids sont deux grandeurs bien distinctes : **la masse d'un objet est une grandeur invariable**, s'exprimant en kilogrammes (elle correspond au poids dans le langage courant), tandis que **son poids est la force gravitationnelle terrestre**, exprimée en **newton (N)**.

■ Les propriétés de l'interaction gravitationnelle, développées au paragraphe précédent, s'appliquent au cas particulier du poids d'un objet de masse m situé à la surface de la Terre.

■ **Direction et sens :** le poids est une force orientée de l'objet vers le centre de la Terre, c'est-à-dire qu'il est **vertical descendant**.

■ **Intensité :** le poids P est proportionnel aux masses m de l'objet et m_T de la Terre. Il est aussi inversement proportionnel au carré de la distance entre l'objet et le centre de la Terre. Cette distance n'est autre que le rayon R_T de la Terre.

$$P = G \frac{m_T m}{R_T^2} \quad \left| \begin{array}{l} m_T \text{ et } m \text{ en kg ; } R_T \text{ en m ;} \\ G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2} ; P \text{ en newton (N)} \end{array} \right.$$

■ La relation précédente écrite différemment $P = m \underbrace{\left(G \frac{m_T}{R_T^2} \right)}_g$

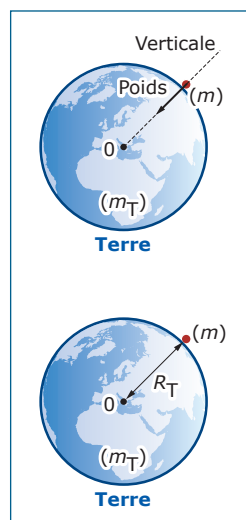
montre la proportionnalité entre le poids P d'un objet et sa masse m .

En notant g le coefficient de proportionnalité entre P et m , on obtient :

$$P = mg \quad \left| \begin{array}{l} m \text{ en kg ; } g \text{ en } \text{N} \cdot \text{kg}^{-1} ; P \text{ en N} \end{array} \right.$$

Le coefficient g est appelé **intensité de la pesanteur terrestre**. Sa valeur sur Terre dépend légèrement de l'altitude et de la latitude.

En France à l'altitude zéro, l'intensité de la pesanteur vaut : $g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$.



EXERCICE DE SYNTHÈSE

Le télescope Hubble

Depuis 1990, année de son lancement, le télescope Hubble décrit une orbite circulaire à 600 km d'altitude autour de la Terre. Ce télescope, pesant 11 tonnes et mesurant 13,2 m de long pour environ 4 m de diamètre, se déplace à $440 \text{ km} \cdot \text{min}^{-1}$ dans le référentiel géocentrique.

1. Expliquer brièvement pourquoi le télescope Hubble permet des observations astronomiques de bien meilleure qualité que si elles étaient réalisées depuis la surface de la Terre.

2. a. Schématiser l'orbite du télescope Hubble autour de la Terre.

b. Quel est le rayon de cette orbite ? Quel est son périmètre, exprimé avec deux chiffres significatifs ?

3. La période orbitale T d'un satellite est la durée nécessaire pour qu'il décrive une révolution complète. Déterminer en minutes la période orbitale du télescope Hubble.

4. Exprimer puis calculer, avec deux chiffres significatifs, la force gravitationnelle exercée par la Terre sur le télescope Hubble de masse m .

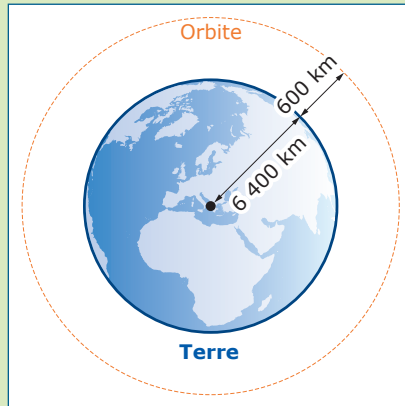
Données : rayon de la Terre : $R_T = 6\,400 \text{ km}$;

masse de la Terre : $m_T = 6,0 \times 10^{24} \text{ kg}$;

constante de gravitation universelle : $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$.

CORRIGÉ

1. Le télescope Hubble est placé au-dessus de l'atmosphère terrestre. Cela lui permet de recueillir la lumière émise par un objet céleste, vers lequel il est orienté, sans que celle-ci soit absorbée partiellement par l'air entourant notre planète. Les informations recueillies sont donc plus complètes que celles que pourrait décrypter ce même télescope s'il était installé à la surface de la Terre.



2. a. L'orbite circulaire du télescope Hubble a pour centre le centre de la Terre.

b. Le rayon de l'orbite est : $r = 6\,400 + 600 = 7\,000$ km.

Son périmètre vaut : $2\pi r = 2\pi \times 7\,000 = 4,4 \times 10^4$ km.

3. Le télescope Hubble décrit son orbite de périmètre $4,4 \times 10^4$ km à la vitesse de $440 \text{ km} \cdot \text{min}^{-1}$.

Sa période orbitale est alors : $T = \frac{\text{périmètre}}{\text{vitesse}} = \frac{4,4 \times 10^4}{440} = 100 \text{ min}$.

(En divisant une distance exprimée en km par une vitesse en $\text{km} \cdot \text{min}^{-1}$, on obtient un résultat en min.)

4. Le télescope se trouve à la distance $r = 7\,000 \text{ km} = 7,0 \times 10^6 \text{ m}$ du centre de la Terre.

La force gravitationnelle terrestre exercée sur ce satellite de masse

$m = 11 \text{ t} = 11 \times 10^3 \text{ kg}$ s'exprime par : $F = G \frac{mm_T}{r^2}$ et vaut :

$$F = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{11 \times 10^3 \times 6,0 \times 10^{24}}{(7,0 \times 10^6)^2} = 9,0 \times 10^4 \text{ N.}$$

POUR ÉTABLIR SON DIAGNOSTIC, le médecin ausculte son patient. Il le soumet à des examens biologiques (analyse de sang, par exemple). Il peut aussi avoir recours à des examens mettant en œuvre des techniques élaborées (électrocardiogramme, électroencéphalogramme, échographie, radiographie, fibroscopie...) s'appuyant sur l'utilisation de phénomènes physiques : signaux périodiques, ondes ultrasonores, ondes électromagnétiques...

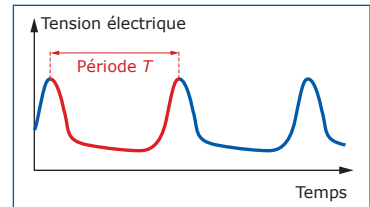
1 Des signaux électriques périodiques pour diagnostiquer

L'électroencéphalogramme et l'électrocardiogramme sont les tracés obtenus par enregistrement des signaux électriques périodiques émis respectivement par le cerveau ou par le cœur.

■ Période et fréquence

- Un signal périodique se répète identique à lui-même à intervalle de temps régulier, appelé **période T** .
- La **fréquence f** d'un signal périodique est le nombre de périodes par seconde :

$$f = \frac{1}{T} \quad \left| \quad T \text{ en s ; } f \text{ en hertz (Hz)} \right.$$

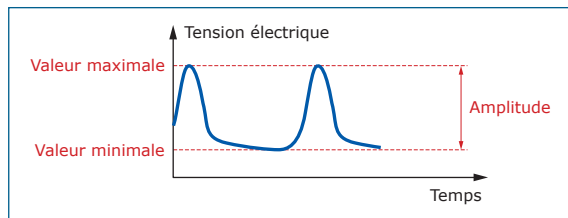


Une tension électrique périodique

■ Amplitude, valeur maximale, valeur minimale

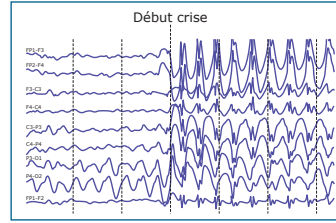
L'**amplitude « crête à crête »** d'un signal électrique est l'écart entre la valeur maximale de la tension et sa valeur minimale. Elle s'exprime en volt (V), millivolt (mV) ou microvolt (μV).

$1 \text{ mV} = 10^{-3} \text{ V ;}$
 $1 \text{ }\mu\text{V} = 10^{-6} \text{ V.}$



EXEMPLE

Lors d'une crise d'épilepsie, l'amplitude de l'activité cérébrale croît brutalement comme l'illustre l'électroencéphalogramme ci-contre.

**Exercice résolu : Exploiter un électrocardiogramme****ÉNONCÉ**

L'enregistrement suivant est un électrocardiogramme.

1. Déterminer la période des battements cardiaques du patient.
2. En déduire sa fréquence cardiaque et son rythme cardiaque.
3. Déterminer l'amplitude du signal électrique.

**MÉTHODE****• Période et fréquence**

Repérer le motif qui se répète et mesurer sa durée T (ou période) en utilisant l'échelle horizontale fournie sur l'électrocardiogramme.

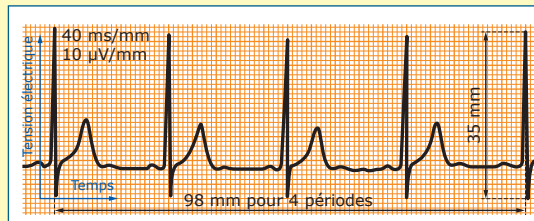
La fréquence est calculée en utilisant la relation $f = \frac{1}{T}$.

Le rythme cardiaque est le nombre de pulsations par minute. Il est obtenu en multipliant la fréquence par 60.

• Amplitude

Mesurer l'amplitude crête à crête en utilisant l'échelle verticale.

➤ Pour plus de précision, il est préférable de mesurer la valeur de plusieurs périodes pour en déduire la valeur d'une période.

CORRIGÉ

1. Quatre périodes correspondent à 98 mm sur l'enregistrement. Compte tenu de l'échelle 40 ms/mm, quatre périodes valent : $98 \times 40 = 3\,920$ ms = 3,92 s. La période des battements cardiaques est donc :

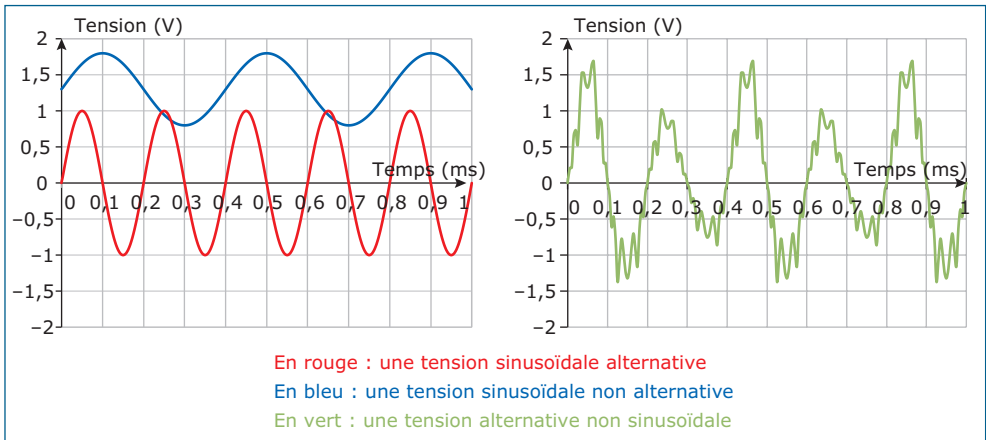
$$T = \frac{3,92}{4} = 0,980 \text{ s.}$$

2. La fréquence cardiaque est $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,980} = 1,02$ Hz. Autrement dit, le cœur bat au rythme de 1,02 pulsation chaque seconde. Le rythme cardiaque est donc : $60 \times 1,02 = 61,2$ pulsations/minute.

3. L'amplitude crête à crête correspond à 35 mm. Puisque l'échelle est de $10 \mu\text{V}/\text{mm}$, l'amplitude du signal vaut $350 \mu\text{V}$.

2 Tension électrique alternative

Une **tension électrique alternative** prend alternativement des valeurs positives et négatives.



3 Des ondes ultrasonores pour diagnostiquer

L'échographie est une technique d'imagerie médicale utilisant les propriétés des ondes ultrasonores, et en particulier leur réflexion, appelé **écho**.

■ Ondes sonores

• Une **onde sonore** (c'est-à-dire un son) est une onde mécanique se propageant dans les gaz, les liquides et les solides.

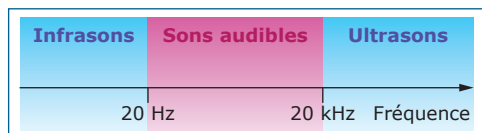
Une onde sonore ne peut pas exister dans le vide.

• La vitesse de propagation du son dans l'air est $340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Cette vitesse est nettement supérieure dans les liquides et les solides.

EXEMPLE : Le son se propage à $1\,500 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ dans l'eau.

■ Domaines de fréquences des ondes sonores

• L'oreille humaine est sensible aux sons de fréquences comprises entre environ 20 Hz et 20 kHz mais sa sensibilité n'est pas uniforme dans tout ce domaine.



• Les **ultrasons** ou ondes ultrasonores sont des ondes sonores inaudibles pour l'homme de fréquence supérieure à 20 kHz, se propageant à la même vitesse que les sons audibles.

■ Réflexion des ultrasons

• Les ultrasons sont rapidement atténués dans l'air alors qu'ils le sont beaucoup moins dans les liquides, c'est l'une des raisons pour laquelle ils permettent de réaliser des échographies. En effet, le corps humain est constitué à 70 % d'eau.

• Les ultrasons se réfléchissent sur les obstacles ou à chaque changement de milieu. C'est ce phénomène de **réflexion** (ou **écho**) qui est exploité en imagerie échographique.

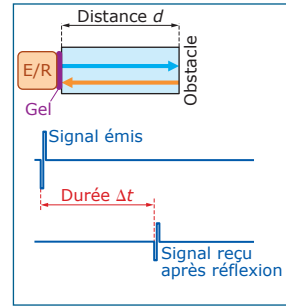
■ Principe de l'échographie

Un bref ultrason est émis par une sonde émettrice réceptrice (E/R) placée sur la peau du patient. Le signal se réfléchit sur un obstacle ou lors d'un changement de milieu de propagation. La mesure de la durée Δt du parcours aller-retour entre l'émetteur-récepteur et l'obstacle permet d'en déduire la distance d si la vitesse de propagation v de l'onde est connue.

La distance parcourue par l'onde pendant la durée Δt est $2d$ donc

la célérité v de l'onde s'exprime : $v = \frac{\text{distance parcourue}}{\text{durée du parcours}} = \frac{2d}{\Delta t}$
et par conséquent :

$$d = \frac{v\Delta t}{2} \quad \left| \begin{array}{l} v \text{ en } \text{m} \cdot \text{s}^{-1}; \Delta t \text{ en } \text{s}; d \text{ en } \text{m} \end{array} \right.$$



Le gel échographique placé entre la sonde et la peau du patient permet une bonne transmission des ultrasons dans le corps.

4 Des ondes électromagnétiques pour diagnostiquer

Les ondes électromagnétiques sont utilisées dans les examens médicaux tels que la radiographie et la fibroscopie.

A Domaines de longueur d'onde des ondes électromagnétiques

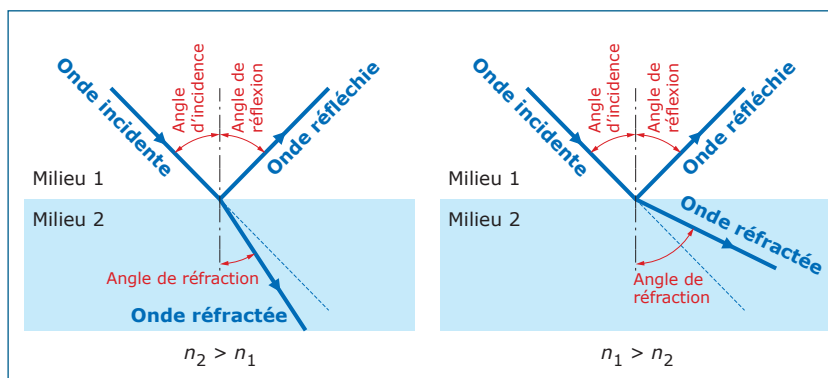
La lumière est une onde électromagnétique visible. Mais il existe d'autres catégories d'ondes électromagnétiques, caractérisées par leur domaine de longueur d'onde (voir le chapitre 2).

Longueurs d'onde dans le vide λ (m)					
10^{-12} 10^{-10} 10^{-8} 10^{-6} 10^{-4} 10^{-2} 1					
Rayons gamma	Rayons X	Ultraviolets (UV)	Visible	Infrarouges (IR)	Ondes hertziennes ou ondes radio

EXEMPLE : Les rayons X, découverts fortuitement en 1895 par le physicien allemand Wilhelm Röntgen, ont une longueur d'onde dans le vide comprise entre 10^{-12} m et 10^{-9} m. Ils sont utilisés en radiographie.

B Réflexion et réfraction

■ Une onde électromagnétique se propage **en ligne droite**. Lorsqu'elle change de milieu de propagation, une partie de cette onde se réfléchit avec un **angle de réflexion égal à l'angle d'incidence** et l'autre partie de l'onde se réfracte.

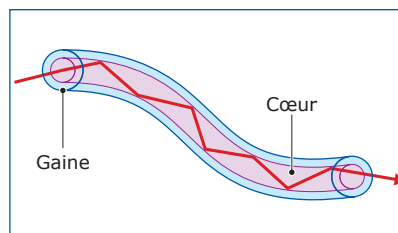


■ Si le milieu 2 a un indice optique plus petit que celui du milieu 1 et, si l'angle d'incidence est suffisamment grand, l'onde ne se réfracte plus mais elle subit une **réflexion totale**.

EXEMPLE : C'est en subissant une succession de réflexions totales qu'une onde électromagnétique peut être guidée à l'intérieur d'une **fibre optique**.



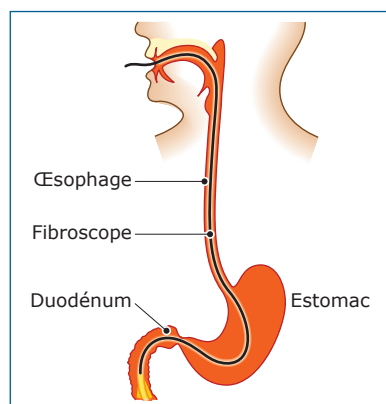
Fibres optiques



L'indice optique du cœur de la fibre optique est supérieur à celui de la gaine.

C Principe de la fibroscopie

Un **fibroscope** est une gaine souple, contenant plusieurs fibres optiques, qu'on introduit dans le corps du patient jusqu'à l'organe à examiner (estomac, bronches, par exemple). Certaines fibres servent à guider la lumière jusqu'à l'organe pour l'éclairer tandis que d'autres permettent de l'observer très clairement pour un diagnostic précis.



Fibroscopie de l'appareil digestif

EXERCICE DE SYNTHÈSE

La thermographie

Tout corps chaud émet des ondes électromagnétiques, et en particulier le corps humain. La thermographie permet de mettre en évidence les différences de température au niveau de la peau. À l'aide d'un détecteur capable de mesurer l'intensité des ondes, cette technique retranscrit l'information sous forme d'une image colorisée où chaque gamme de couleur correspond à un domaine de température.

La thermographie présente un intérêt dans le diagnostic des pathologies ou dans le suivi des actes thérapeutiques où il y a atteinte de la vascularisation : brûlures, greffes...

Lors d'un examen thermographique, le système de détection est réglé de manière à détecter une onde électromagnétique caractérisée par une fréquence $f = 3,0 \times 10^{13}$ Hz.

1. Que signifie le symbole Hz ? Quelle grandeur physique est représentée par la lettre f ?
2. La longueur d'onde λ de l'onde électromagnétique est liée à f par la relation : $\lambda = \frac{c}{f}$.
 - a. Que représente la lettre c ?
 - b. Calculer la valeur de la longueur d'onde. Exprimer λ en nanomètres.
 - c. En justifiant, indiquer la nature des ondes utilisées en thermographie.
3. La thermographie, comme l'échographie, ne présente aucun danger pour le patient. Ce n'est pas le cas pour la radiographie.
 - a. Quelle est la nature des ondes utilisées en échographie ? Appartiennent-elles à la catégorie des ondes électromagnétiques ?
 - b. Quelle est la nature des ondes électromagnétiques utilisées en radiographie ?

Données : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$;

Domaines de longueur d'onde pour quelques ondes électromagnétiques :

- ultraviolet : entre 1 nm et 400 nm ;
- lumière visible : entre 400 nm et 800 nm ;
- infrarouge : entre 800 nm et 10^6 nm (= 1 mm).

CORRIGÉ

1. Hz est le symbole du hertz, l'unité de la fréquence f .
2. a. La lettre c représente la vitesse de la lumière dans le vide.
- b. La longueur d'onde vaut : $\lambda = \frac{3,00 \times 10^8}{3,0 \times 10^{13}} = 1,0 \times 10^{-5} \text{ m}$.
L'équivalence entre nanomètre et mètre est : $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ ou $1 \text{ m} = 10^9 \text{ nm}$.
Par conséquent, la longueur d'onde vaut : $\lambda = 1,0 \times 10^{-5} \text{ m} = 1,0 \times 10^{-5} \times 10^9 \text{ nm} = 1,0 \times 10^4 \text{ nm}$.
- c. La longueur d'onde calculée est comprise entre 800 nm et 10^6 nm donc il s'agit d'un infrarouge.
3. a. L'échographie est une technique d'imagerie médicale utilisant des ultrasons. Ceux-ci ne sont pas des ondes électromagnétiques mais des ondes mécaniques.
- b. En radiographie, on utilise des rayons X.

8

Quelques espèces chimiques de la santé

L'APPORT DE LA CHIMIE au bien-être et à la santé de chacun est connu de tous. L'émergence régulière de nouveaux médicaments explique, pour une grande part, la régression de nombreuses maladies et l'augmentation continue de la longévité.

1 Autour d'un médicament

L'une des étapes essentielles dans la conception d'un médicament est sa préparation ou « formulation ».

■ Formulation d'un médicament

La composition détaillée d'un médicament constitue **sa formulation**. Elle mentionne :

- **le principe actif** : molécule qui possède un effet thérapeutique ;
- **les excipients** : autres composés dépourvus d'activité pharmacologique mais qui permettent une plus grande efficacité, une meilleure absorption et tolérance du principe actif.

EXEMPLE : formulation de l'ASPRO 500*

Dénomination : ASPRO 500 EFFERVESCENT, comprimé effervescent

Composition qualitative et quantitative :

Acide acétylsalicylique 500,00 mg
Mannitol, acide malique, polyvidone, dioctylsulfosuccinate de sodium, acide citrique, bicarbonate de sodium, carbonate disodique, saccharinate de sodium, arôme citron.

Classe pharmacothérapeutique : Analgésique et antipyrétique

La molécule d'acide acétylsalicylique (ou aspirine) est ici le principe actif. Tous les autres composés mentionnés sont les excipients.

2 Les espèces chimiques naturelles et synthétiques

■ Définition

- Un ensemble d'entités moléculaires, ioniques ou atomiques identiques constitue une **espèce chimique**.

- Si une substance chimique ne peut pas être séparée en d'autres substances, il s'agit d'**un corps pur**. On parle alors d'**espèce chimique**.
- Si une substance chimique contient plusieurs espèces chimiques, on parle de **mélange**.

■ Espèces naturelles ou synthétiques

- Une **espèce chimique naturelle** est extraite de la nature.
- Une **espèce chimique de synthèse**, appelée aussi espèce synthétique, est fabriquée par l'homme en laboratoire.

Certaines espèces synthétiques sont identiques à des espèces naturelles. D'autres n'existent pas dans la nature, ce sont des **espèces artificielles**.

EXEMPLE :

Depuis plus de quatre millénaires, on connaît les propriétés thérapeutiques des feuilles de saules, et des spirées.

En 1835, un Suisse a extrait le principe actif de cette plante : l'acide salicylique.

En 1874, le chimiste Allemand Kolbe synthétisa cette espèce chimique dans son laboratoire.

En 1899, la compagnie Bayer lança sur le marché un nouveau produit, l'acide acétylsalicylique, appelé aspirine.

L'acide salicylique est une espèce chimique naturelle puisqu'elle peut être extraite des feuilles de saule. Mais on la synthétise également en laboratoire. L'aspirine, ou acide acétylsalicylique, est une espèce chimique synthétique.



Parmi les médicaments synthétiques, 70 % dérivent de composés naturels et 30 % sont artificiels.

3 Les molécules

A Définition

■ Les atomes se lient avec d'autres atomes pour former des molécules. Ils mettent en commun un certain nombre d'électrons présents sur leur couche externe. Ils forment ainsi entre eux des liaisons, donnant naissance à des édifices chimiques.

Le nombre de liaisons que peut former un atome est égal au nombre d'électrons qu'il doit acquérir pour compléter sa couche externe à un octet d'électrons (ou un duet pour l'atome d'hydrogène).

- L'hydrogène **H** ($Z = 1$; $(K)^1$) se lie **une fois** car il lui manque un électron pour acquérir la configuration en duet $(K)^2$.
- Le carbone **C** ($Z = 6$; $(K)^2(L)^4$) se lie **quatre fois** car il lui manque quatre électrons pour obtenir la structure en octet $(K)^2(L)^8$.
- L'azote **N** ($Z = 7$; $(K)^2(L)^5$) se lie **trois fois** car il lui manque trois électrons pour acquérir la configuration en octet $(K)^2(L)^8$.
- L'oxygène **O** ($Z = 8$; $(K)^2(L)^6$) se lie **deux fois** car il lui manque deux électrons pour acquérir la structure en octet $(K)^2(L)^8$.

■ Une molécule est symbolisée par sa **formule brute**, construite à partir du symbole des atomes la constituant et de leurs nombres respectifs (indiqués en indice).

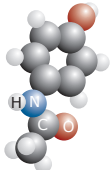
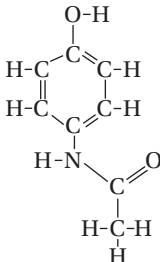
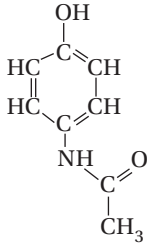
Les règles du duet et de l'octet ont été énoncées dans le chapitre 4.

B Formules développées et semi-développées

En chimie, les molécules sont représentées par des modèles qui permettent de décrire et visualiser leurs structures.

■ **La formule développée d'une molécule** indique l'enchaînement des atomes et toutes les liaisons entre atomes.

■ **La formule semi-développée**, comme son nom l'indique, est une forme condensée de la formule développée. Les liaisons Carbone-Hydrogène sont écrites sous la forme de CH_n (avec n le nombre d'atomes d'hydrogène liés à l'atome de carbone).

Formule brute	Modèle moléculaire Nom	Formule développée	Formule semi-développée
$\text{C}_8\text{H}_9\text{O}_2\text{N}$	 Paracétamol		

C Isomérisation

Des isomères de constitution sont des molécules ayant la même formule brute mais des enchaînements atomiques différents.

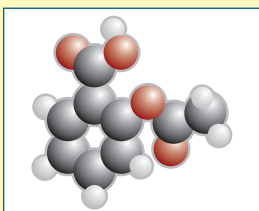
Ce sont des composés qui n'ont ni les mêmes propriétés physiques, ni les mêmes propriétés chimiques et biologiques.

EXEMPLE : Les quatre molécules suivantes sont des isomères.

$\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH}$	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-O-CH}_2\text{-CH}_3$
	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH(OH)-CH}_3$	$\text{CH}_3\text{-CH(CH}_3\text{)-CH}_2\text{-OH}$

Exercice résolu : Déterminer les formules brute et semi-développée d'une molécule

ÉNONCÉ



Acide acétylsalicylique

L'aspirine demeure aujourd'hui l'un des médicaments le plus consommé au monde, environ 40 000 tonnes par an dont 2 000 tonnes en France !

Symbole	H	C	O
Numéro atomique Z	1	6	8
Modèle	○	●	●

1. Donner la structure électronique des trois atomes présents dans la molécule. Combien de liaisons les atomes de carbone, d'oxygène et hydrogène vont-ils former ? Justifier.

2. À partir du modèle moléculaire, déterminer la formule brute de l'aspirine et représenter sa formule semi-développée.

MÉTHODE

À partir du modèle moléculaire, déterminer le squelette carboné de la molécule. Identifier les atomes auxquels les carbones sont liés. Puis vérifier le nombre de liaisons engendrées pour chaque atome.

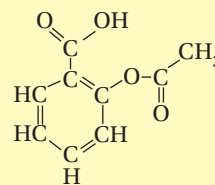
CORRIGÉ

1. Chaque atome complète sa couche externe à 8 électrons (ou deux) pour satisfaire à la règle de l'octet (ou du duet).

	H	C	O
Numéro atomique Z	1	6	8
Structure électronique	(K) ¹	(K) ² (L) ⁴	(K) ² (L) ⁶
Liaisons	1	4	2

2. On dénombre 9 atomes de carbone, 8 atomes d'hydrogène et 4 atomes d'oxygène dans la molécule. La formule brute de l'aspirine est C₉H₈O₄.

Formule semi-développée :



2 Les groupes caractéristiques dans une molécule

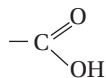
■ Définition

Un **groupe caractéristique** est un groupe d'atomes qui confère des propriétés chimiques spécifiques aux molécules qui le possèdent.

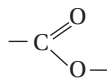
■ Quelques groupes caractéristiques et leur nom



Hydroxyle



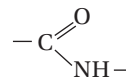
Carboxyle



Ester

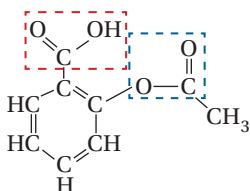


Amine

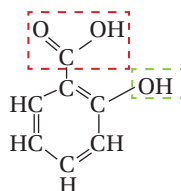


Amide

■ Exemples



Aspirine



Acide salicylique

On reconnaît le **groupe carboxyle** et le **groupe ester** dans la molécule.

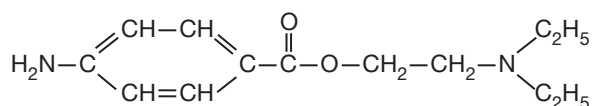
On reconnaît le **groupe carboxyle** et le **groupe hydroxyle** dans la molécule.

EXERCICE DE SYNTHÈSE

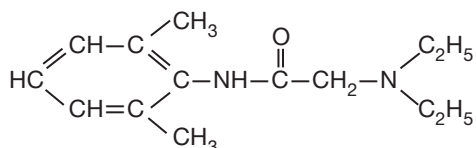
Autour de quelques médicaments

Les anesthésiques locaux peuvent supprimer par endroit et transitoirement la sensibilité à la douleur. C'est le cas :

- des composés de type $-\text{CO}_2-(\text{CH}_2)_n-\text{N}-$ comme la procaine (Novocaïne[®] est le nom commercial).



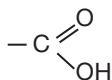
- des composés de type $-\text{NH}-\text{CO}-(\text{CH}_2)_n-\text{N}-$ comme la lidocaïne (Xylocaïne[®] est le nom commercial).



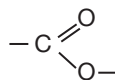
1. Parmi les groupes caractéristiques suivants, lesquels permettent de différencier ces deux familles d'anesthésiques ?



Hydroxyle



Carboxyle



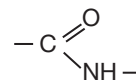
Ester



ou

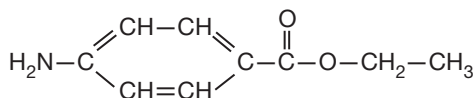


Amine



Amide

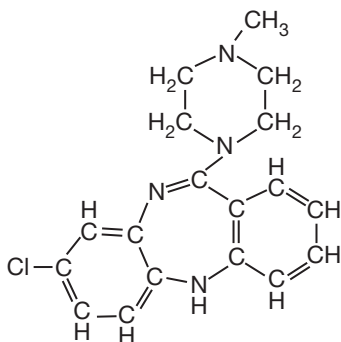
La benzocaïne est un anesthésique local de formule :



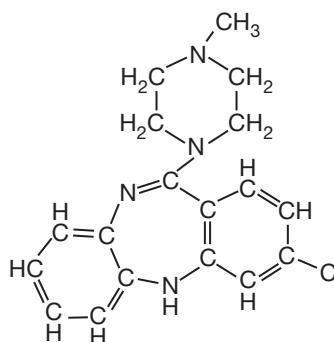
2. Quels sont les groupes caractéristiques présents dans la benzocaïne ?
3. À quelle famille d'anesthésiques présentée ci-dessus peut-elle être apparentée ?

La clozapine est un neuroleptique, comme l'isoclozapine, mais l'activité biologique de ces deux molécules est bien différente puisqu'elles n'agissent pas sur les mêmes récepteurs.

Clozapine



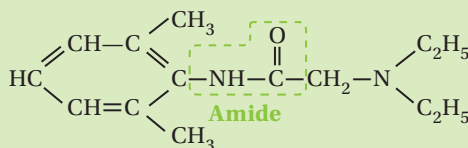
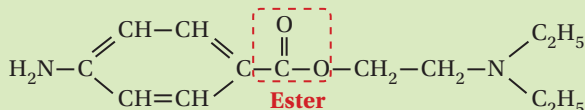
Isoclozapine



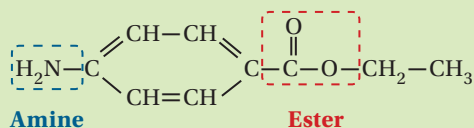
4. Déterminer le nombre de liaisons que peuvent engendrer les atomes de carbone ($Z = 6$) et de chlore ($Z = 17$).
5. Parmi les trois formules brutes proposées, laquelle correspond à la clozapine ? à l'isoclozapine ? Que constate-t-on ?
- a. $C_{17}H_{19}N_4Cl$ b. $C_{18}H_{19}N_4Cl$ c. $C_{18}H_{18}N_4Cl$
6. Qu'est-ce qui différencie ces deux molécules ? Comment les nomme-t-on ? Justifier cette appellation.

CORRIGÉ

1. Les composés comme la procaine comportent un groupe caractéristique **ester** alors que les composés comme la lidocaïne comportent un groupe caractéristique **amide**.



2. Les groupes **ester** et **amine** sont présents sur la molécule de benzocaïne.



3. La benzocaïne est apparentée à la famille des composés de type $-CO_2-(CH_2)_n-N-$ comme la procaine, puisqu'elle possède aussi un groupe ester.
4. Le carbone peut engendrer quatre liaisons puisque sa structure électronique est $(K)^2(L)^4$ (pour satisfaire à la règle de l'octet).
Le chlore de structure électronique $(K)^2(L)^8(M)^7$ engendre une seule liaison pour compléter sa couche externe à l'octet.
5. Ces deux molécules ont la même formule brute, $C_{18}H_{19}N_4Cl$.
6. L'atome de chlore ne se trouve pas à la même place sur chacune des molécules. Elles sont dites isomères. C'est pour cette raison qu'elles n'ont pas la même activité biologique.

9

Extraction, séparation, identification et synthèse d'espèces chimiques

 www.annabac.com

LES VERTUS THÉRAPEUTIQUES des plantes sont connues depuis la préhistoire. Mais, de la cueillette au laboratoire, les méthodes ont profondément évolué. Extraire le principe actif des substances naturelles, l'isoler, le caractériser, envisager sa synthèse ou même le modifier pour plus d'efficacité, c'est le travail du chimiste pour produire des médicaments. L'objectif de ce chapitre est de comprendre les principales techniques utilisées pour transformer la plante en médicament.

1 Caractéristiques physiques d'une espèce

Chaque espèce chimique possède ses propres caractéristiques physiques (température de changement d'état, densité, indice de réfraction, solubilité ...) qui permettent de l'identifier.

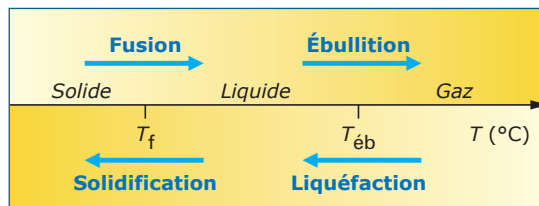
■ Température de changement d'état

↘ Certains changements d'état portent plusieurs noms :
ébullition ou vaporisation ;
liquéfaction ou condensation.

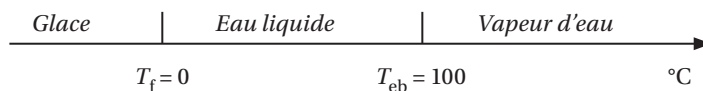
L'état physique, solide, liquide ou gazeux d'une espèce chimique dépend des conditions de température et de pression.

Pour une pression donnée, le changement d'état d'une espèce chimique a lieu à une température fixe, appelée **température de changement d'état** : température d'ébullition $T_{\text{éb}}$; température de fusion T_f .

↘ À la même pression, deux changements d'état inverses (comme la fusion et la solidification) d'une espèce chimique ont lieu à la même température.



EXEMPLE : À la pression atmosphérique, l'eau est liquide entre $T_f = 0\text{ °C}$ et $T_{\text{éb}} = 100\text{ °C}$.



■ Masse volumique et densité

• Masse volumique d'une espèce chimique (rappel)

La **masse volumique** d'une espèce chimique est le rapport de la masse m d'un échantillon de cette espèce par le volume V de cet échantillon.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \left| \quad m \text{ en kg}; V \text{ en m}^3; \rho \text{ en kg} \cdot \text{m}^{-3}\right.$$

Il faut connaître la valeur de la masse volumique de l'eau :

$$\begin{aligned} \rho_{\text{eau}} &= 1,0 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \\ &= 1,0 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1} = 1,0 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3} \\ &= 1,0 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}. \end{aligned}$$

• Densité

La **densité** d d'une espèce chimique solide ou liquide est le rapport de sa masse volumique ρ sur la masse volumique de l'eau ρ_{eau} .

$$d = \frac{\rho}{\rho_{\text{eau}}} \quad \left| \quad \begin{array}{l} \rho \text{ et } \rho_{\text{eau}} \text{ exprimées avec la même unité;} \\ d \text{ est sans unité} \end{array}\right.$$

La densité est donc un nombre sans unité permettant de comparer la masse d'un volume d'une espèce chimique à celle d'un **même volume** d'eau.

EXEMPLE

La densité du dichlorométhane est $d = 1,34$. Cela signifie que, pour un même volume, le dichlorométhane est 1,34 fois plus lourd que l'eau ou bien encore que sa masse volumique est : $\rho = 1,34 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} = 1,34 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1} = 1,34 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$.

■ Solubilité dans un solvant

- La **solubilité** d'une espèce chimique caractérise son aptitude à se dissoudre dans un solvant donné. C'est la masse maximale d'espèce que l'on peut dissoudre par litre de solution. Elle s'exprime en $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$.
- Une espèce passe naturellement d'un solvant où elle est peu soluble à un solvant où elle l'est davantage.

EXEMPLE : La solubilité du sel dans l'eau est très grande mais est très faible dans l'huile. Cela signifie que le sel se dissout facilement dans l'eau et très peu dans l'huile.

La solubilité d'une espèce dans un solvant augmente avec la température.

2 Quelques techniques d'extraction

■ Définition

Une **extraction** consiste à séparer (« extraire ») une ou des espèces chimiques d'un milieu solide ou liquide à l'aide d'un solvant à condition qu'elle(s) y soi(en)t **soluble(s)**.

Il existe différentes techniques d'extraction.

■ Extraction à partir d'un solide

On immerge le produit naturel solide (feuilles, racines, fleurs, fruits...) dans un solvant pour que les espèces chimiques y migrent. Si le solvant est froid, la technique se nomme **macération** ; s'il est chaud, on parle d'**infusion**.

Si le solvant initialement froid est porté à ébullition, il s'agit d'une **décoction**.

EXEMPLE : Le principal remède contre la douleur, la morphine, est extrait du pavot (*Papaver somniferum*, Papaveraceae) et celui contre le paludisme, la quinine, est extrait des écorces de quinquina (*Cinchona spp*, Rubiaceae).

■ Extraction à partir d'un liquide

Une espèce chimique peut être en solution dans l'eau. On utilise alors un solvant organique pour l'extraire. L'espèce transite de l'eau vers le solvant, on parle d'**extraction liquide-liquide**.

• Choix du solvant d'extraction et des conditions à respecter

- Pour que l'extraction d'une espèce chimique dans l'eau soit efficace, il faut que cette espèce soit **plus soluble dans le solvant** extracteur que dans l'eau.

- **Le solvant extracteur ne doit pas être miscible avec l'eau**, c'est-à-dire qu'il ne doit pas pouvoir se mélanger à l'eau.

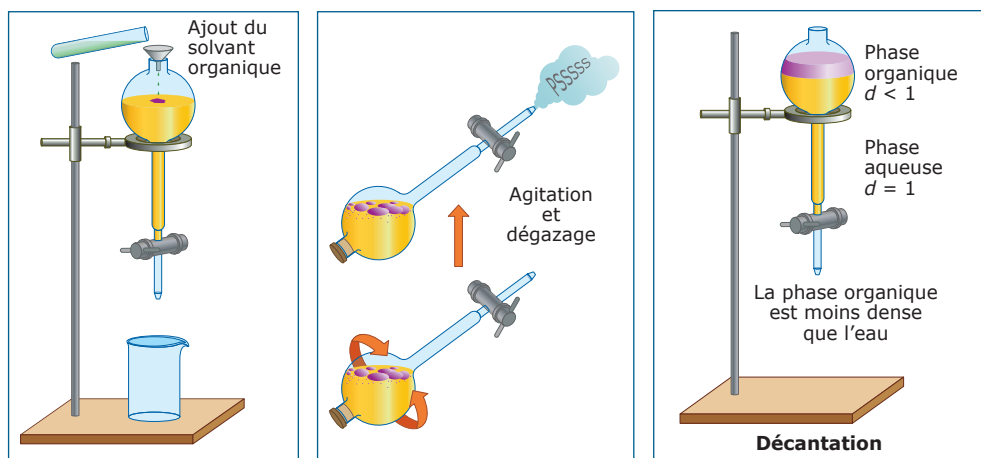
Un mélange hétérogène de 2 liquides non miscibles est constitué de 2 phases distinctes.

- À l'issue de l'extraction, l'espèce chimique est dissoute dans le solvant organique pour constituer la **phase organique**, l'autre partie est la **phase aqueuse** (eau).

- La position relative des deux phases (organique et aqueuse) dépend de la **densité du solvant organique utilisé**. La phase la plus dense est située en dessous.

• Réalisation de l'extraction

L'extraction s'effectue dans une **ampoule à décantier** en trois étapes : ajout du solvant organique, agitation et dégazage fréquent puis **décantation**.



■ Hydrodistillation ou entraînement à la vapeur

Lors d'une hydrodistillation, de la vapeur d'eau entraîne les espèces à extraire.

- Dans un ballon, on fait bouillir la substance naturelle avec l'eau. La vapeur entraîne les espèces chimiques.

- La condensation de ces vapeurs dans un réfrigérant fournit un distillat constitué de deux liquides non miscibles. La phase supérieure du distillat est la phase organique constituée des espèces chimiques extraites (appelée **huile essentielle, essence ou extrait**).

EXEMPLE

La sauge officinale est une plante aromatique et médicinale largement utilisée pour ses vertus médicinales : antiseptique, antispasmodique, calmante, céphalique, digestive, fébrifuge... La partie aérienne de la sauge (*salvia officinalis*) est séchée et soumise à l'hydrodistillation. On récupère la phase organique du distillat constituée principalement d'huile essentielle.

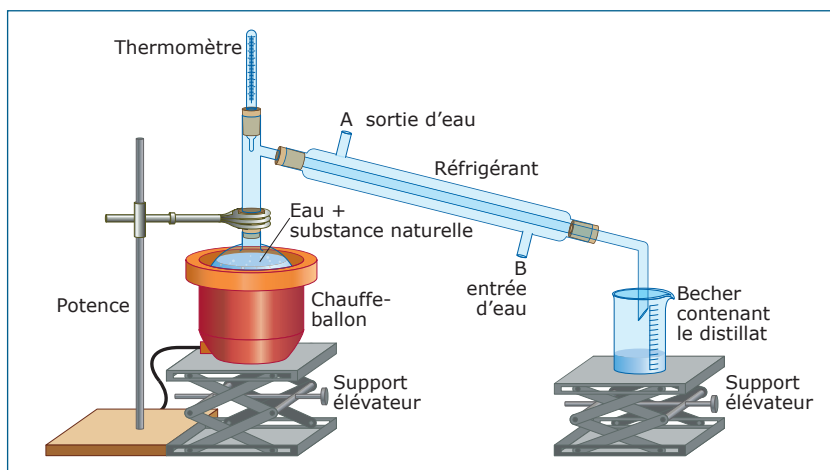


Schéma du montage d'hydrodistillation

Exercice résolu : Choisir le solvant pour réaliser une extraction liquide-liquide

ÉNONCÉ

Les clous de girofle sont les bourgeons séchés du giroflier et sont parmi les plus anciennes épices connus. L'huile essentielle des clous de girofle contient principalement de l'eugénoïl, très utilisé pour ses propriétés antiseptiques et analgésiques.

Pour extraire l'huile essentielle des clous de girofle, on réalise une hydrodistillation. Le distillat obtenu est transvasé dans une ampoule à décantier. Sous la hotte, on ajoute 10 mL de solvant. On agite vigoureusement l'ampoule en dégazant régulièrement. Pour faciliter l'extraction de l'eugénoïl, on ajoute environ 50 g de chlorure de sodium (sel) au distillat. On agite jusqu'à dissolution. Après agitation, on enlève le bouchon de l'ampoule et on laisse décanter son contenu.

Données

Solvant	Eau	Eau salée	Cyclohexane	Éthanol	Dichlorométhane
Solubilité de l'eugénoïl	faible	très faible	grande	grande	grande

À 25°C	Cyclohexane	Dichlorométhane	Éthanol
Densité par rapport à l'eau	0,89	1,34	0,78
Miscibilité à l'eau	très faible	très faible	très grande

1. Parmi les cinq solvants proposés, quels sont ceux qui paraissent envisageables au regard du critère de solubilité de l'espèce à extraire ?
2. En utilisant les données sur la miscibilité, quel(s) solvant(s) peut-on utiliser ?
3. La phase inférieure dans l'ampoule est-elle la phase aqueuse ou la phase organique ? Justifier à l'aide des tableaux de données.

4. Après agitation, dans quelle phase se trouve l'eugénol ? Justifier.

5. Pourquoi a-t-on ajouté du chlorure de sodium dans l'ampoule à décanter ? Justifier à l'aide des tableaux de données.

M É T H O D E

- L'espèce à extraire doit être très soluble dans le solvant extracteur. Le solvant extracteur ne doit pas être miscible à l'eau.
- La position de la phase organique dépend de sa densité.

C O R R I G É

1. L'eugénol doit être très soluble dans le solvant extracteur. On peut envisager d'utiliser le cyclohexane, l'éthanol ou le dichlorométhane comme solvant.

2. Le solvant ne doit pas être miscible à l'eau : le dichlorométhane ou le cyclohexane.

3. • Si le solvant utilisé est le cyclohexane, moins dense que l'eau, la phase organique se trouve au-dessus de la phase aqueuse.

• Si le solvant utilisé est le dichlorométhane, plus dense que l'eau, la phase organique se trouve en dessous de la phase aqueuse.

4. Après agitation, l'eugénol se trouve dans la phase organique où il est le plus soluble.

5. L'eugénol est moins soluble dans l'eau salée que dans l'eau, l'extraction sera plus efficace puisqu'il restera moins d'eugénol dans la phase aqueuse.

3 La synthèse d'espèces chimiques

L'insuffisance des produits naturels et les besoins en produits spécifiques dans le domaine de la santé imposent le recours à la synthèse chimique.

■ Définitions

La transformation chimique est décrite dans le chapitre 12.

• **La synthèse** d'une espèce chimique est **une transformation chimique** au cours de laquelle **des réactifs** mis en jeu conduisent à **un (ou des) produit(s)** dont l'espèce recherchée.

• Lors d'une synthèse, certaines conditions expérimentales doivent être respectées : température, proportions de réactifs...

■ Quelques techniques expérimentales

De nombreuses synthèses s'effectuent en plusieurs étapes :

• **un chauffage à reflux** pour accélérer la transformation si celle-ci a lieu à température élevée.

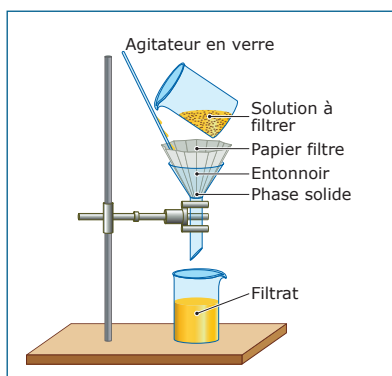
Le mélange réactionnel est maintenu à ébullition.

Les espèces, devenues gazeuses lors du chauffage, se condensent dans le réfrigérant vertical et refluent à l'état liquide dans le ballon, ceci afin d'éviter toute perte de matière.

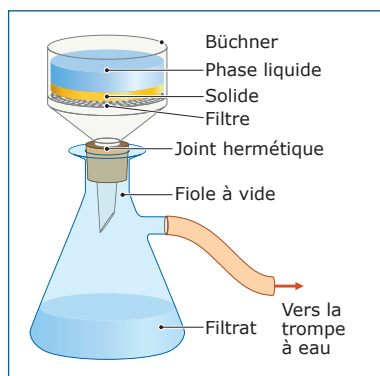
Les produits se forment au sein du mélange réactionnel. L'agitation (à l'aide de pierre ponce ou d'un barreau aimanté et de son agitateur magnétique) est nécessaire d'une part, pour mélanger les réactifs et d'autre part, pour que le chauffage soit homogène.



- **une extraction** si l'espèce synthétisée est mélangée à d'autres espèces dans une phase liquide (voir partie 2) ;
- **une filtration** si l'espèce synthétisée est solide.



Filtration classique avec entonnoir équipé d'un papier filtre



Filtration sur büchner (sorte de passoire au fond de laquelle est disposé un filtre) placée sur un système d'aspiration (plus rapide et efficace que la précédente)

- Une fois isolée, **l'espèce chimique synthétisée doit être identifiée** en déterminant certaines caractéristiques physiques : température de changement d'état, densité, indice de réfraction... Cette identification permet de vérifier sa pureté et de confirmer que la transformation attendue a bien eu lieu.
- Une autre technique utilisée depuis les temps anciens est la **distillation**. Celle-ci permet de séparer les constituants d'un mélange homogène afin d'obtenir un produit pur. Son principe est très simple à mettre en œuvre : on chauffe un mélange de liquides, le plus volatil s'évapore le premier.

Les vapeurs montent dans la colonne à distiller. Elles sont essentiellement formées du liquide qui possède la température d'ébullition la plus basse. Les vapeurs se condensent dans le tube réfrigérant grâce à une circulation d'eau froide. On obtient à la sortie un liquide appelé distillat, récupéré dans un becher prévu à cet effet.

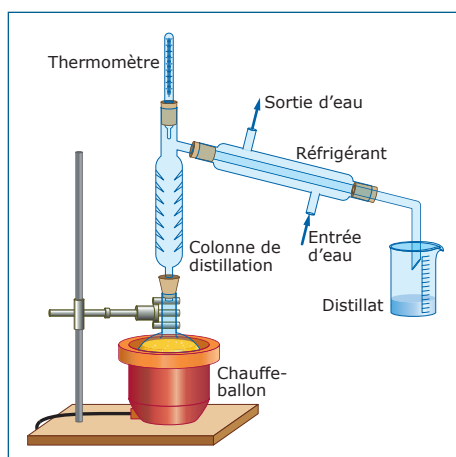


Schéma du montage à distiller

EXERCICE DE SYNTHÈSE

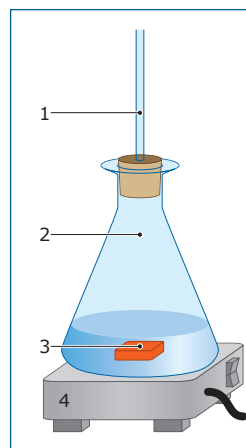
Synthèse du paracétamol

Le paracétamol est un médicament analgésique et antipyrétique.

Le mode opératoire suivant permet sa synthèse à partir de deux réactifs : le para-aminophénol et l'anhydride acétique.

Synthèse

- Dans un erlenmeyer, introduire un barreau aimanté, 6 g de para-aminophénol, 50 mL d'eau, et 4 mL d'acide acétique pur. Adapter le réfrigérant à air et placer l'ensemble sur un agitateur magnétique chauffant réglé à 60 °C. Agiter jusqu'à dissolution complète du para-aminophénol.
- Refroidir la solution en la plaçant dans un bain d'eau glacée puis ôter le réfrigérant à air.
- En portant gants et lunettes et en se plaçant sous une hotte, verser très doucement 8 mL d'anhydride acétique.
- Adapter le réfrigérant à air, chauffer pendant 10 min à 60 °C.
- Refroidir la solution en la plaçant dans un bain d'eau glacée puis ôter le réfrigérant à air. Des cristaux apparaissent : le paracétamol est synthétisé.
- Filtrer sur un büchner, relié à un système d'aspiration, en rinçant les cristaux avec un peu d'eau. Sécher les cristaux.
- Mesurer la température de fusion des cristaux obtenus sur un banc Kofler.



Recristallisation



- Introduire les cristaux dans un erlenmeyer propre puis ajouter 40 mL d'eau. Porter à ébullition sur l'agitateur magnétique chauffant jusqu'à dissolution complète des cristaux.
- Refroidir la solution en la plaçant dans un bain d'eau glacée jusqu'à cristallisation complète du paracétamol.
- Filtrer sur büchner. Sécher les cristaux entre deux papiers filtres. Mesurer la température de fusion des cristaux obtenus sur un banc Kofler.

Information : le banc Kofler est un appareil qui permet de mesurer la température de fusion d'un solide. Pour un produit pur, la mesure est précise à 1 °C près.

1. Rechercher la signification des termes « analgésique » et « antipyrétique ».
2. Nommer les parties numérotées de 1 à 4 sur le schéma du dispositif.
3. a. Expliquer le rôle et l'intérêt du réfrigérant à air.
b. Pourquoi est-ce inutile de mettre en place un réfrigérant à eau ?
c. Pourquoi ne faut-il pas ôter le réfrigérant à air avant d'avoir refroidi le contenu de l'erlenmeyer ?
4. Pourquoi faut-il travailler avec beaucoup de précautions lors de l'ajout de l'anhydride acétique ?
5. Quel est l'intérêt de filtrer sur un büchner relié à un système d'aspiration plutôt qu'avec un simple entonnoir équipé d'un filtre ?
6. Pourquoi est-il utile de rincer les cristaux de paracétamol au moment de la filtration ?

7. La température de fusion des cristaux avant la recristallisation est de 163 °C, alors qu'elle est de 167 °C après. Quel est l'intérêt de l'étape de recristallisation ? Argumenter votre réponse.

Données

Para-aminophénol	Anhydride acétique	Paracétamol
Solide $T_f = 186\text{ °C}$	Liquide $T_f = -73\text{ °C}$ $T_{\text{éb}} = 136\text{ °C}$	Solide $T_f = 168\text{ °C}$
		

CORRIGÉ

1. Un médicament analgésique (ou antalgique) agit pour abolir ou atténuer la douleur.

Un médicament antipyrétique agit contre la fièvre.

Comme le paracétamol, l'aspirine (ou acide acétylsalicylique) est un médicament antalgique et antipyrétique.

2. Sur le dispositif, on distingue : le réfrigérant à air (1) qui est un tube de verre ouvert aux deux extrémités, l'erlenmeyer (2), le barreau aimanté (3) et l'agitateur magnétique chauffant (4).

3. a. Le chauffage du mélange réactionnel engendre la vaporisation d'une partie des espèces. En s'élevant dans le réfrigérant, ces espèces gazeuses se condensent et retombent à l'état liquide dans l'erlenmeyer. Ainsi le réfrigérant à air, en empêchant que les vapeurs s'échappent, permet de chauffer longuement sans perte de matière.

b. Le réfrigérant à eau, bien que plus efficace qu'un réfrigérant à air, est inutile puisque le mélange n'est chauffé qu'à 80 °C.

c. Si on ôtait le réfrigérant à air avant d'avoir refroidi l'erlenmeyer, une partie des espèces chimiques s'échapperaient sous forme gazeuse.

4. L'anhydride acétique est un produit corrosif. C'est pour cela qu'il faut le manipuler avec beaucoup de précautions.

5. On filtre sur büchner car, grâce à l'aspiration, l'opération est plus rapide et plus efficace qu'une simple filtration.

6. Le rinçage permet d'éliminer une partie des impuretés restant dans le paracétamol.

7. Le paracétamol pur a une température de fusion de 168 °C ; on constate qu'avant recristallisation l'écart avec cette température de fusion est de 5 °C, alors qu'après recristallisation l'écart est seulement de 1 °C. Après recristallisation, la température de fusion mesurée confirme la présence du produit attendu et surtout le fait que l'on obtient un produit pur. La recristallisation permet donc de purifier le produit synthétisé.

10 La mole

LE MOINDRE ÉCHANTILLON DE MATIÈRE contient un nombre gigantesque d'entités chimiques : un grain de sel contient environ 2 milliards de milliards d'ions ; une goutte d'eau est formée d'environ 1 500 milliards de milliards de molécules. Il est donc nécessaire de définir une unité pour dénombrer les entités chimiques à notre échelle.

1 Le chimiste mesure les quantités en mole

■ Pour mesurer les quantités de matière, les scientifiques ont choisi de regrouper les atomes, les molécules ou les ions par « paquets ». Chaque paquet est appelé **mole**.

Une mole est donc « un paquet » contenant $6,02 \times 10^{23}$ entités.

■ Ils ont défini la mole comme étant la quantité de matière présente dans un système contenant autant d'entités (atomes, molécules ou ions) qu'il y a d'atomes dans 12,0 g de carbone 12 (isotope $^{12}_6\text{C}$). Ce nombre, qui est égal à $6,02 \times 10^{23}$, est appelé **constante d'Avogadro** et est noté N_A .

La constante d'Avogadro permet de passer de l'échelle microscopique (N est un nombre très grand) à l'échelle macroscopique (n est un nombre raisonnable à notre échelle).

■ Le nombre d'entités contenues dans une mole vaut N_A .

$$N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}.$$

Le nombre N d'entités chimiques présentes dans un échantillon est proportionnel à la quantité de matière notée n :

$$N = n N_A$$

N : nombre d'entités, sans unité ;
 n : quantité de matière en mol ;
 N_A en mol^{-1}

EXEMPLE

$n = 7,0$ moles d'eau contiennent $N = 7,0 \times 6,02 \times 10^{23} = 4,2 \times 10^{24}$ molécules d'eau.

2 La masse molaire

La **masse molaire**, notée M , est la masse d'une mole d'entités chimiques, elle s'exprime en $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

■ Masse molaire atomique

La masse molaire atomique d'un élément est la masse d'une mole d'atomes de cet élément : les valeurs sont données dans la classification des éléments.

EXEMPLE

$M(\text{H}) = 1,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, $M(\text{He}) = 4,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, $M(\text{C}) = 12,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Masse molaire moléculaire (ou ionique)

La masse molaire moléculaire (ou ionique) d'une espèce est la masse d'une mole de molécules (ou d'ions) : elle est calculée à partir des masses molaires atomiques des atomes présents, en tenant compte de leur nombre indiqué dans sa formule.

EXEMPLES

$$M(\text{H}_2\text{O}) = 2 M(\text{H}) + M(\text{O}) = 2 \times 1,0 + 16,0 = 18,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} ;$$

$$M(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = 12 M(\text{C}) + 22 M(\text{H}) + 11 M(\text{O}) = 144 + 22 + 176 = 342 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} ;$$

$$M(\text{NaCl}) = M(\text{Na}^+) + M(\text{Cl}^-) = M(\text{Na}) + M(\text{Cl}) = 23,0 + 35,5 = 58,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} .$$

REMARQUE : La masse molaire d'un ion monoatomique est presque égale à celle de l'atome.

3 Détermination des quantités de matière**À partir de la valeur d'une masse**

La quantité de matière n d'un échantillon de corps pur est proportionnelle à sa masse m .

$$n = \frac{m}{M}$$

n : quantité de matière, en mol ;

m : masse de l'échantillon, en g ;

M : masse molaire de l'espèce chimique, en $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Attention : en chimie, les unités les plus utilisées ne sont pas celles du système international, les masses sont en gramme (g), les volumes sont en cm^3 ou en dm^3 , avec $1 \text{ dm}^3 = 1 \text{ L}$ (litre).

À partir de la valeur d'un volume

Dans le cas d'un liquide pur de masse volumique ρ , la quantité de matière est proportionnelle au volume V de l'échantillon.

$$n = \frac{m}{M} = \frac{\rho V}{M}$$

ρ : masse volumique du liquide, en $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$;

V : volume de l'échantillon, en cm^3 ;

M : masse molaire de l'espèce chimique, en $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Exercice résolu : Calculer une quantité de matière**ÉNONCÉ**

Calculer les quantités de matière présentes dans les échantillons suivants :

1. un comprimé d'aspirine de 500 mg composé de molécules d'acide acétylsalicylique, de formule $\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4$ et de masse molaire $M = 180 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$;
2. un volume de 70 mL d'éthanol, de formule $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$, liquide de masse volumique $\rho = 0,79 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ et de masse molaire $M = 46 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

MÉTHODE

La quantité de matière est proportionnelle à la masse d'un échantillon de corps pur ou au volume dans le cas des liquides purs.

CORRIGÉ

1. Pour un solide dont on connaît la masse, la quantité de matière est :

$$n = \frac{m}{M} = \frac{0,500}{180} = 2,78 \times 10^{-3} = 2,78 \text{ mmol}$$

2. Pour un liquide dont on connaît le volume et la masse volumique :

$$n = \frac{m}{M} = \frac{\rho V}{M} = \frac{0,79 \times 70}{46} = 1,2 \text{ mol}$$

4

Comment prélever une quantité de matière au laboratoire ?

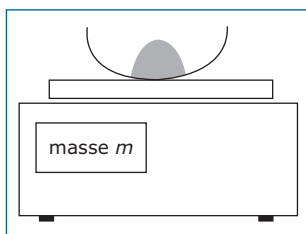
■ **Dans le cas d'un solide** : on réalise une pesée sur une balance.

Pour prélever n moles d'une espèce chimique de masse molaire M , il faut peser une masse m :

$$m = nM \quad \begin{array}{l} m \text{ en g ;} \\ n \text{ en mol ;} \\ M \text{ en g} \cdot \text{mol.} \end{array}$$

EXEMPLE : Si on veut prélever 2,70 moles de chlorure de sodium (sel de cuisine) dont la masse molaire vaut $M(\text{NaCl}) = 58,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, il faut peser sur une balance :

$$m = 2,70 \times 58,5 = 157,95 = 158 \text{ g.}$$



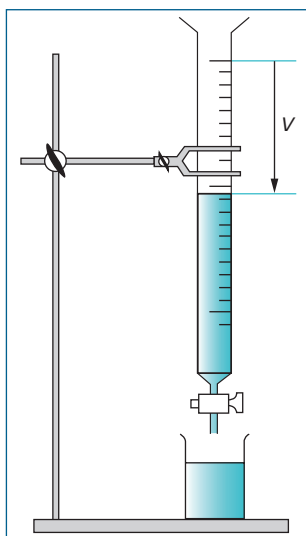
■ **Dans le cas d'un liquide** : on mesure un volume avec un récipient gradué.

Pour prélever n moles d'un liquide pur de masse molaire M et de masse volumique ρ , il faut verser un volume V :

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{nM}{\rho} \quad \begin{array}{l} V \text{ en cm}^3 \text{ (ou mL) ;} \\ m \text{ en g ;} \\ \rho \text{ en g} \cdot \text{cm}^{-3}. \end{array}$$

EXEMPLE : Si on veut prélever 3,5 moles d'eau de masse molaire $M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ et de masse volumique $\rho = 1,0 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, il faut verser :

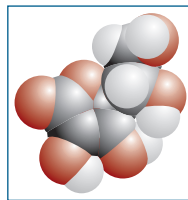
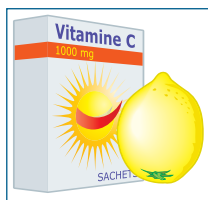
$$V = \frac{3,5 \times 18}{1,0} = 63 \text{ mL}$$



EXERCICE DE SYNTHÈSE

La vitamine C

Depuis l'Antiquité, on connaît les symptômes du scorbut : fatigue extrême, douleurs, altération des gencives... Cette maladie était observée autrefois sur les bateaux où les équipages manquaient de fruits et légumes frais. Ce n'est qu'au XVIII^e siècle qu'on découvre que la consommation de citrons prévient cette maladie grâce à la vitamine C qu'ils contiennent. Les recommandations européennes conseillent un apport quotidien de vitamine C de 75 mg pour la femme et de 90 mg pour l'homme. À titre d'exemple, un citron apporte en moyenne 80 mg de vitamine C (pour 100 g). Mais on utilise aussi en médicament des comprimés effervescents de vitamine C.



La vitamine C est une molécule de formule brute $C_6H_8O_6$ appelée acide ascorbique.

1. Calculer la masse molaire moléculaire de l'acide ascorbique.
2. Déterminer la quantité de matière moyenne d'acide présente dans un citron de 100 g.
3. Quel est le nombre réel de molécules correspondant ?

Lors de la dissolution d'un comprimé effervescent dans un verre d'eau, il s'échappe du dioxyde de carbone sous forme de gaz. Une pesée a montré que la masse de gaz libérée est de 0,37 g.

4. Quelle est la formule moléculaire du dioxyde de carbone ?
5. Calculer la quantité de matière de gaz qui s'est échappée.

Données : $M(H) = 1,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $M(C) = 12,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $M(O) = 16,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

CORRIGÉ

1. Le calcul de la masse molaire de l'acide ascorbique s'effectue à partir des masses molaires atomiques des atomes présents dans sa molécule :

$$M(C_6H_8O_6) = 6M(C) + 8M(H) + 6M(O) = 6 \times 12,0 + 8 \times 1,0 + 6 \times 16,0 = 176 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

2. La quantité de matière est proportionnelle à la masse de l'échantillon.

$$n = \frac{m}{M} = \frac{80 \times 10^{-3}}{176} = 4,5 \times 10^{-4} \text{ mol} = 0,45 \text{ mmol}$$

3. À l'échelle microscopique, chaque mole contenant $6,02 \times 10^{23}$ le nombre total de molécules est :

$$N = nN_A = 4,5 \times 10^{-4} \times 6,02 \times 10^{23} = 2,7 \times 10^{20} \text{ molécules}$$

4. La formule de la molécule de dioxyde de carbone est CO_2 .

5. La masse molaire du dioxyde de carbone est :

$$M(CO_2) = M(C) + 2M(O) = 12,0 + 2 \times 16,0 = 44,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

La quantité de matière contenue dans 0,37 g vaut :

$$n = \frac{m}{M} = \frac{0,37}{44} = 8,4 \times 10^{-3} \text{ mol} = 8,4 \text{ mmol}$$

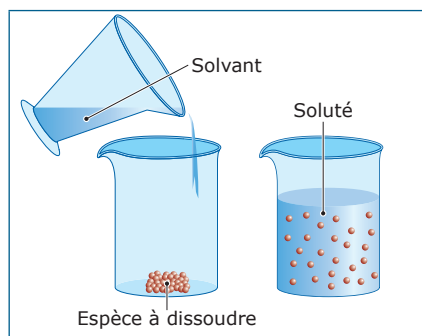
11 Les solutions

LES BOISSONS ÉNERGÉTIQUES ont longtemps été réservées aux sportifs de haut niveau. Ce sont des solutions aqueuses composées d'eau, de minéraux, de vitamines, d'arômes et de sucre sous différentes formes, plus ou moins concentrées. Leur consommation apporte un complément d'énergie nécessaire à l'organisme pour la pratique d'activités physiques intenses. Comment prépare-t-on une solution ?

1 Solution aqueuse

■ Définitions

- Une **solution** est un mélange liquide homogène de plusieurs constituants. Le constituant majoritaire est appelé **solvant** ; les espèces dissoutes sont **les solutés**.
- Si le solvant est l'eau, la solution est dite **aqueuse**.
- Lors de la **dissolution d'une espèce**, les entités chimiques du soluté (molécules ou ions) se dispersent parmi les molécules du solvant dont la quantité est très majoritaire.



■ Concentration d'une espèce chimique en solution

- La **concentration massique** $c_{(A)}$ d'une espèce A en solution est égale au quotient de la masse de l'espèce A dissoute par le volume V_{sol} de la solution.

$$c_{(A)} = \frac{m_{(A)}}{V_{\text{sol}}} \quad \left| \begin{array}{l} c_{(A)} : \text{concentration massique, en } \text{g} \cdot \text{L}^{-1} ; \\ m_{(A)} : \text{masse dissoute, en g} ; \\ V_{\text{sol}} : \text{volume de la solution, en L} \end{array} \right.$$

- La **concentration molaire** $C_{(A)}$ d'une espèce A en solution est égale au quotient de la quantité de matière dissoute par le volume de la solution.

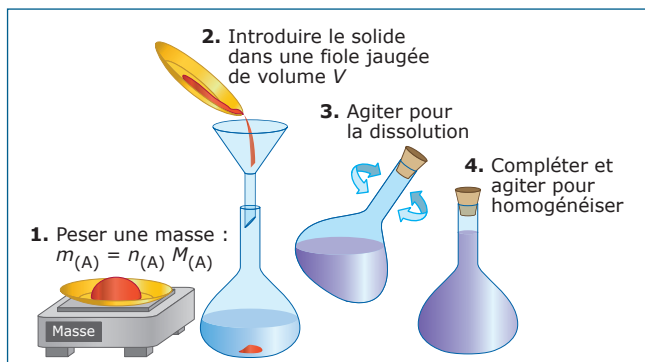
$$C_{(A)} = \frac{n_{(A)}}{V_{\text{sol}}} \quad \left| \begin{array}{l} C_{(A)} : \text{concentration molaire, en } \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} ; \\ n_{(A)} : \text{quantité de matière, en mol} ; \\ V_{\text{sol}} : \text{volume de la solution, en L} \end{array} \right.$$

2

Préparation d'une solution aqueuse

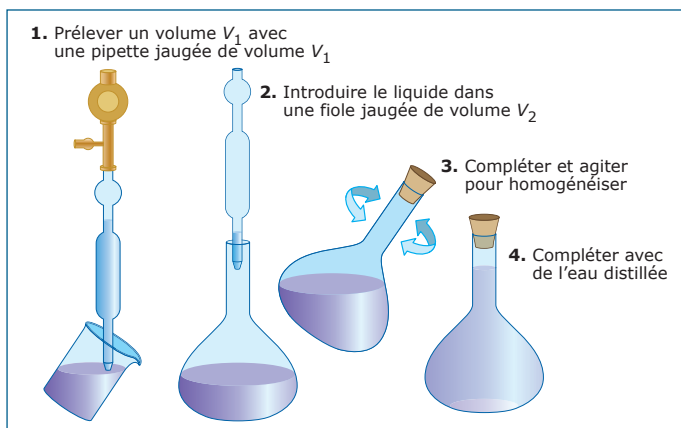
■ Par dissolution d'un solide

- Pour préparer un volume V de solution aqueuse de concentration $C_{(A)}$, il faut prélever une quantité de matière $n_{(A)} = C_{(A)} V$. Pour cela, on pèse, à l'aide d'une balance, une masse $m_{(A)}$ telle que $m_{(A)} = n_{(A)} M_{(A)}$.
- Le protocole expérimental est le suivant.



■ Par dilution d'une solution existante

- Pour préparer un volume V_2 de solution aqueuse (2) de concentration C_2 à partir d'une solution (1) de concentration C_1 , il faut en prélever un volume V_1 tel que $V_1 = \frac{C_2 V_2}{C_1}$.
- Le protocole expérimental est le suivant.



Exercice résolu : Diluer une solution aqueuse

ÉNONCÉ

L'eau de Dakin est l'un des principaux antiseptiques sur le marché pharmaceutique. Elle est composée d'eau de javel, ou hypochlorite de sodium à 1,5 degré chlorométrique, et d'autres espèces chimiques dont $0,238 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ d'ions hydrogénocarbonate HCO_3^- . Ce mélange contient, pour le colorer et le stabiliser, $10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ de permanganate de potassium qui lui donne sa coloration rosée.

Le permanganate de potassium est un solide de formule KMnO_4 , de masse molaire $M = 158 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

1. Calculer la concentration molaire en permanganate de potassium dans la solution de Dakin.
2. On prélève 10 mL de la solution, que l'on verse dans une fiole jaugée de 50 mL, auxquels on ajoute de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge. Déterminer la nouvelle concentration en permanganate de la solution ainsi diluée.

MÉTHODE

- Pour déterminer une concentration molaire, il faut exprimer la quantité de matière en mole.
- La dilution conserve la quantité de matière de soluté : le volume augmente et la concentration diminue.

CORRIGÉ

1. La quantité de matière de permanganate de potassium présente dans un litre solution

$$\text{est : } n = \frac{m}{M} = \frac{0,010}{158} = 6,3 \times 10^{-5} \text{ mol .}$$

La concentration molaire volumique est donc :

$$C_{(\text{KMnO}_4)} = \frac{n_{(\text{KMnO}_4)}}{V_{\text{sol}}} = \frac{6,3 \times 10^{-5}}{1} = 6,3 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

2. La quantité de matière de permanganate de potassium s'exprime en fonction de la concentration et du volume de solution.

- Dans le prélèvement, on a : $n_1 = C_1 V_1$.
- Dans la solution diluée, on a : $n_2 = C_2 V_2$.

La quantité de matière de permanganate de potassium se conserve au cours de la dilution.

$$n_1 = n_2 \text{ donc } C_1 V_1 = C_2 V_2.$$

La concentration de la solution diluée est donc :

$$C_2 = \frac{C_1 V_1}{V_2} = \frac{6,3 \times 10^{-5} \times 10 \times 10^{-3}}{50 \times 10^{-3}} = 1,3 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

EXERCICE DE SYNTHÈSE

Boisson énergétique

Cette boisson de l'effort certifiée biologique très rafraichissante est composée de maltodextrines et de saccharose. Elle permet de satisfaire les besoins énergétiques et hydriques de tout type d'exercice, notamment endurant.

Conseils d'utilisation

Mélanger 3 dosettes (30 g) dans 1/2 litre d'eau. Consommer par petites gorgées tout au long de l'effort à raison d'1/2 litre à 1 litre par heure.

Ingrédients

Saccharose*, maltodextrines*, arôme naturel de menthe, fructose, chlorure de sodium, vitamine B1. (*Issu de l'agriculture biologique).

Composition nutritionnelle pour 100 g

Valeur calorique (kcal/kJ)	390/1 657
Protéines	< 1 g
Glucides	97,3 g
dont sucres	51,1 g
Lipides	< 1 g
dont acides gras saturés	< 1 g
Fibres	< 1 g
Sodium	181 mg
Vitamine B1	1,0 mg

Un sportif prépare 0,5 L de cette boisson en dissolvant 30 g de soluté.

1. Déterminer la masse de glucides introduite dans la boisson.
2. Calculer la concentration massique en glucides dans la boisson préparée.

La vitamine B1 (ou *thiamine* ou *aneurine*) est une vitamine hydrosoluble. Elle favorise la transformation des glucides en énergie et est nécessaire au bon fonctionnement du système nerveux et musculaire. Sa formule brute est $C_{12}H_{17}ClN_4OS$ et sa masse molaire, $301 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

3. Combien d'éléments chimiques apparaissent dans la formule de la vitamine B1 ?
4. Quelle est la masse de vitamine B1 introduite dans la boisson préparée ? Calculer la quantité de matière correspondante.
5. En déduire la concentration molaire volumique en vitamine B1 dans la boisson.

CORRIGÉ

1. La composition indique 97,3 g de glucides pour 100 g. Pour un prélèvement de 30 g, la masse de glucides est : $m = \frac{30}{100} \times 97,3 = 29,2 \text{ g}$.

2. Cette masse étant dissoute dans un volume $V = 0,5 \text{ L}$, la concentration en glucides est donc : $c = \frac{m}{V} = \frac{29,2}{0,5} = 58,4 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$.

3. La formule $C_{12}H_{17}ClN_4OS$ comprend les symboles C, H, Cl, N, O et S (éléments carbone, hydrogène, chlore, azote, oxygène et soufre), soit 6 éléments chimiques différents.

4. La composition indique 1,0 mg de vitamine B1 pour 100 g. Pour un prélèvement de 30 g, la masse de vitamine B1 est : $m = \frac{30}{100} \times 1,0 = 0,30 \text{ mg}$.

La quantité de matière correspondante est : $n = \frac{m}{M} = \frac{0,30 \times 10^{-3}}{301} = 1,0 \times 10^{-6} \text{ mol} = 1,0 \mu\text{mol}$.

5. La concentration molaire volumique est alors :

$$C = \frac{n}{V} = \frac{1,0 \times 10^{-6}}{0,5} = 2,0 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 2,0 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

12 Les transformations chimiques

LE GESTE SPORTIF nécessite de l'énergie. Cette énergie est fournie aux muscles par des transformations chimiques dans lesquelles les aliments (glucides, lipides, acides gras...) sont les carburants. Leur combustion nécessite du dioxygène et libère du dioxyde de carbone et de l'eau.

L'énergie libérée par ces réactions chimiques est transformée par le muscle en énergie mécanique (travail musculaire), en énergie électrique (courant d'action) et en énergie thermique (chaleur). Qu'est-ce qu'une transformation chimique ? Comment peut-on la modéliser ?

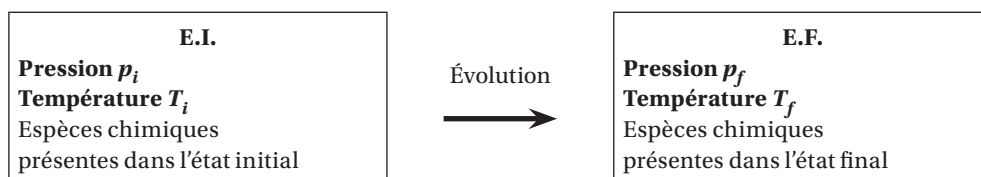
1 Système chimique

■ Définition

- Un **système chimique** est un mélange d'espèces susceptibles de réagir entre elles.
- Pour le décrire, il faut préciser :
 - les conditions de pression p et de température T ;
 - les espèces chimiques présentes en indiquant leur formule et leur état physique : solide (s), liquide (ℓ), gaz (g) ou dissous en solution aqueuse (aq).

■ Évolution

Pour décrire l'évolution d'un système chimique, on compare son état initial (E.I.) et son état final (E.F.).

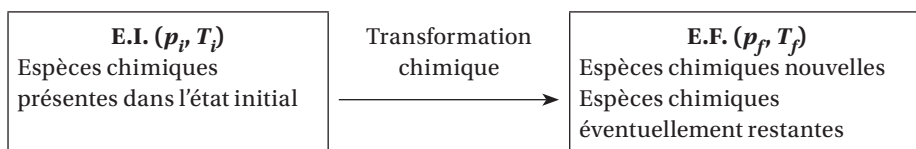


2 Qu'est-ce qu'une transformation chimique ?

■ Définition

- Une **transformation chimique** est une évolution d'un système chimique qui passe d'un état initial (E.I.) à un état final (E.F.) différent et au cours de laquelle apparaissent une ou plusieurs espèces chimiques nouvelles.
- Les espèces chimiques qui disparaissent sont appelées **réactifs** et celles qui se forment sont appelées **produits**.

■ Schématisation



■ Aspect énergétique

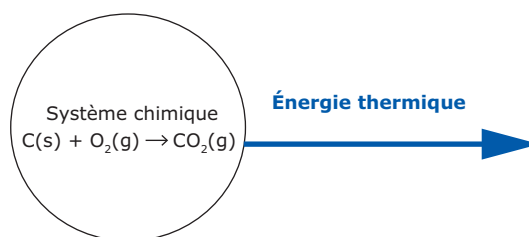
Lors d'une transformation chimique, le système chimique échange de l'énergie avec le milieu extérieur.

• Réaction exothermique

Lorsqu'une transformation chimique s'accompagne d'une **élévation de température**, la réaction est dite **exothermique**. C'est le cas des combustions.

Le système chimique produit de l'énergie thermique ; de l'énergie chimique est convertie en énergie thermique.

EXEMPLE : Diagramme énergétique pour la **combustion** du carbone ci-contre.



• Réaction endothermique

Lorsqu'une transformation chimique s'accompagne d'une **diminution de température**, la réaction est dite **endothermique**.

Le système chimique absorbe de l'énergie thermique pour la convertir en énergie chimique.

Exercice résolu : Décrire un système chimique et son évolution

ÉNONCÉ

Un morceau de fusain (constitué de carbone solide) incandescent est plongé dans un flacon de dioxygène. Il s'enflamme pendant quelques secondes puis s'éteint. En fin d'évolution, le flacon s'est échauffé, une partie du fusain a disparu, il ne reste plus de dioxygène. Un test à l'eau de chaux montre qu'il s'est formé du dioxyde de carbone.

La pression dans le flacon reste voisine de la pression atmosphérique.



1. Décrire l'état initial et l'état final du système constitué par les espèces chimiques présentes dans le flacon. Comment évolue sa température ?
2. Schématiser l'évolution du système chimique considéré.
3. Expliquer pourquoi on peut parler de transformation chimique.
4. Comment l'appelle-t-on et quel est son principal effet ?
5. Quels sont les réactifs et les produits de cette transformation ?

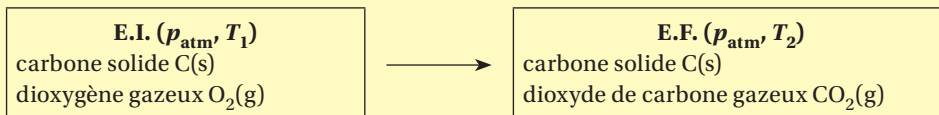
M É T H O D E

Un système chimique est un mélange. Pour déterminer sa composition, il faut connaître les différentes espèces qui le constituent et donner leur formule chimique.

C O R R I G É

1. • Dans l'état initial : pression $p = p_{\text{atm}}$ (pression atmosphérique) et température T_1 .
Espèces présentes : carbone solide, C(s), et dioxygène gazeux, O₂(g).
• Dans l'état final : pression $p = p_{\text{atm}}$ et température $T_2 > T_1$.
Espèces présentes : carbone solide, C(s), et dioxyde de carbone gazeux, CO₂(g).

2. Schématisation



3. C'est une transformation chimique car il apparaît une nouvelle espèce : le dioxyde de carbone, absent dans l'état initial.
4. Cette transformation est appelée combustion du carbone. Son principal effet est thermique : la chaleur dégagée chauffe le flacon et son contenu.
5. Une partie du carbone et le dioxygène disparaissent : ce sont les réactifs.
Le produit est le dioxyde de carbone qui apparaît pendant la transformation.

3 Qu'est-ce qu'une transformation physique ?

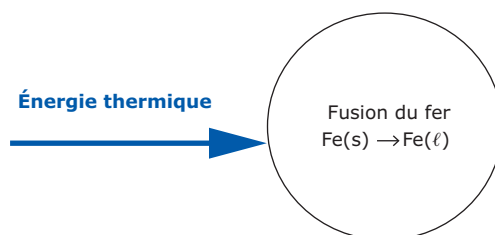
Une transformation physique est un **changement d'état** de la matière. Les espèces chimiques restent les mêmes mais leur état physique change.

EXEMPLES

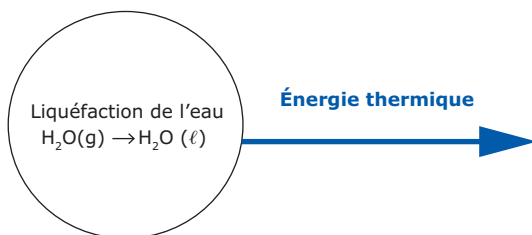
- Diagramme énergétique pour la **fusion** du fer : le fer solide absorbe de l'énergie thermique pour se transformer en fer liquide. L'énergie cinétique des atomes de fer **augmente**.



Les changements d'état sont présentés dans le chapitre 9, partie 1.



- Diagramme énergétique pour la **liquéfaction** de l'eau : la vapeur d'eau cède de l'énergie thermique pour se transformer en eau liquide. L'énergie cinétique des molécules d'eau **diminue**.



4

Comment modéliser une transformation chimique ?

■ La réaction chimique

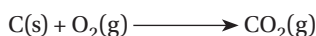
- À l'échelle microscopique, la description de la transformation chimique est complexe car elle se fait souvent en plusieurs étapes.
- À l'échelle macroscopique, on peut la modéliser simplement par une réaction chimique qui permet de passer des réactifs aux produits.



■ L'équation de réaction et sa signification

Une réaction chimique est symbolisée par une **équation**. Cette équation traduit l'évolution du système en indiquant la transformation des réactifs en produits représentés par leur formule.

EXEMPLE : La combustion du carbone :



• Signification à l'échelle microscopique

Un atome de carbone réagit avec une molécule de dioxygène pour former une molécule de dioxyde de carbone.

• Signification à l'échelle macroscopique

Une mole d'atomes de carbone réagit avec une mole de molécules de dioxygène pour former une mole de molécules de dioxyde de carbone.

■ Écrire et ajuster l'équation de la réaction

- En 1777, Antoine Lavoisier énonce la loi (qui porte aujourd'hui son nom) devant l'Académie des Sciences :

« Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme. »

La citation exacte est :

« Rien ne se crée, ni dans les opérations de l'art, ni dans celles de la nature, et l'on peut poser en principe que, dans toute opération, il y a une égale quantité de matière avant et après l'opération ; qu'il n'y a que des changements, des modifications. » (Lavoisier, *Traité élémentaire de chimie*, 1789).

- Au cours d'une transformation chimique, il y a **conservation des éléments chimiques et des charges électriques**. Pour traduire cette conservation, on place devant chaque formule un **nombre stœchiométrique** que l'on ajuste.

Les nombres stœchiométriques renseignent sur les proportions dans lesquelles les réactifs sont consommés et les produits sont formés.

Conséquence observable à l'échelle macroscopique : la masse totale d'un système chimique est conservée pendant une transformation chimique.

EXEMPLES

- **Les pluies acides attaquent le calcaire** : les ions H^+ contenus dans les acides réagissent avec le carbonate de calcium $CaCO_3$ contenu dans le calcaire. Il apparaît des ions calcium, des molécules de dioxyde de carbone et d'eau.



Le nombre 2 permet d'écrire la conservation de l'hydrogène (2 H au total) lors de la réaction, ainsi que le nombre de charges (2+).

- **La combustion de l'éthanol** (alcool liquide) est une transformation chimique modélisée par la réaction chimique entre l'éthanol (C_2H_6O) et le dioxygène (O_2), formant du dioxyde de carbone (CO_2) et de la vapeur d'eau (H_2O). L'équation de la réaction est :



Choix des nombres stœchiométriques

- 2 devant CO_2 permet d'écrire la conservation de C : 2 au total ;
- 3 devant H_2O permet de traduire la conservation de H : 6 au total ;
- 3 devant O_2 permet d'écrire la conservation de O : 7 au total.

Signification de l'équation

- 1 mole (de molécules) d'éthanol réagit avec 3 moles (de molécules) de dioxygène pour former 2 moles (de molécules) de dioxyde de carbone et 3 moles (de molécules) d'eau.

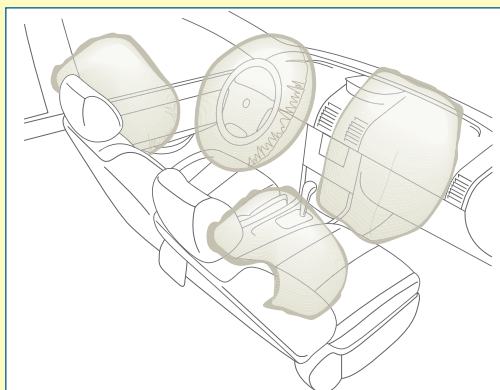
Exercice résolu : Écrire des équations chimiques

ÉNONCÉ

L'airbag est un coussin de sécurité utilisé dans l'automobile qui se gonfle en quelques milli-secondes en cas de collision. Un dispositif de mise à feu allume un mélange de bore et de nitrate de sodium qui réagit vivement en produisant une forte élévation de température.

Cette élévation de température déclenche la décomposition d'azoture de sodium NaN_3 (solide) présent dans l'airbag en sodium Na (solide) et en diazote N_2 (gazeux).

Le sodium produit réagit avec du nitrate de potassium $KNO_3(s)$ également présent pour donner à nouveau du diazote $N_2(g)$ ainsi que de l'oxyde de sodium $Na_2O(s)$ et de l'oxyde de potassium $K_2O(s)$.



Ces deux derniers réagissent sur de la silice $\text{SiO}_2(\text{s})$ pour former un sel (silicate alcalin) de sodium et de potassium $\text{K}_2\text{Na}_2\text{SiO}_4(\text{s})$, poudre de verre inoffensive.

1. Écrire les équations des trois réactions décrites ci-dessus.
2. Quelle est l'espèce chimique responsable du gonflage du coussin ?
3. Combien de moles de diazote sont produites par la décomposition de 10 moles d'azoture de sodium selon les deux premières réactions ?

À RETENIR

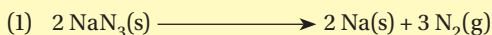
Une équation traduit la disparition des réactifs et l'apparition des produits de la réaction. Les nombres stœchiométriques placés devant les formules rendent compte de la conservation des éléments et des charges électriques.

MÉTHODE

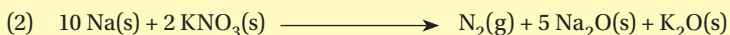
Écrire les formules des espèces identifiées en précisant leur état : solide, liquide, gazeux ou dissous. L'équation peut être interprétée à l'échelle microscopique (entités : atomes, molécules ou ions) ou macroscopique (moles).

CORRIGÉ

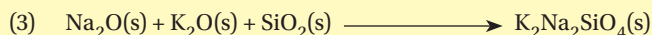
1. • Équation de la réaction de décomposition de l'azoture de sodium :



- Équation de la réaction entre le sodium et le nitrate de potassium :



- Équation de la formation du silicate alcalin :



2. L'espèce chimique responsable du gonflage est celle qui se présente sous forme de gaz : le diazote, de formule N_2 .

3. D'après (1) : Si 2 moles de $\text{NaN}_3(\text{s})$ produisent 2 moles de $\text{Na}(\text{s})$ et 3 moles de $\text{N}_2(\text{g})$, alors 10 moles de $\text{NaN}_3(\text{s})$ produisent 10 moles de $\text{Na}(\text{s})$ et 15 moles de $\text{N}_2(\text{g})$.

D'après (2) : 10 moles de $\text{Na}(\text{s})$ produisent 1 mole de $\text{N}_2(\text{g})$ supplémentaire.

Au total, la transformation de 10 moles de $\text{NaN}_3(\text{s})$ fait apparaître 16 moles de $\text{N}_2(\text{g})$.

EXERCICE DE SYNTHÈSE

Levures chimiques ou biochimiques ?

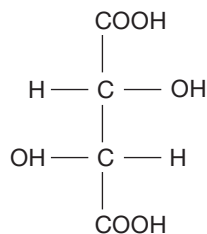
Pour faire lever la pâte, les boulangers et les pâtisseries utilisent des levures. Celles-ci sont responsables de transformations chimiques qui produisent un dégagement gazeux assurant le gonflement de petites bulles à l'intérieur de la pâte.

La levure de boulanger (champignon microscopique) provoque la fermentation de sucres (glucose de formule $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) qui produit de l'éthanol et du dioxyde de carbone.

La levure chimique (poudre à lever) est un mélange composé essentiellement de bicarbonate de sodium (NaHCO_3), d'acide tartrique et d'un excipient (amidon).



Les poudres à lever agissent deux fois : à température ordinaire, l'acide tartrique réagit avec les ions bicarbonate (HCO_3^-) en produisant du dioxyde de carbone, des ions tartrate ($\text{C}_4\text{H}_5\text{O}_6^-$) et de l'eau ; à température plus élevée, les ions bicarbonate se décomposent en ions carbonate (CO_3^{2-}) avec formation de dioxyde de carbone et d'eau.

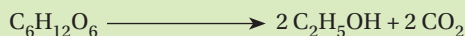


Formule semi-développée
de l'acide tartrique

1. Quel est le gaz responsable de la levée de la pâte ? Quelle est sa formule chimique ?
2. Donner la définition d'un excipient.
3. Quels sont les réactifs et les produits de la réaction modélisant la transformation chimique associée à la fermentation du glucose ?
4. Parmi les formules suivantes, choisir celle de l'éthanol en justifiant le choix : $\text{C}_2\text{H}_5\text{ONa}$, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OCl}$.
5. Écrire l'équation de la réaction de fermentation du glucose.
6. À l'aide de la formule semi-développée, écrire la formule brute de l'acide tartrique.
7. Écrire les équations des deux réactions qui modélisent les transformations se produisant dans la pâte contenant de la levure chimique.

CORRIGÉ

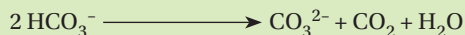
1. La pâte lève sous l'action du dioxyde de carbone produit par les différentes transformations chimiques. Sa formule est CO_2 .
2. Un excipient désigne toute substance autre que le principe actif dans un médicament ou un aliment. Son action permet de donner des caractéristiques particulières au produit final, en évitant toute interaction chimique.
3. Le glucose est le seul réactif et les produits sont l'éthanol et le dioxyde de carbone.
4. La formule de l'éthanol est $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$. La conservation des éléments chimiques impose de retrouver les éléments présents dans le glucose au sein des produits de la réaction. Seuls les éléments carbone C, hydrogène H et oxygène O sont présents, donc les formules faisant apparaître le sodium Na ou le chlore Cl sont impossibles.
5. Équation de la réaction de la fermentation du glucose :



6. La formule brute de l'acide tartrique est $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6$.
7. • À température ordinaire, l'acide tartrique réagit avec le bicarbonate :



- À chaud, le bicarbonate se décompose :



13

Mouvements et forces dans les pratiques sportives

@ www.annabac.com

LANCER PLUS LOIN, sauter plus haut, courir plus vite... Pour améliorer ses performances tout en respectant son organisme, le sportif cherche à maîtriser les techniques propres à sa discipline. Ces techniques s'appuient sur les lois de la physique en matière de mouvements et de forces.

La plupart des notions évoquées dans ce chapitre ont été développées dans le chapitre 6 sur le système solaire.



Ushi-mata :
un mouvement de judo

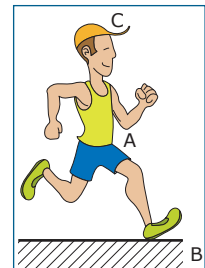
1 La relativité du mouvement

Mouvement et référentiels

Le mouvement est une notion relative. Il est indispensable de préciser le référentiel dans lequel on se place pour décrire un mouvement.

EXEMPLE

La casquette (C) du coureur (A) est en mouvement dans le référentiel terrestre (B) mais elle est immobile par rapport à la tête du coureur.

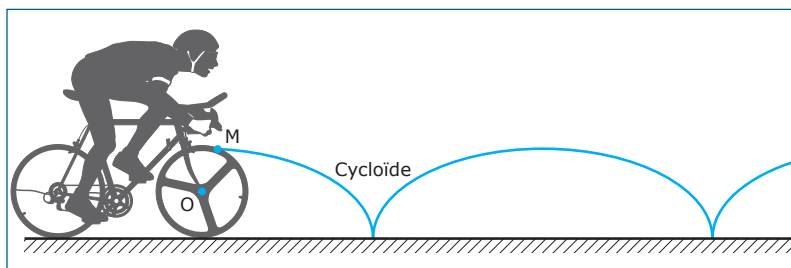


Trajectoire

La trajectoire dépend du référentiel choisi.

EXEMPLE

La trajectoire du point M de la roue du vélo est un cercle par rapport à l'axe O de la roue, et une cycloïde dans le référentiel terrestre.

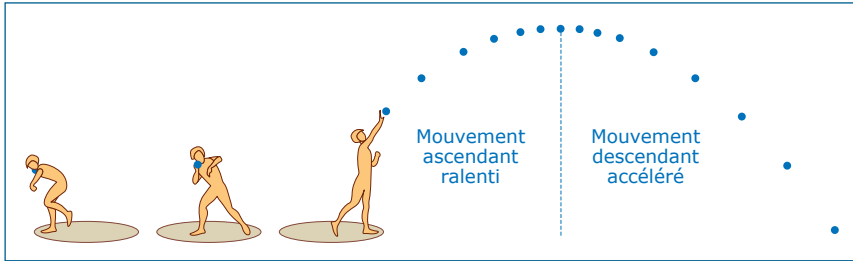


■ Utilisation de la vidéo

La vidéo est un moyen privilégié pour enregistrer, observer et analyser le mouvement d'un objet. La décomposition de la vidéo, image par image, permet d'obtenir l'ensemble des positions occupées par un objet, à **intervalles de temps réguliers**. Si ces positions successives sont régulièrement espacées, le mouvement est **uniforme**. Si elles sont de plus en plus espacées, le mouvement est **accélééré**. Si elles sont de moins en moins espacées, le mouvement est **ralenti**.

EXEMPLE

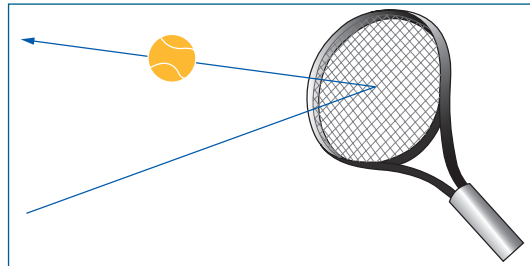
Dans le référentiel terrestre, le « poids » lancé par un athlète est animé d'un mouvement ascendant ralenti puis d'un mouvement descendant accéléré.



2 Forces et modification du mouvement

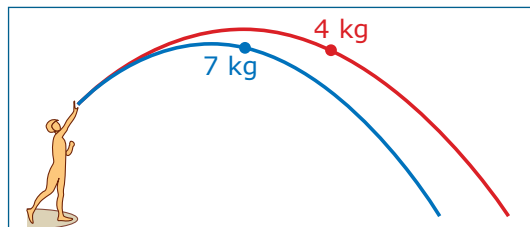
■ Une force est **une action mécanique** qui, appliquée à un solide, est capable soit de le mettre en mouvement, soit de modifier son mouvement.

EXEMPLE : La raquette du tennisman applique une force sur la balle et provoque la modification de son mouvement.



■ La même force provoque une modification du mouvement d'autant plus importante que la masse du solide est faible.

EXEMPLE : Un même athlète lance plus loin un « poids » de 4 kg qu'un « poids » de 7 kg.



■ Une force peut éventuellement modifier la valeur de l'**énergie cinétique** d'un objet. On rappelle que l'énergie cinétique est :

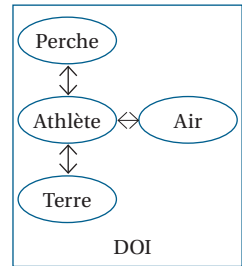
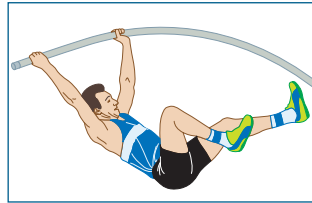
$$E_c = \frac{1}{2}mv^2$$

E_c en J ;
 m en kg ;
 v en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

EXEMPLE : Les athlètes poussent le bobsleigh au démarrage pour augmenter sa vitesse et donc son énergie cinétique.

■ **Pour établir l'inventaire des forces** s'appliquant à un objet, il faut d'abord définir l'objet étudié, puis identifier tous les « objets » qui interagissent avec lui. La construction d'un **diagramme objets-interactions (DOI)** permet de dresser cet inventaire très facilement.

EXEMPLE : Si « l'objet » étudié est le perchiste dans la situation figurant sur la figure, alors les « objets » qui agissent sur lui sont la Terre, l'air et la perche. Les interactions sont matérialisées par des flèches sur le DOI.



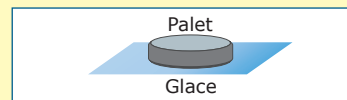
Le perchiste est donc soumis à trois forces : l'attraction terrestre (ou force de pesanteur ou poids), l'action de la perche et l'action de l'air.

■ **Le principe d'inertie** s'applique, dans le référentiel terrestre, à tous les mouvements de courte durée sur Terre : « tout corps persévère dans son état de repos ou de mouvement rectiligne uniforme s'il n'est soumis à aucune force ou si les forces qui s'appliquent sur lui se compensent. »

Exercice résolu : Appliquer le principe d'inertie

ÉNONCÉ

Un palet de hockey est lancé sur la glace d'une patinoire horizontale. Son mouvement sur la glace est rectiligne uniforme.



1. Dresser l'inventaire des forces s'appliquant au palet. On négligera l'action de l'air.
2. Ces forces se compensent-elles ? Justifier.
3. Représenter ces forces sur un schéma.

MÉTHODE

Établir l'inventaire des forces s'appliquant au palet, construire un diagramme objets-interactions (DOI), puis appliquer le principe d'inertie.

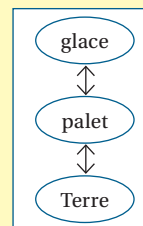
CORRIGÉ

1. Le palet est soumis à deux forces :

- l'attraction terrestre (ou poids) ;
- l'action de la glace.

2. Le palet est animé d'un mouvement rectiligne uniforme donc, d'après le principe d'inertie, les forces qui s'appliquent sur lui se compensent.

3. La force d'attraction terrestre (ou poids, ou force de pesanteur) est dirigée vers le bas (la Terre attire le palet) tandis que l'action de la glace est dirigée vers le haut (la glace compense l'attraction terrestre).











La force de pesanteur a été détaillée dans le chapitre 6.

3 Chronométrage

■ Dans de nombreuses épreuves sportives, il faut mesurer un temps pour relever la performance des participants. De la précision de cette mesure dépend la fiabilité des résultats et du classement final.

EXEMPLE : Lors de la finale des mondiaux 2009 du 100 m nage libre, le français Frédéric Bousquet a obtenu la médaille de bronze en devançant le canadien Brent Hayden de seulement deux centièmes de seconde !

1		Cesar Cielo Filho	46,91 s	5		David Walters	47,33 s
2		Alain Bernard	47,12 s	6		Stefan Nystrand	47,37 s
3		Frédéric Bousquet	47,25 s	7		Lyndon Ferns	47,94 s
4		Brent Hayden	47,27 s	8		Nicolas Oliveira	48,01 s

■ Pour obtenir un chronométrage fiable, il ne suffit pas que le chronomètre soit précis, il faut que son déclenchement au départ et à l'arrivée le soit aussi.

Le chronométrage manuel est généralement trop imprécis et il faut utiliser des capteurs (à infrarouge, par exemple) pour obtenir une bonne fiabilité des résultats.

La photo finish est aussi fréquemment utilisée dans les compétitions de haut niveau.

EXEMPLE : Le 16 août 2009, lors des championnats du monde d'athlétisme de Berlin, Usain Bolt battait le record du monde du 100 m en 9 secondes 58 centièmes. Sur la photo finish ci-dessous, la ligne en pointillés au niveau du torse de chaque sprinteur représente la ligne d'arrivée et la date de son franchissement se lit en abscisse. L'utilisation d'une caméra rapide (1 000 images par seconde) permet de mesurer les durées avec précision et d'annoncer les résultats au centième de seconde.

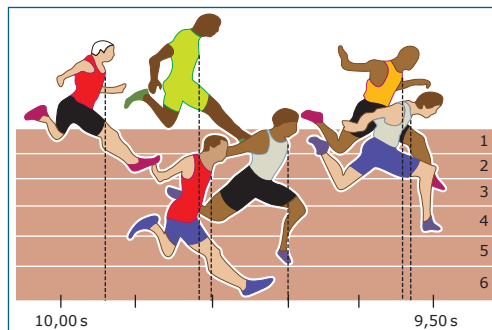


Photo finish

EXERCICE DE SYNTHÈSE

Saut en parachute

Partie 1

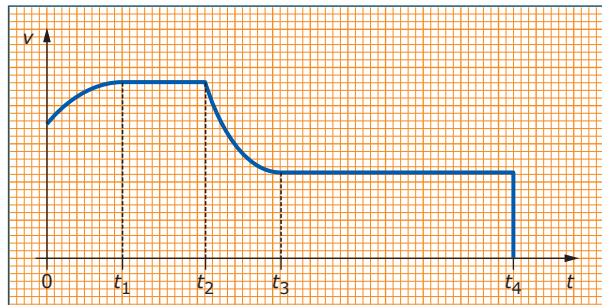
Deux parachutistes, Nat et Pat, sautent simultanément d'un avion. Ils tombent côte à côte sans ouvrir leur parachute (« vol libre »). Nat filme Pat.

Au moment où Pat déclenche l'ouverture de son parachute, Nat continue à le filmer sans bouger sa caméra et attend quelques instants avant d'ouvrir à son tour son propre parachute.



1. Dans un référentiel terrestre, le mouvement des parachutistes est-il ascendant ou descendant ?
2. Quelle est la modification du mouvement de Pat provoquée par l'ouverture de son parachute ?
3. Le visionnage du film montre un mouvement ascendant de Pat après l'ouverture de son parachute. Expliquer cette observation.

Partie 2. La descente de Nat dans le référentiel terrestre s'effectue à une vitesse v dont l'évolution au cours du temps est schématiquement représentée par le graphe suivant.



L'instant $t = 0$ correspond au moment où Nat quitte l'avion.

1. En analysant le graphe, décrire les différentes phases du mouvement de la parachutiste Nat.
2. À quelle date ouvre-t-elle son parachute ? Justifier.
3. À quelle date touche-t-elle le sol ? Justifier.
4. a. En construisant un diagramme objets-interactions, faire l'inventaire des forces s'appliquant au système « parachutiste + parachute » pendant sa chute.
b. Indiquer pour chaque force si elle agit vers le haut ou vers le bas.
5. a. Indiquer pour quelles phases du mouvement les forces appliquées à l'objet « parachutiste + parachute » se compensent.
b. Pour les autres phases, préciser la force prédominante.

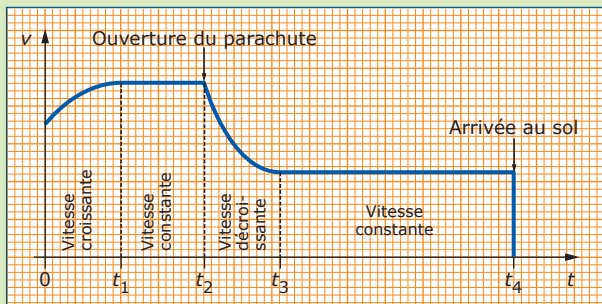
CORRIGÉ

Partie 1

1. Les parachutistes tombent par rapport au sol. Ils sont donc animés d'un mouvement descendant dans un référentiel terrestre.
2. L'ouverture du parachute entraîne une diminution de la vitesse de Pat mais son mouvement reste toujours descendant dans un référentiel terrestre. Autrement dit, il continue à tomber.
3. Le film montre le mouvement de Pat par rapport à Nat puisque la caméra est tenue par cette dernière. À l'ouverture de son parachute, Pat chute moins vite par rapport au sol tandis que Nat continue avec le même mouvement. Par conséquent, le mouvement de Pat par rapport à Nat est ascendant.

Partie 2

1. Le mouvement de Nat est accéléré de $t = 0$ à t_1 ; uniforme de t_1 à t_2 ; ralenti de t_2 à t_3 ; uniforme de t_3 à t_4 .



2. L'ouverture du parachute provoque un freinage de la chute, c'est-à-dire un mouvement ralenti. L'ouverture du parachute a donc lieu à la date t_2 .

3. Lorsque la parachutiste touche le sol, sa vitesse s'annule brutalement. Cela correspond à la date t_4 .

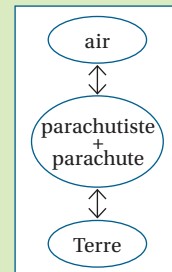
4. a. Pendant sa chute, le système « parachutiste + parachute » est soumis à l'attraction terrestre (ou poids) et à l'action de l'air.

- b. Le poids est orienté vers le bas (la Terre attire le parachutiste) tandis que l'action de l'air est de sens opposé (l'air freine le parachutiste).

5. a. Selon le principe d'inertie, le poids et l'action de l'air se compensent lorsque le mouvement de la parachutiste est uniforme, c'est-à-dire de t_1 à t_2 et de t_3 à t_4 .

- b. De $t = 0$ à t_1 , le mouvement est accéléré car le poids orienté dans le sens du mouvement est plus intense que l'action de l'air orientée dans le sens opposé au mouvement.

Au contraire, de t_2 à t_3 , le mouvement est ralenti car l'action de l'air est plus intense que celle du poids. C'est l'ouverture du parachute qui a engendré un accroissement de l'action de l'air.



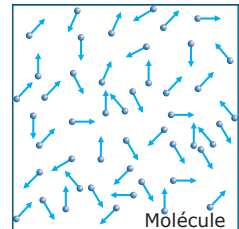
14 Sport et pression atmosphérique

TOUS LES SPORTIFS constatent un accroissement de leur fréquence respiratoire, lorsqu'ils pratiquent leur discipline en altitude. C'est la conséquence de la diminution de la pression atmosphérique.

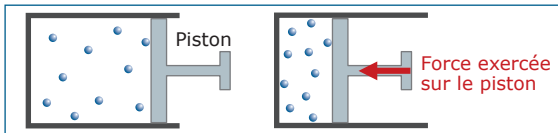
1 Qu'est-ce que la pression ?

■ Un gaz à l'échelle microscopique

- Un gaz occupe la totalité de l'espace disponible : il est dit **expansif**. Cette propriété découle du mouvement incessant des molécules qui le constituent ; on parle d'**agitation moléculaire**.
- La distance moyenne entre deux molécules est nettement supérieure à la dimension d'une molécule. L'espace vide entre les molécules peut facilement être réduit, c'est pour cette raison qu'un gaz est **compressible**.

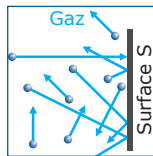


L'agitation moléculaire

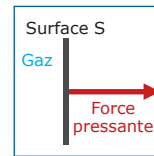


■ La pression d'un gaz

- Toute surface S en contact avec un gaz subit sans cesse les collisions de ses molécules. Le résultat de ce « bombardement moléculaire » à l'échelle microscopique est, à l'échelle macroscopique, une force dirigée perpendiculairement à la surface, appelée **force pressante** de valeur F .




Échelle microscopique



Échelle macroscopique

 $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$.

 L'hectopascal (hPa) et le millibar (mbar) sont deux unités équivalentes :
 $1 \text{ hPa} = 10^2 \text{ Pa} = 10^{-3} \text{ bar}$
 $= 1 \text{ mbar}$.

- La **pression p** exercée par le gaz, ou plus simplement **pression du gaz**, est la valeur de la force pressante exercée par unité de surface soit :

$$p = \frac{F}{S} \quad \left| \quad F \text{ en N} ; S \text{ en m}^2 ; p \text{ en pascal (Pa)} \right.$$

- Le **pascal** est l'unité internationale de pression mais il existe d'autres unités usuelles, le **bar** par exemple :
 $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$ ou $1 \text{ Pa} = 10^{-5} \text{ bar}$.

Mesure de la pression d'un gaz

- La pression d'un gaz contenu dans un récipient se mesure à l'aide d'un **manomètre**.
- La **pression atmosphérique** est la pression existant dans l'air constituant l'atmosphère. Elle est mesurée à l'aide d'un **baromètre**. Sa valeur dite normale, à l'altitude zéro, est :

$$p_{\text{atm}} = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa} = 1\,013 \text{ hPa}$$

Influence de l'altitude sur la pression atmosphérique

La pression atmosphérique **diminue avec l'altitude**. Par exemple, au sommet du Mont Blanc à une altitude de 4,8 km, elle vaut environ 550 hPa.

Exercice résolu : Calculer une force pressante

ÉNONCÉ

La pression atmosphérique diminue avec l'altitude : elle vaut environ 10^5 Pa à l'altitude zéro et 5×10^4 Pa à 5 km d'altitude.

Dans un avion, la pression intérieure est toujours maintenue à une valeur proche de 10^5 Pa.

1. Le hublot d'un avion a une surface de $0,2 \text{ m}^2$. Calculer la force pressante appliquée par l'air atmosphérique sur la face extérieure de ce hublot à l'altitude zéro puis à l'altitude 5 km.
2. Sans faire de calcul, expliquer pourquoi les hublots des avions doivent être résistants lorsque l'avion prend de l'altitude.

MÉTHODE

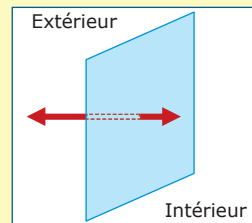
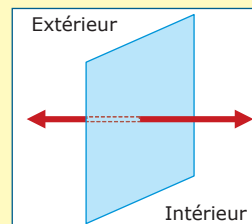
Par définition, la pression s'exprime par $p = \frac{F}{S}$, donc la force pressante peut se calculer à l'aide de la relation $F = pS$.

CORRIGÉ

1. • À l'altitude zéro, la pression exercée par l'air extérieur vaut $p = 10^5$ Pa donc la force subie par la face extérieure du hublot est $F = pS$, soit $F = 10^5 \times 0,2 = 2 \times 10^4$ N.
- À 5 km d'altitude, la pression extérieure ne vaut plus que $p' = 5 \times 10^4$ Pa donc la force pressante est $F' = p'S$ soit $F' = 5 \times 10^4 \times 0,2 = 10^4$ N.

2. • Au sol, le hublot est soumis à la même pression (10^5 Pa) sur ces deux faces. Par conséquent, des forces pressantes de même intensité s'exercent des deux côtés de la vitre. Ces forces, perpendiculaires à la vitre et de sens opposé, se compensent.

- À l'altitude de 5 km, la pression extérieure est inférieure à la pression intérieure donc ces deux forces ne se compensent plus. Il est alors impératif que le hublot soit suffisamment résistant pour ne pas éclater.



2

Pourquoi l'altitude influence-t-elle les performances sportives ?

■ La loi d'Avogadro-Ampère

L'unité internationale de volume est le mètre cube (m^3) ; le litre (L) n'est qu'une unité usuelle :
 $1 m^3 = 1\,000 L = 10^3 L$.

À la même pression et à la même température, des volumes égaux de gaz différents contiennent le même nombre de molécules.

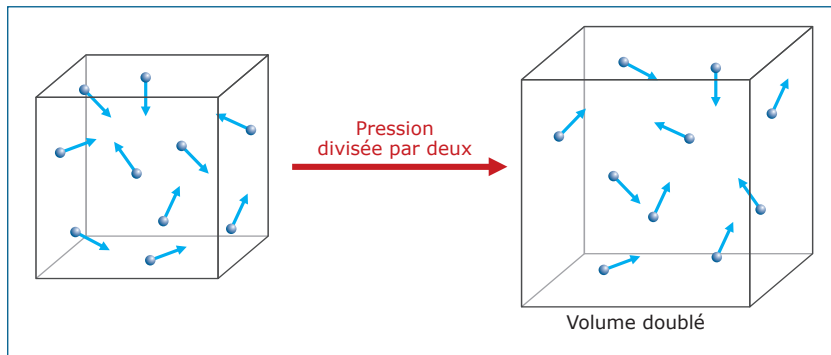
EXEMPLE : À 20° C et à la pression atmosphérique normale ($1,013 \times 10^5 Pa$), un ballon de baudruche de 4 L, qu'il soit gonflé à l'hélium ou à l'air, contient toujours environ 10^{23} molécules.

■ La loi de Boyle-Mariotte

À température constante, la pression p et le volume V d'un nombre donné de molécules de gaz sont liés par la relation : $pV = \text{constante}$.

La température est exprimée usuellement en degré Celsius ($^{\circ}C$).

EXEMPLE : Si un nombre donné de molécules de gaz occupe un volume V lorsque la pression vaut p , alors **ce même nombre de molécules à la même température** occupe un volume double lorsque la pression est divisée par deux.



■ Modification du rythme respiratoire en altitude

La fréquence respiratoire est le nombre de cycles (inspiration et expiration) par minute. Cette fréquence est normalement comprise entre 12 et 20 cycles/min pour un adulte et entre 20 et 30 cycles/min chez l'enfant. Le besoin en dioxygène augmente lors de la pratique d'une activité sportive, c'est la raison pour laquelle la fréquence respiratoire augmente.

Pour plus de précisions, se reporter à l'exercice de synthèse.

D'après la loi de Boyle-Mariotte, à température constante et pour un nombre donné de molécules d'air (donc une quantité de matière donnée), le produit de la pression atmosphérique par le volume d'air inspiré est constant car $pV = \text{constante}$.

Or, en altitude, la pression atmosphérique p diminue. Donc pour inspirer le même nombre de molécules d'air, il faut inspirer un volume V plus grand. Comme le volume des poumons ne peut pas changer, c'est la fréquence respiratoire qui doit être plus élevée.

EXERCICE DE SYNTHÈSE

Trekking !

Le but de cet exercice est de comprendre pourquoi la pratique du trekking, c'est-à-dire la randonnée pédestre en montagne, s'accompagne d'une modification du rythme respiratoire. Pour cela, des données relatives à l'atmosphère sont fournies.



Données

Doc. 1 – Composition de l'air

L'air est un mélange gazeux composé de :

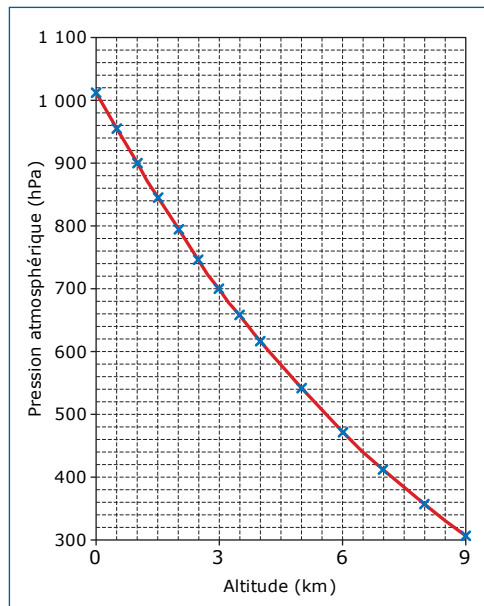
78,1 % de molécules de diazote N_2 ;

20,9 % de molécules de dioxygène O_2 ;

1 % de molécules d'autres gaz : des gaz rares, principalement de l'argon Ar à 0,9 % ; du dioxyde de carbone CO_2 ; de l'ozone O_3 ; du dioxyde de soufre SO_2 ...

Doc. 2 – La quantité de matière n , en mol, contenue dans un litre d'air à $20\text{ }^\circ\text{C}$ s'exprime en fonction de la pression p , en pascal, selon la relation : $n = 4,1 \times 10^{-7}p$.

Doc. 3 – Évolution de la pression atmosphérique avec l'altitude



1. L'air est-il un corps pur ? Justifier.
2. Que signifie le symbole hPa ?
3. Par lecture graphique, déterminer la valeur p_0 de la pression atmosphérique à l'altitude zéro et la valeur p_1 à 3,5 km d'altitude. On exprimera les résultats en unité internationale et en notation scientifique.

- 4.** Le volume d'air entrant dans les poumons d'un adulte, lors de chaque inspiration au repos, est d'environ 0,50 L.
- Déterminer la quantité de matière d'air n_0 correspondant à une inspiration à l'altitude zéro à 20 °C, puis la quantité de matière d'air n_1 inspiré à 3,5 km d'altitude en supposant que la température est toujours de 20 °C.
 - En déduire les quantités de matière de dioxygène $n_0(\text{O}_2)$ et $n_1(\text{O}_2)$ pour chaque inspiration, respectivement à l'altitude 0 et à l'altitude de 3,5 km.
 - Comparer ces deux quantités de matière.
 - Si la fréquence respiratoire (nombre de cycles « inspiration-expiration » par minute) est de 12 cycles/min à l'altitude zéro, quelle sera sa valeur à l'altitude de 3,5 km dans les mêmes conditions ?
- 5.** Pourquoi en très haute altitude (supérieure à 7 km), les alpinistes utilisent-ils très fréquemment des masques à dioxygène ?

CORRIGÉ

- L'air est un mélange de plusieurs gaz, ce n'est donc pas un corps pur.
- Le symbole hPa représente l'hectopascal. C'est un multiple de l'unité internationale de pression : le pascal. 1 hPa = 100 Pa.
- Le graphique permet de lire les pressions à 10 hPa près.
On obtient $p_0 = 1\,010\text{ hPa} = 101\,000\text{ Pa} = 1,01 \times 10^5\text{ Pa}$
et $p_1 = 660\text{ hPa} = 66\,000\text{ Pa} = 6,6 \times 10^4\text{ Pa}$.
- a.** D'après l'information fournie par le document 2, un litre d'air à 20 °C à la pression p correspond à la quantité de matière $n = 4,1 \times 10^{-7} p$.

Pour un volume d'air inspiré de 0,50 L (un demi-litre), la quantité d'air correspondante (avec deux chiffres significatifs) est :
 - à l'altitude zéro : $n_0 = \frac{4,1 \times 10^{-7} p_0}{2} = \frac{4,1 \times 10^{-7} \times 1,01 \times 10^5}{2} = 2,1 \times 10^{-2}\text{ mol}$.
 - à l'altitude de 3,5 km : $n_1 = \frac{4,1 \times 10^{-7} p_1}{2} = \frac{4,1 \times 10^{-7} \times 6,6 \times 10^4}{2} = 1,4 \times 10^{-2}\text{ mol}$.
- b.** L'air contient 20,9 % de dioxygène donc :
 - à l'altitude zéro : $n_0(\text{O}_2) = \frac{20,9}{100} n_0 = \frac{20,9}{100} \times 2,1 \times 10^{-2}\text{ mol} = 4,4 \times 10^{-3}\text{ mol}$;
 - à l'altitude de 3,5 km : $n_1(\text{O}_2) = \frac{20,9}{100} n_1 = \frac{20,9}{100} \times 1,4 \times 10^{-2}\text{ mol} = 2,9 \times 10^{-3}\text{ mol}$.
- c.** $\frac{n_0(\text{O}_2)}{n_1(\text{O}_2)} = \frac{4,4 \times 10^{-3}}{2,9 \times 10^{-3}} = 1,5$ ou bien $n_0(\text{O}_2) = 1,5 n_1(\text{O}_2)$.

Ce calcul montre qu'à l'altitude de 3,5 km, la quantité de dioxygène inspiré est 1,5 fois plus faible qu'à l'altitude zéro.
- d.** Sachant que la quantité de matière de dioxygène inspiré à 3,5 km d'altitude est 1,5 fois plus faible qu'à l'altitude zéro, il faudra, pour que l'organisme bénéficie du même apport en oxygène, que la fréquence respiratoire soit 1,5 fois plus élevée soit : $12 \times 1,5 = 18$ cycles/min.
- 5.** À 7 km d'altitude, la pression atmosphérique n'est plus que de 410 hPa. Le manque de dioxygène est alors si fort que l'accroissement de la fréquence respiratoire ne suffit plus, il est donc nécessaire de compenser par un apport de dioxygène complémentaire.

15 Plongée subaquatique et pression

@ www.annabac.com

LA PRATIQUE de la plongée subaquatique n'est pas sans risque, surtout à forte profondeur. Les effets physiologiques ressentis par un plongeur sont les conséquences directes de l'importance de la pression exercée par l'eau.

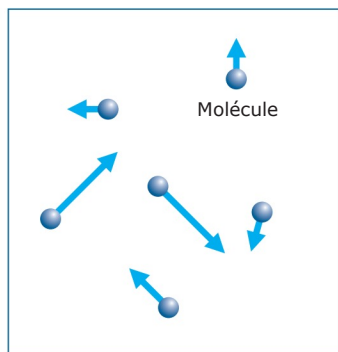


1 Pression dans un liquide

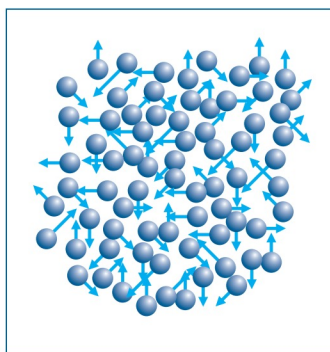
■ Un liquide à l'échelle microscopique

Tout comme un gaz, un liquide est constitué de molécules en mouvement. Mais, dans un liquide, la distance moyenne entre deux molécules est beaucoup plus faible que dans un gaz. C'est la raison pour laquelle un liquide est nettement plus dense (de l'ordre de mille fois plus) et beaucoup moins compressible qu'un gaz.

➡ Pour revoir la notion de densité, se reporter au chapitre 9.



Un gaz à l'échelle microscopique



Un liquide à l'échelle microscopique

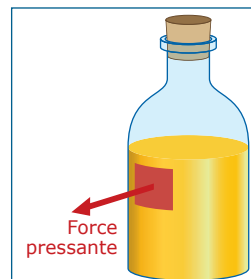
■ La pression dans un liquide

La définition de la pression d'un liquide est similaire à celle de la pression d'un gaz (voir le chapitre 14).

Toute surface S en contact avec un liquide subit sans cesse les collisions des molécules. À l'échelle macroscopique, cela se traduit par une **force pressante** s'exerçant perpendiculairement à la surface. La **pression p exercée par**

le liquide, ou encore **pression du liquide**, est la valeur de la force pressante exercée par unité de surface, soit :

$$p = \frac{F}{S} \quad \left| \quad F \text{ en newton (N)} ; S \text{ en m}^2 ; p \text{ en pascal (Pa)} \right.$$

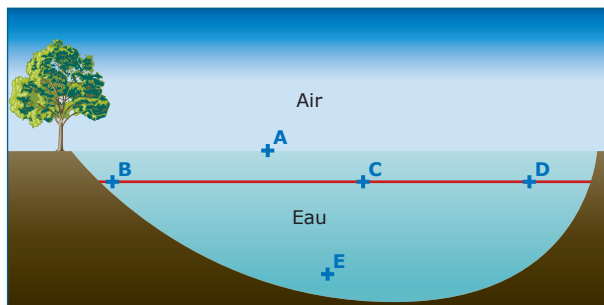


■ Influence de la profondeur

- La pression p existant à la surface d'un liquide est égale à la pression atmosphérique p_{atm} , puisque cette surface est aussi en contact avec l'air.
- La pression dans un liquide est identique en tous points situés à la même profondeur.
- La pression exercée par le liquide augmente avec la profondeur.

EXEMPLE

$$\begin{aligned} p_A &= p_{\text{atm}} ; \\ p_B &= p_C = p_D ; \\ p_E &> p_B > p_A. \end{aligned}$$



Un calcul de pression en fonction de la profondeur est présenté dans l'exercice résolu.

REMARQUE : Dans l'eau (douce ou salée), la variation de pression est d'environ 10^4 Pa par mètre de profondeur.

EXEMPLE : À 10 mètres de profondeur, la pression est environ le double de la pression atmosphérique.

Exercice résolu : Calculer la pression dans l'eau

ÉNONCÉ

1. Quelle est la pression régnant à 20 mètres de profondeur dans un lac situé à une altitude proche de zéro ? Comparer le résultat à la valeur de la pression atmosphérique régnant à cette altitude.
2. Répondre aux mêmes questions pour un lac de montagne situé à 3 km d'altitude.

Données

La pression à l'altitude zéro est $1,0 \times 10^5$ Pa.

La pression atmosphérique à 3 km d'altitude est $7,0 \times 10^4$ Pa.

La variation de pression dans l'eau est d'environ 10^4 Pa par mètre de profondeur.

MÉTHODE

La pression dans l'eau augmente de 10^4 Pa par mètre de profondeur. À la surface (profondeur zéro), elle est égale à la pression atmosphérique p_{atm} . Par conséquent, pour calculer la

pression p à une profondeur h dans l'eau, il suffit d'appliquer la relation : $p = p_{\text{atm}} + 10^4 h$ en exprimant la pression atmosphérique en pascal et la profondeur h en mètre.

CORRIGÉ

1. Pour le lac à basse altitude, la pression atmosphérique est $1,0 \times 10^5$ Pa donc à 20 m sous l'eau, la pression vaut :

$p = 1,0 \times 10^5 + 10^4 \times 20 = 3,0 \times 10^5$ Pa. À cette profondeur, la pression vaut donc le triple de la pression atmosphérique régnant à l'altitude zéro.

2. Pour le lac de montagne à 3 km d'altitude, la pression atmosphérique est $7,0 \times 10^4$ Pa donc à 20 m de profondeur, la pression est :

$p = 7,0 \times 10^4 + 10^4 \times 20 = 2,7 \times 10^5$ Pa. En calculant le rapport $\frac{p}{p_{\text{atm}}} = \frac{2,7 \times 10^5}{7,0 \times 10^4} = 3,9$, on peut

affirmer que la pression à 20 m de profondeur dans ce lac de montagne est presque quatre fois plus forte que la pression atmosphérique régnant à l'altitude de 3 km.

2 Dissolution d'un gaz dans un liquide

■ Un gaz peut se dissoudre dans un liquide.

EXEMPLE : Le dioxygène dissous dans l'eau des rivières, des lacs et des océans, est indispensable à la respiration des végétaux et des animaux aquatiques.

■ Plus la pression est forte, plus la quantité maximale de gaz que l'on peut dissoudre par litre de solution est élevée.

EXEMPLE : Les boissons gazeuses (eau minérale, soda, bière, champagne...) contiennent une forte quantité de dioxyde de carbone dissous. La pression dans une bouteille fermée de boisson gazeuse est plus élevée que la pression atmosphérique. À l'ouverture de la bouteille, la pression au-dessus du liquide diminue brutalement. Cette nouvelle pression ne permet plus de maintenir autant de gaz sous forme dissoute et une partie de celui-ci s'échappe !

📌 Le vocabulaire relatif aux solutions aqueuses a été détaillé dans le chapitre 11.



3 Les effets physiologiques de la plongée subaquatique

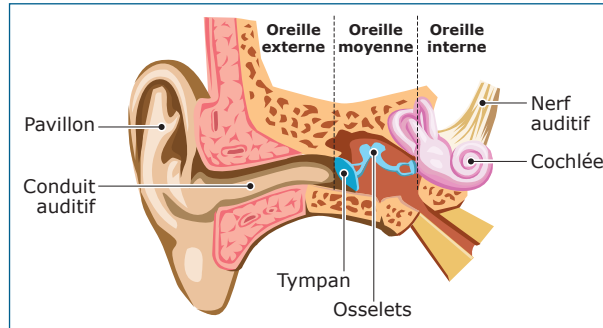
La pression à laquelle est soumis un plongeur augmente fortement avec la profondeur (voir le paragraphe 1. et l'exercice résolu). Cette pression inhabituelle pour notre corps a des conséquences qu'un plongeur doit connaître pour ne pas se mettre en danger. Les lois de la physique permettent de comprendre ces phénomènes.

■ **Barotraumatismes**

Le corps humain contient des cavités renfermant de l'air : oreilles, sinus, appareil respiratoire, dents, intestin... L'augmentation de la pression engendre une diminution du volume de l'air emprisonné : c'est la conséquence directe de la loi de Boyle-Mariotte (voir chapitre 14). Ce phénomène peut engendrer des incidents appelés **barotraumatismes**.

EXEMPLE

- Le plongeur qui s'enfonce vers des pressions de plus en plus élevées doit déglutir régulièrement (ou se pincer le nez et souffler) afin de rééquilibrer la pression entre l'intérieur de son tympan et l'extérieur. Ce petit exercice peut ainsi lui éviter une douleur (voire une déchirure) du tympan. Par ailleurs, si ses deux oreilles moyennes ne sont pas soumises à la même pression, le plongeur peut être sujet à des vertiges, susceptibles d'entraîner une panique.



- À l'inverse lors d'une remontée brutale, l'air contenu dans les poumons va voir sa pression diminuer rapidement et son volume augmenter. Il est donc indispensable que le plongeur songe à expirer pour éviter des lésions pulmonaires.

■ Toxicité des gaz

L'air (constitué d'environ 20 % de dioxygène et 80 % de diazote) que l'on respire se trouve à l'état dissous dans notre sang. Pour un plongeur, ce même air (qu'il respire grâce à la bouteille qu'il porte) est dissous dans son sang dans des quantités beaucoup plus importantes en raison de l'accroissement de la pression (voir paragraphe 2). Cet accroissement de la concentration en gaz dissous dans le sang peut engendrer des conséquences graves, on parle de **toxicité des gaz**.

EXEMPLE

- Une trop forte quantité de dioxygène dissous dans le sang peut être à l'origine de risques épileptiques ou d'inflammations pulmonaires.
- Une trop forte concentration en diazote dans le sang peut se traduire par des effets narcotiques (somnifères) et donc entraîner une diminution des réflexes du plongeur.

■ Les accidents de décompression

Lorsqu'un plongeur reste longtemps à une forte profondeur (plusieurs dizaines de mètres), donc soumis à une pression élevée, la concentration de gaz dissous dans son sang est importante car elle a eu le temps d'atteindre sa valeur maximale.

Cette quantité maximale de gaz dissous va diminuer lors de la remontée, puisque la pression diminue (voir paragraphe 2). Si le plongeur remonte trop rapidement, une partie du gaz dissous dans le sang va repasser à l'état gazeux (comme lors de l'ouverture d'une bouteille de boisson gazeuse). Les bulles qui vont en résulter peuvent alors engendrer des accidents circulatoires, des paralysies, des douleurs articulaires, etc. Pour éviter ces **accidents de décompression**, le plongeur ne doit pas remonter trop rapidement vers la surface et respecter des paliers de décompression.

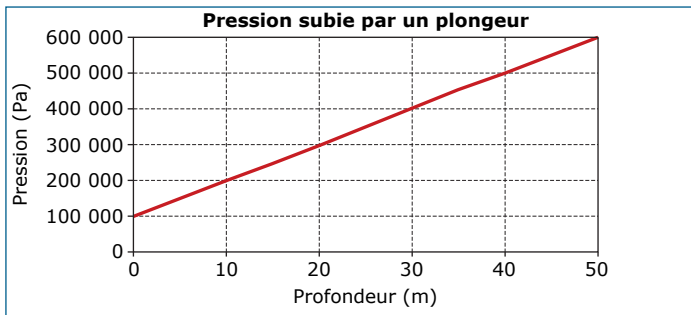
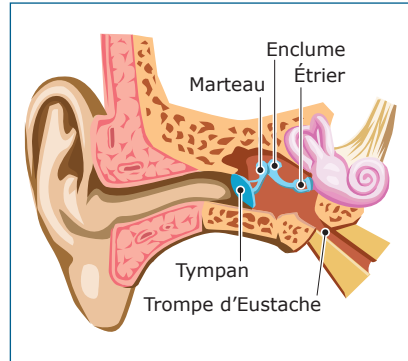
EXERCICE DE SYNTHÈSE

Le tympan d'un plongeur

Le tympan est une membrane fibreuse de surface $0,65 \text{ cm}^2$ (ou $6,5 \times 10^{-5} \text{ m}^2$) séparant l'oreille externe et l'oreille moyenne. Son rôle est de recevoir les vibrations sonores et de les transmettre aux osselets (marteau, enclume et étrier).

Le tympan est habituellement soumis à la pression atmosphérique. Cependant, lorsqu'une personne pratique la plongée sous-marine, ses tympans peuvent être soumis à des pressions nettement plus importantes.

L'évolution de la pression en fonction de la profondeur de plongée est fournie par le graphique suivant :



On exprimera tous les résultats numériques avec deux chiffres significatifs.

- Quelle valeur de la pression atmosphérique peut-on lire sur le graphique ? Expliquer.
- Donner la relation exprimant la pression en fonction de la force pressante et la surface pressée. Préciser les unités internationales de ces trois grandeurs.
- Calculer la valeur de la force subie par un tympan soumis à la pression atmosphérique.
- Déterminer la valeur de la pression si le tympan subit une force de 26 N. En déduire la profondeur à laquelle se situe le plongeur dans ce cas.
- Dans un guide pour plongeur débutant, on peut lire : « Lors de l'immersion, la pression à l'extérieur de l'oreille augmente, et comprime l'air emprisonné dans l'oreille moyenne. En se comprimant, cet air diminue de volume. L'oreille moyenne est alors en dépression et se déforme. Le tympan étant relativement souple, il se déforme en priorité, causant une petite gêne lorsque la déformation est faible et une douleur forte si cette déformation est importante. »

a. La loi de Boyle-Mariotte permet-elle d'expliquer le phénomène de diminution du volume d'air dans l'oreille interne ? Justifier.

b. Les plongeurs avertis pratiquent la manœuvre de Valsalva, qui consiste à souffler en se bouchant le nez. Cela a pour effet de forcer l'ouverture de la trompe d'Eustache afin d'amener de l'air dans l'oreille moyenne.

Peut-on appliquer la loi de Boyle-Mariotte pour comparer la situation de l'air enfermé dans l'oreille avant la mise en œuvre de la méthode Valsalva et après ? Justifier.

CORRIGÉ

1. La surface de l'eau est en contact avec l'atmosphère donc la pression atmosphérique correspond à la valeur de la pression à la profondeur zéro, soit $p = 100\,000\text{ Pa} = 1,0 \times 10^5\text{ Pa}$.
2. La pression p (exprimée en pascal (Pa)) est le rapport de la force pressante F (exprimée en newton (N)) par la surface pressée S (exprimée en mètre carré (m^2)) : $p = \frac{F}{S}$.
3. Lorsque la pression vaut $p = 100\,000\text{ Pa} = 1,0 \times 10^5\text{ Pa}$, la force pressante s'exerçant sur le tympan de surface $S = 6,5 \times 10^{-5}\text{ m}^2$ a pour valeur : $F = pS = 1,0 \times 10^5 \times 6,5 \times 10^{-5} = 6,5\text{ N}$.
4. Si la force pressante est $F = 26\text{ N}$ alors la pression s'exerçant sur le tympan est :

$$p = \frac{F}{S} = \frac{26}{6,5 \times 10^{-5}} = 4,0 \times 10^5\text{ Pa} = 400\,000\text{ Pa}.$$

Graphiquement, on constate que cette pression correspond à une profondeur de 30 m.

5. a. La loi de Boyle-Mariotte ($pV = \text{constante}$) peut s'appliquer ici puisque la température est constante et que le nombre de molécules d'air ne varie pas (*air emprisonné*). Comme le produit pV reste constant et la pression p augmente lorsque le plongeur descend, le volume V d'air emprisonné diminue.
- b. Lors de la manœuvre de Valsalva, le plongeur fait entrer de l'air dans son oreille moyenne. Par conséquent, le nombre de molécules enfermées dans l'oreille moyenne augmente, il n'est donc pas possible d'utiliser la loi de Boyle-Mariotte.

La Terre dans l'Univers, une planète habitée

1. La vie : une particularité de la Terre..... 176
2. La nature du vivant 178
3. La biodiversité..... 185

Les enjeux planétaires contemporains

4. La photosynthèse à l'échelle de la planète 191
5. Étude d'une ressource énergétique fossile 193
6. Utilisation des combustibles fossiles et cycle du carbone.... 198
7. Énergie solaire et autres ressources énergétiques 201
8. La biomasse végétale : une source de nourriture
et d'agrocarburants..... 205
9. La formation du sol et sa gestion 208

Corps humain et santé : l'exercice physique

10. Le métabolisme énergétique et les modifications
des paramètres physiologiques au cours de l'effort 213
11. Le contrôle nerveux de la fréquence cardiaque
et de la pression artérielle 218
12. Le muscle, un système fragile..... 222

La vie : une particularité de la Terre

1 Le système solaire

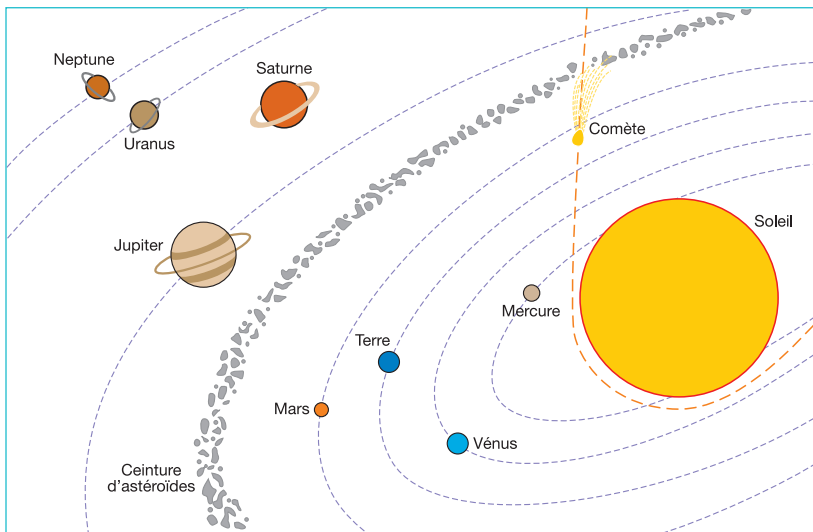
■ Le système solaire est constitué de huit planètes : Mercure, Vénus, la Terre, Mars, Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune. En 2006, lors de la 26^e assemblée générale de l'Union astronomique internationale, une nouvelle définition du mot planète a été adoptée.

⚠ Pluton, qui ne possède pas ces caractéristiques, n'est plus considérée comme une planète, mais comme une planète naine.

■ Une **planète** est un objet céleste :

- en orbite autour d'une étoile, sans être une étoile ;
- ayant un volume suffisamment important pour que l'effet de sa propre gravité lui confère une enveloppe sphérique ;
- présentant un environnement libre autour de son orbite.

■ L'Union astronomique internationale classe désormais ces objets célestes du système solaire en trois catégories : les planètes, les planètes naines et les petits corps du système solaire.



Doc. 1. Le système solaire.

2 Comparaisons des planètes du système solaire

■ Les **planètes rocheuses** du système solaire sont Mercure, Vénus, Terre et Mars. La Lune est le satellite de la Terre. Ces planètes et la Lune ont une surface rocheuse, la croûte, et sont constituées d'enveloppes concentriques (lithosphère, manteau, noyau) provenant d'une activité géologique interne antérieure.

Les planètes rocheuses sont les plus proches du Soleil et les plus denses (3,9 à 5,4). La composition du manteau et du noyau varie selon les planètes. Les enveloppes sont constituées d'éléments lourds comme le fer et les silicates (association de silicium et d'oxygène). C'est parce qu'elles sont composées essentiellement de roches silicatées qu'on les appelle planètes rocheuses.

Jusqu'à une date récente, on avait supposé que le volcanisme lunaire s'était arrêté il y a des milliards d'années mais Peter Schultz et son équipe de scientifiques de l'université Brown (Rhode Island, USA) a publié des informations qui démontreraient une activité géologique récente sur la Lune : il resterait, encore aujourd'hui, un endroit où un dégazage pourrait se produire.

■ Les planètes géantes du système solaire sont Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune. Ce sont des **planètes gazeuses** qui ne possèdent donc pas de surface solide. Elles sont éloignées du Soleil, de grande taille (diamètre à l'équateur supérieur à 50 000 km) et de densité inférieure à 2.

Comme les planètes géantes possèdent beaucoup moins d'éléments lourds et qu'elles sont soumises à des températures de surface inférieures à -220 °C , elles ont conservé leur gaz.

3 Les particularités de la Terre

■ La Terre est constituée d'une **lithosphère** formée de roches d'origines et de densités différentes. Cette planète rocheuse va subir l'érosion et le volcanisme qui effaceront les traces laissées par les cratères d'impact météoritiques. La lithosphère est constituée de plaques en mouvement. La dissipation de l'énergie interne est à l'origine du mouvement des plaques et des séismes ainsi que du volcanisme.

■ On remarque que les atmosphères planétaires sont très diversifiées. Une enveloppe de gaz appelée **atmosphère** entoure la Terre. Cette enveloppe de gaz contient des molécules dont le poids est suffisant pour les empêcher de s'échapper dans l'espace. La Terre retient ainsi le **dioxygène** (O_2) et le **diazote** (N_2), qui sont des molécules lourdes. L'atmosphère originale de la Terre est caractérisée par une teneur importante en dioxygène (21 %) et une très faible concentration de dioxyde de carbone (0,03 %), ce qui n'est pas le cas sur les autres planètes rocheuses. Cependant, la Terre ne peut retenir l'hélium et le dihydrogène, gaz trop légers qui s'échappent dans l'espace.

■ La Terre est l'unique planète du système solaire à posséder de l'**eau** sous les trois états, liquide, solide et gazeux. De par sa position ni trop proche, ni trop éloignée du Soleil, la Terre reçoit une quantité d'énergie lumineuse suffisante pour permettre une température moyenne de 14 °C à sa surface et la présence d'une hydrosphère, constituée d'eau liquide en grande partie (3/4 de la surface de la Terre). C'est la raison pour laquelle, vue de l'espace, la Terre apparaît comme une **planète bleue**.

■ Les particularités de la Terre reposent en partie sur la **présence de l'eau liquide** à sa surface et sur celle d'une **atmosphère épaisse**, riche en dioxygène et très pauvre en dioxyde de carbone, ce qui a rendu possible l'**apparition de la vie**. La présence d'une atmosphère est en relation avec la taille de la Terre car le diamètre de la Terre est suffisant pour permettre la rétention des gaz constituant son atmosphère.

La distance Terre-soleil est adéquate (1 Unité Astronomique ≈ 150 millions de km) pour que règne à la surface de la Terre une température ni trop basse, ni trop élevée et **propice à l'installation de la vie**.

1 Les éléments chimiques constituant les êtres vivants

A Le monde vivant et le monde minéral

Dans notre environnement, on distingue le monde minéral comprenant des composantes minérales naturelles et le monde vivant formé par l'ensemble des êtres vivants.

Les composantes minérales naturelles sont les **roches** de la lithosphère, l'**eau** de l'enveloppe hydrosphérique et les **gaz** de l'atmosphère.

Les êtres vivants, animaux et végétaux forment la **biosphère**. On trouve dans la **constitution des êtres vivants** les mêmes éléments que dans celle du monde minéral. C'est-à-dire le carbone (C), l'hydrogène (H), l'oxygène (O), l'azote (N), le potassium (K), le sodium (Na), le calcium (Ca), le soufre (S), le chlore (Cl), le phosphore (P), le fer (Fe). Ces différents éléments chimiques ne sont cependant pas présents dans les mêmes proportions.

B L'unité de la constitution chimique des êtres vivants

■ Le tableau ci-dessous montre la composition chimique de quelques êtres vivants.

Atome \ Espèce étudiée	Bactérie	Algue verte unicellulaire	Homme	Grenouille	Champignon supérieur
C	12,14	11,34	19,37	18,74	13,2
H	9,94	8,72	9,31	9,81	8,91
N	3,04	0,83	5,4	5,37	3,96
O	73,68	77,90	62,81	62,98	72,18
P	0,60	0,71	0,63	0,59	0,64
S	0,32	0,10	0,64	0,53	0,42
Total (CHNOPS)	99,72 %	99,60 %	97,90 %	98,02 %	99,31 %

Doc. 1. Composition chimique de quelques êtres vivants (en pourcentage massique d'éléments chimiques).

On observe dans le tableau que tous les êtres vivants possèdent les mêmes constituants chimiques et parfois sensiblement les mêmes proportions pour certains atomes (ex. : hydrogène, oxygène, phosphate). Le total des atomes C, H, N, O, P, S reste relativement constant pour les espèces présentées. Chez les êtres vivants, les atomes constituant les molécules sont à 99 % des atomes de carbone, oxygène, hydrogène, azote, soufre, phosphore.

L'unité chimique des êtres vivants constitue un indice de leur parenté.

■ Un être vivant possède une structure caractérisée par différents niveaux d'organisation :

- molécules ;
- organites ;
- cellules ;
- tissus ;
- organes ;
- système ou appareil ;
- organisme unicellulaire, pluricellulaire.

■ Les atomes de C, H, O, N, P, S possédés par les êtres vivants sont assemblés en molécules qui se regroupent en unités structurales et fonctionnelles appelées **cellules**. La cellule constitue l'unité de base du monde vivant. Les molécules du vivant sont appelées des **biomolécules**.

C Les molécules du vivant et leurs caractéristiques

■ Dans le corps humain, on compte environ mille milliards de cellules. En dehors de quelques exceptions, on peut trouver dans chaque cellule plusieurs milliers de types de molécules différents se transformant et se renouvelant sans cesse dont les glucides, les lipides, les protides et les acides nucléiques.

- Les **glucides** sont des composés organiques dont le rôle est essentiel dans l'alimentation de l'homme et des animaux notamment. Ils comprennent toutes les formes de sucres, l'amidon chez les végétaux, la cellulose et la lignine constituant la paroi des cellules végétales, le glycogène chez les animaux, et bien d'autres substances.

- Les **lipides** sont des graisses (triglycérides) ou des acides gras. Ils jouent un rôle essentiel dans la constitution des membranes biologiques. Environ 98 % des lipides comestibles sont des triglycérides, produits de l'estérification d'un alcool, le glycérol par les acides gras.

- Les **protides** sont des **protéines** constituées d'un assemblage d'acides aminés. Exemples : enzymes, certaines hormones, des neuromédiateurs, les hémoglobines, les immunoglobulines...

- Les **acides nucléiques** sont constitués d'un enchaînement de nucléotides et contiennent l'information génétique (ADN et ARN).

■ La plupart de ces molécules possèdent une **structure chimique complexe** résultant d'une **longue évolution moléculaire**. Les molécules du vivant présentent un certain nombre de caractéristiques. Ce sont des molécules de très grande taille. On les appelle des **macromolécules** parce qu'elles sont le résultat de l'enchaînement de molécules plus petites, les **monomères**. On distingue trois grands groupes de macromolécules caractérisant le vivant :

- Les polysaccharides, par exemple l'amidon et le glycogène, macromolécules constituées de l'enchaînement de molécules de glucose ;

- les protéines, formées de l'enchaînement d'acides aminés et constituant les structures des cellules ;

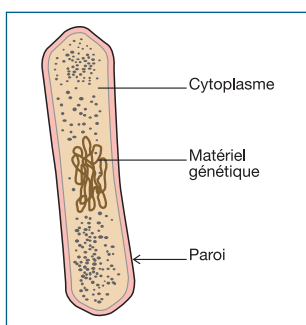
- l'ADN et l'ARN, formés de l'enchaînement de nucléotides. ADN et ARN sont des **polynucléotides** (*poly* signifie plusieurs).

■ Certains constituants des êtres vivants existent de manière naturelle dans le monde inerte. *Exemples* : H₂O, minéraux, etc. Il existe d'autres constituants comme les molécules d'ATP (adénosine triphosphate) qui sont utilisées universellement par toutes les cellules du vivant, pour permettre des réactions biochimiques qui nécessitent de l'énergie.

A Les cellules du vivant : une structure commune

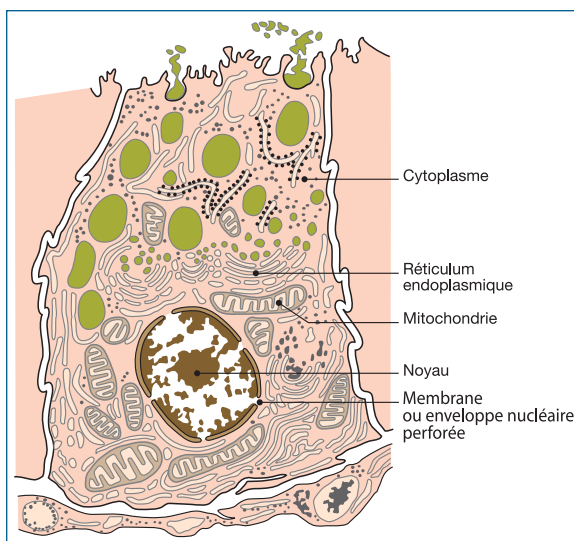
■ Parmi les êtres vivants, on distingue deux groupes, les procaryotes et les eucaryotes. Les êtres vivants qui sont formés d'une seule cellule contenant un matériel génétique (chromosome) libre dans le cytoplasme non compartimenté sont les procaryotes (pro : primitif ; caryo : noyau). Les **procaryotes** n'ont pas d'enveloppe nucléaire, de ce fait, le compartiment noyau n'existe pas, ce sont des cellules primitives.

Ceux qui sont formés d'une ou de plusieurs cellules, dont l'information génétique est contenue dans un noyau, et dont le cytoplasme, compartimenté, renferme plusieurs organites, sont les **eucaryotes**. Les eucaryotes possèdent un véritable noyau délimité par une enveloppe nucléaire perforée ou membrane.



Doc. 2. Procaryote.

Doc. 3. Eucaryote : détail d'une cellule pancréatique. Mitochondries et réticulum endoplasmique sont des compartiments de la cellule, et sont appelés organites.



■ En observant des coupes très fines d'organes au microscope électronique, on peut repérer le noyau et d'autres éléments ou **organites** présents dans le cytoplasme. Les organites sont des éléments intracytoplasmiques délimités par une membrane.

Les organites cellulaires sont :

- le **noyau** où est stockée l'information génétique ;
- la **mitochondrie** où se déroule la production d'énergie chimique (ATP) ;
- le **réticulum endoplasmique rugueux** en forme de saccules empilés couverts de petits éléments sphériques, les **ribosomes**. La synthèse des protéines a lieu dans le réticulum endoplasmique rugueux.

■ Les cellules végétales et les cellules animales sont des cellules eucaryotes. Les cellules végétales possèdent des organites qui leur sont propres, les **chloroplastes** (présents seulement dans les cellules végétales chlorophylliennes) où se déroule la **photosynthèse**, et la vacuole remplie d'eau et d'ions minéraux, qui est le lieu de stockage des molécules. La membrane des cellules végétales et des cellules procaryotes est entourée d'une **paroi**.

Quelle que soit leur taille tous les êtres vivants sont constitués de cellules. La cellule représente l'unité structurale du monde vivant.

B L'activité métabolique intracellulaire

■ Pour croître et se développer, les cellules végétales chlorophylliennes ont besoin de lumière, d'eau et de substances minérales. Dans ces conditions elles sont capables de fabriquer leur propre matière organique ; elles sont dites **autotrophes** (auto : soi-même et troph : se nourrir).

■ Les cellules animales et les champignons doivent disposer d'une source de matière organique pour synthétiser leur propre matière organique ; ils sont appelés **hétérotrophes** (hétéro : autre).

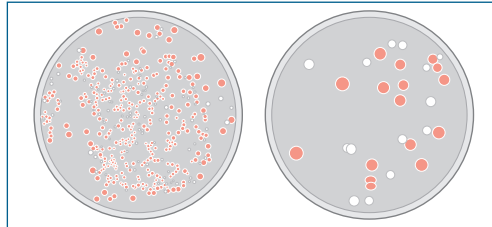
■ Toute cellule, qu'elle soit autotrophe ou hétérotrophe, occupe un volume ou compartiment, siège du métabolisme et délimité par une membrane. La cellule fonctionne de manière partiellement autonome. Par l'intermédiaire de la membrane, elle **échange de l'énergie et de la matière avec son environnement cellulaire (ou bien avec son milieu de vie)**.

Par son activité métabolique, la cellule constitue bien **une unité fonctionnelle du vivant**. Cette unité structurale et fonctionnelle est commune à tous les êtres vivants et cela est un **argument en faveur de leur parenté**.

C Effet des mutations sur le métabolisme cellulaire

■ Les levures sont des champignons unicellulaires se reproduisant par bourgeonnement. On dépose dans une boîte de Pétri contenant un milieu nutritif des cellules isolées de levure. En se multipliant, chaque cellule est à l'origine d'une colonie qui, en se développant, devient visible à l'œil nu.

On a mis en culture des cellules d'une souche de levure produisant habituellement des colonies de couleur rouge. Après avoir étalé les cellules, on les soumet à un rayonnement ultraviolet. La couleur rouge est une caractéristique héréditaire due à un allèle particulier. On obtient les résultats ci-contre.



Doc. 4. Effet d'un rayonnement ultraviolet sur le développement de colonies de levures.

1. Boîte de Pétri témoin ; 2. Boîte de Pétri essai.

Lorsque les levures ont été soumises à un rayonnement UV pendant 2 secondes, les colonies sont plus grosses mais beaucoup moins fréquentes que dans la boîte témoin. Il apparaît aussi de grosses colonies blanches (14 sur un total de 30, soit environ 50 %). Ces colonies blanches sont des colonies mutantes. La mutation se traduit par la disparition du pigment rouge.

Si on prolonge la durée d'exposition des levures aux UV, le pourcentage de colonies mutantes augmente.

Le rayonnement UV a provoqué une mutation du gène contrôlant la synthèse métabolique du pigment rouge.

Cette expérience montre que le patrimoine génétique contrôle le métabolisme.

■ Dans le cas des levures, on peut noter l'**influence du milieu**, en particulier de la température, de la présence d'oxygène ou d'agents chimiques sur le métabolisme cellulaire.

• La **température** optimale de culture des levures est comprise en général entre 25 et 30 °C. Les levures ne sont pas thermorésistantes. C'est à partir de 52 °C que commence la destruction cellulaire.



Un gène est un petit fragment de l'ADN porté par les chromosomes et déterminant la réalisation d'un caractère.

- Certaines levures ne peuvent se développer que si elles trouvent de l'**oxygène** dans le milieu. Ce sont des levures aérobies strictes.
- La sensibilité aux **agents chimiques** (ex. : les antibiotiques) : les levures ont une sensibilité variable aux antibiotiques.

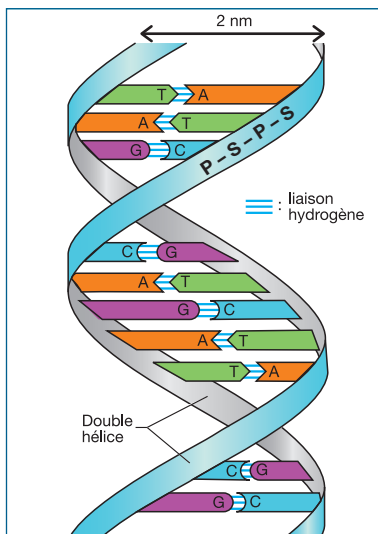
Les conditions du milieu contrôlent donc aussi le métabolisme.

3 L'universalité de l'information génétique

A Organisation et structure de la molécule d'ADN

■ L'ADN : une macromolécule de polynucléotides

En 1953, **James Watson** et **Francis Crick** ont découvert à Cambridge la **structure spatiale** de la molécule d'ADN. L'ADN est une molécule organique faisant partie du groupe des acides nucléiques et formée de **deux chaînes ou brins** présentant une **structure en double hélice**. Chaque chaîne est constituée d'un assemblage de nucléotides reliés les uns aux autres par des liaisons covalentes.



Doc. 5. Organisation de la molécule d'ADN.

P : acide phosphorique. S : sucre.

Un gène est un fragment d'ADN portant un message codé.

Chaque nucléotide est formé d'un **sucré à 5 carbones** ou désoxyribose (S), d'un **acide phosphorique** P (H_3PO_4) et d'une **base azotée** choisie parmi 4 possibles (A : adénine, T : thymine, G : guanine, C : cytosine). Il existe donc 4 types de nucléotides qui diffèrent selon la base azotée considérée.

Deux brins formés d'une succession linéaire de nucléotides forment l'ADN. Ces deux brins sont complémentaires et sont reliés l'un à l'autre par l'intermédiaire des nucléotides dont les bases azotées sont aussi complémentaires deux à deux. La guanine est toujours reliée à la cytosine et la thymine à l'adénine.

■ La molécule d'ADN, une molécule séquencée

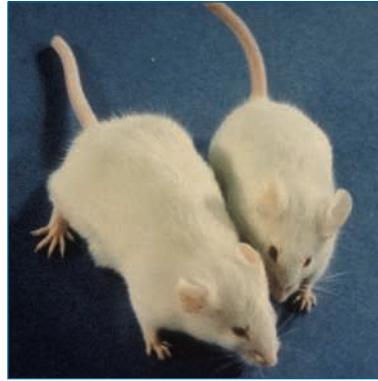
L'assemblage des nucléotides de l'ADN selon un ordre précis est appelé **séquence de l'ADN**. La technique permettant d'établir cette séquence est appelé séquençage. **Le message génétique est codé en séquences de nucléotides.**

B Un langage universel pour la molécule d'ADN

■ On appelle **transgénèse** le processus de transfert et d'intégration d'un ADN « étranger » dans une cellule ; ce qui a pour conséquence de modifier le patrimoine génétique de cette cellule. En pratiquant la micro-injection du gène de l'hormone de croissance d'une autre espèce dans des cellules œufs de souris, on a pu obtenir des **souris transgéniques** (doc. 6).

■ Le résultat de cette expérience de transgénèse montre que le code de lecture de l'information génétique ou code génétique est le même chez des espèces différentes. Les cellules receveuses de souris ont reconnu et exprimé le message porté par le gène de l'hormone de croissance d'une autre espèce. Ceci prouve que l'information génétique portée par la molécule d'ADN est codée en un même langage (séquences de nucléotides) dans toutes les espèces du vivant. **C'est un langage universel.**

L'ADN constitue donc un support moléculaire universel du programme génétique.



ph © Dr. R. L. Brinster / BSIP

Doc. 6. Souris transgénique.
À gauche, une souris géante,
deux fois plus grande que sa sœur.

C La variation génétique

■ Un gène est formé par un fragment d'ADN constitué de l'association de quelques centaines à quelques milliers de nucléotides de quatre types (A, T, C, G) ou séquence de nucléotides. Cette séquence est plus ou moins longue selon le gène considéré. L'ordre de succession des nucléotides, ou séquence nucléotidique, peut varier, c'est la **variabilité de l'information génétique**. Le message contenu dans un gène est **codé en séquences de nucléotides**.

■ L'ensemble des messages codés contenus dans tous les allèles de tous les gènes d'un organisme constitue son **programme génétique**. L'expression de chaque caractère est déterminée par un gène. Si une modification dans la séquence d'un gène se produit, l'expression du caractère contrôlé par ce gène peut être perturbée.

Le **génotype**, ou ensemble de l'information contenue dans les gènes, détermine et contrôle l'expression du **phénotype**, ensemble des caractères visibles d'un organisme. Dans certaines situations exceptionnelles, le génotype varie, ce qui détermine des variations du phénotype et parfois l'apparition de phénotypes pathologiques.

📌 La molécule d'ADN a une capacité de stockage d'information considérable. Dans l'espèce humaine, les 46 chromosomes sont formés d'environ 6,5 milliards de paires de nucléotides.

D Modification du message porté par la molécule d'ADN

■ Un gène peut déterminer l'expression d'un caractère donné et ce même gène peut présenter des formes différentes ou allèles. Les **allèles** sont les différentes formes d'un même gène codant pour l'expression d'un caractère. Les gènes sont localisés sur les chromosomes à des endroits précis appelés **loci**.

■ Une modification héréditaire de la séquence nucléotidique d'un gène est appelée **mutation** et peut être à l'origine de l'apparition de nouveaux allèles de ce gène. Ces mutations peuvent être provoquées soit par une **substitution** ou remplacement d'un nucléotide par un autre, soit par une **délétion**, perte d'un ou de plusieurs nucléotides.

■ À l'issue de ces mutations, le programme génétique est modifié. Ces modifications qui touchent la molécule d'ADN sont transmises à la descendance puisqu'au moment de la division cellulaire la répllication fournira aux deux cellules filles la même molécule d'ADN.

Certaines mutations sont silencieuses et n'ont aucune conséquence détectable sur le phénotype, d'autres mutations déclenchent l'apparition de maladies génétiques comme la drépanocytose, la myopathie ou la mucoviscidose.

■ Au cours des différentes divisions cellulaires, la molécule d'ADN peut devenir instable et présenter de manière totalement aléatoire des **mutations spontanées**. Dans la plupart des cellules, la probabilité de mutation d'un gène est très faible, de l'ordre de 10^{-7} . La fréquence de ce type de mutation est extrêmement faible car le plus souvent, l'ADN altéré est réparé par des systèmes enzymatiques particulièrement performants.

■ **La diversité des individus** d'une espèce est le **résultat de la variabilité dans l'expression de l'information génétique** et repose sur l'existence de ces allèles formés à l'issue des mutations.

EXERCICE DE SYNTHÈSE

Analyse comparative de la molécule d'ADN

On a extrait l'ADN des cellules de plusieurs espèces. On a ensuite évalué les quantités relatives des quatre nucléotides en comptant le nombre de bases azotées (A, T, C, G) contenues dans la molécule d'ADN. Les résultats de ces mesures sont exprimés en pourcentage et ont été consignés dans le tableau ci-contre.

Les résultats exprimés en pourcentage de chaque base dans l'ADN sont livrés avec une précision de $\pm 0,5\%$. On considère qu'un écart de 1% n'est pas significatif.

1. Pour le blé et pour chacune des espèces, comparez la composition en bases azotées.
2. Utilisez les résultats de cette comparaison pour expliquer les liaisons entre les bases azotées.
3. Utilisez ces résultats et vos connaissances pour préciser la structure de l'ADN.
4. On sait que le code de correspondance entre l'ADN et les protéines (code génétique) est quasiment le même chez tous les êtres vivants.

Montrez en quoi cette information et les quantités relatives des quatre nucléotides dans l'ADN de plusieurs espèces constituent un argument en faveur de l'universalité de l'information génétique contenue dans la molécule d'ADN.

Espèces	Bases azotées			
	A	T	C	G
Blé	27,3	27,1	22,8	22,7
Colibacille	23,7	23,6	25,7	26
Criquet	29,3	29,3	20,7	20,5
Levure	32,3	32,9	18,1	18,7
Homme	30,9	29,4	19,8	19,9
Poule	28,8	29,3	21,5	20,5
Saumon	29,7	29,1	20,4	20,8

Doc. 7. Composition en bases azotées de l'ADN dans différentes espèces.

CORRIGÉ

1. Pour chacune des espèces considérées il y a à peu près autant de bases A que de bases T et autant de C que de G.
2. Les bases azotées sont complémentaires deux à deux. A est toujours reliée à T et C à G.
3. Chacun des deux brins de la molécule d'ADN est formé d'une succession de nucléotides reliés entre eux par des liaisons faibles. Si on considère que le constituant principal de chaque nucléotide est la base azotée, on peut symboliser les nucléotides par les lettres A, T, C, G. Comme A est toujours associée à T et C à G, les deux chaînes d'ADN sont complémentaires l'une de l'autre.
4. Les bases azotées constituent les lettres formant ce message et ce sont toujours les mêmes lettres qui sont utilisées chez tous les êtres vivants.

A = T ; C = G car les bases sont complémentaires deux à deux.

Si le code génétique est identique chez tous les êtres vivants, l'information génétique est universelle, et constitue un indice de parenté entre les êtres vivants.

1

La biodiversité et l'influence de l'homme

A Divers aspects de la biodiversité

■ On désigne par **biodiversité**, la diversité biologique ou naturelle des êtres vivants sur notre planète. Cette notion de biodiversité peut être étudiée à différentes échelles. Dans le cas de la diversité des espèces, on parle de **diversité spécifique**. Si l'on étudie les gènes au sein de chaque espèce, on parle alors de **diversité génétique**. Si l'on étudie les interactions entre écosystèmes présents à la surface de la Terre, on parle de **biodiversité des écosystèmes**.

■ La diversité des individus d'une espèce est le résultat de la variabilité dans l'expression de l'information génétique et repose sur l'existence des allèles formés à l'issue des **mutations**.

■ La variabilité génétique produite par mutation peut ensuite être remodelée par sélection et par croisements. Dans le domaine de l'agriculture, certains gènes concernant des caractères précis, forme, couleur, saveur, résistance aux ravageurs, ont été répertoriés dans différentes espèces puis introduits par transgénèse dans des espèces receveuses sélectionnées.

■ C'est dans le **sol** que se trouve la majorité de la biodiversité terrestre. Sur environ $1,7 \times 10^6$ espèces qui ont été décrites sur Terre, 21 % soit 360 000 espèces sont des animaux du sol. Les microorganismes du sol possèdent une très **grande diversité génétique** et constituent un véritable **réservoir génétique**. Ces micro-organismes sont aptes à échanger du matériel génétique, même entre des espèces très éloignées.

■ En ce qui concerne les **plantes** de culture et les **animaux** d'élevage, on a observé que l'éventail de différences génétiques au sein des espèces a sensiblement diminué. On a aussi remarqué que les volailles d'élevage ont une faible diversité génétique. En effet, pour accroître la productivité, les volailles sont de plus en plus sélectionnées génétiquement et vivent dans un minimum d'espace.

Dans ces élevages à faible diversité génétique, face à un virus, le système immunitaire de ces animaux répond à l'identique. On sait que les virus mutent en permanence. Si une volaille est contaminée par un virus contagieux, le virus va se développer, se multiplier et se propager d'autant plus rapidement que toutes les autres volailles sont identiques. Le virus peut se propager d'élevage en élevage, passer à d'autres espèces animales et parvenir à l'espèce humaine. C'est ainsi que des élevages intensifs ont favorisé la grippe aviaire.



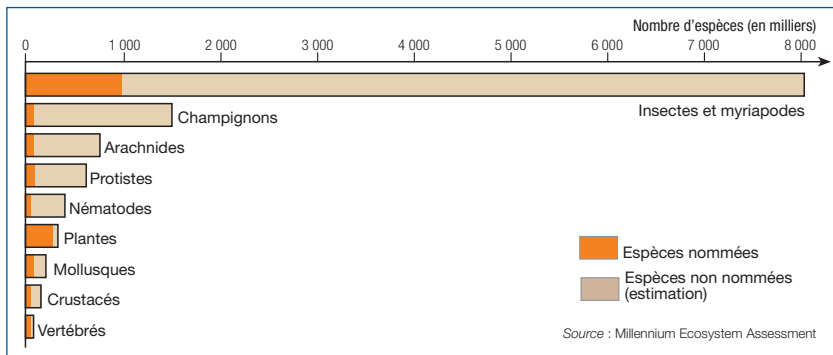
Un mammifère porte environ 20 000 gènes. À chaque génération, 2 % des individus sont porteurs d'une nouvelle mutation dans les gènes exprimés.



ph © Marie-Christine Brand-Daunay / INRA

Doc. 1. Diversité génétique et variabilité chez l'aubergine.

■ La **diversité des espèces** correspond au nombre, à la variabilité, à la variété et à la diversité des organismes vivants. On a pu estimer la proportion d'espèces nommées. Les résultats sont consignés dans le tableau ci-dessous.



Doc. 2. Estimation de la proportion d'espèces nommées. On remarque qu'en fonction des espèces, les résultats sont très variables. Ce sont les insectes et les myriapodes qui sont les plus nombreux et les nématodes les moins nombreux.

Un écosystème est un système où des êtres vivants entrent en interaction avec leur environnement physique.

■ La biodiversité concerne tous les milieux, aussi bien terrestres qu'aquatiques. Les activités humaines ont eu pour conséquence de profondes transformations des écosystèmes. En effet, le nombre d'individus dans de nombreuses populations animales et végétales a diminué, ainsi que l'espace géographique qu'ils occupaient.

Au cours de l'histoire de la Terre, des espèces ont disparu, mais depuis la révolution industrielle (entre la fin du XIX^e siècle et le début du XX^e siècle), les activités humaines ont accéléré le **rythme d'extinction** qui est au moins 100 fois supérieur au rythme normal.

■ La biodiversité intervient dans :

- le cycle des éléments nutritifs sans lesquels les êtres vivants ne peuvent pas faire toutes leurs synthèses, croître et se développer,
- le cycle de l'eau ;
- la formation des sols ;
- la pollinisation des plantes ;
- le contrôle des organismes nuisibles (lutte biologique : élimination du ravageur par son prédateur et non par des produits chimiques susceptibles de polluer les sols et les végétaux).

B Les facteurs modifiant la biodiversité

■ **Au cours du temps**, de nombreux facteurs modifient la biodiversité. Ces facteurs sont le changement climatique, la transformation des habitats, l'arrivée d'espèces envahissantes, la pollution, la surexploitation, l'accroissement de la population humaine, les facteurs culturels et sociopolitiques, l'activité économique, la technologie.

■ La **transformation des habitats** conduit à la modification des conditions du milieu dans lequel évolue un être vivant. Les modifications des conditions du milieu peuvent être soit naturelles (incendies, sécheresse, séismes, volcanisme, ouragans, tsunami,...), soit provoquées par les activités humaines (constructions de route au milieu d'un massif forestier, captage d'eau dans les rivières, conversion d'un terrain agricole en lotissement...).

- Le **climat** de la planète est conditionné par de nombreux facteurs :
 - principalement la quantité d'énergie provenant du Soleil ;
 - mais aussi la composition de l'atmosphère dont la teneur en gaz à effet de serre et en aérosols est importante ;
 - la quantité d'énergie solaire absorbée ou réfléchiée dans l'espace.

■ Le 7 janvier 2010, la **population mondiale** a été estimée à 6,842 milliards. En 50 ans, la population mondiale a doublé. Et pour 2050, l'ONU prévoit 9 milliards d'êtres humains sur Terre. De plus, le nombre de citadins a beaucoup augmenté, ce qui a pour **conséquence une croissance de la demande en nourriture et en énergie**. Cette croissance démographique demande donc une augmentation de la productivité des écosystèmes agricoles, laquelle est reliée à une diminution de la biodiversité.

C L'intérêt de la conservation de la diversité biologique

■ La conservation de la diversité biologique contribue à préserver les espèces, les gènes, les écosystèmes et constitue un élément très important du **développement durable**, puisqu'elle permet une meilleure gestion à long terme des ressources de la planète.

■ La conservation de la diversité biologique est inestimable pour l'espèce humaine puisqu'elle est une ressource naturelle et nous fournit de l'oxygène (par la photosynthèse de tous les végétaux chlorophylliens), une nourriture de qualité (céréales, cultures vivrières, bétail, poisson...), des fibres pour l'habillement (coton, lin,..), des matières premières pour la papeterie, la construction (bois).

En fonction des cultures, des coutumes, etc., la valeur attribuée à un gène, à une espèce, à un paysage, varie beaucoup d'une zone géographique de la planète à une autre. La question de la biodiversité relève donc non seulement de questions scientifiques, de choix politiques mais aussi de questions éthiques.

SVT

2 La parenté d'organisation des espèces

Les principes de base de la classification actuelle des espèces reposent sur l'histoire évolutive et les relations de parenté entre les êtres vivants (la notion de groupes emboîtés est abordée dès la classe de Sixième). Dans cette diversité des êtres vivants on identifie des ressemblances. C'est-à-dire tous les attributs qu'ils possèdent en commun. Parmi ces attributs, les scientifiques ont établi des critères selon lesquels on regroupe les animaux en espèces fondant ainsi des groupes zoologiques.

A Les ressemblances à l'origine du fondement des groupes zoologiques

■ Au cours du développement embryonnaire, l'embryon se construit progressivement. Les organes se mettent en place selon des **axes de polarité**. Dans le groupe des Vertébrés figurent de nombreux animaux qui ne se ressemblent pas mais présentent des similitudes. On observe chez les Vertébrés une **symétrie bilatérale** qui leur est propre. On peut ainsi diviser le corps en deux parties identiques par rapport à ce plan et définir trois axes de polarité (axe dorso-ventral, axe antéropostérieur et axe droite-gauche).

Certains organes disparaissent, par exemple la queue chez les batraciens, les pattes chez les serpents, etc.

Le corps est divisé en trois parties, la tête, le tronc et la queue. Sur la tête se trouvent les organes sensoriels et la bouche. L'animal se déplace avec la tête en avant, la queue en arrière, située derrière l'orifice anal. Le tronc se trouve entre la tête et la queue et porte quatre membres qui bien que présentant une diversité apparente sont construits selon un même plan.

Les poissons, les amphibiens, les reptiles, les oiseaux et les mammifères présentent donc la même organisation commune.

■ On retrouve la symétrie bilatérale et les trois axes de polarité dans l'organisation interne des Vertébrés. Dans le plan de symétrie, on trouve un squelette interne constitué d'os en grande partie et de cartilage et formé d'une colonne vertébrale en position dorsale et placée selon l'axe antéro-postérieur.

■ L'appareil digestif est disposé selon l'axe **antéro-postérieur** mais aussi sur la partie ventrale du corps. Le système nerveux chez les Vertébrés est en position dorsale. L'encéphale est protégé dans la boîte crânienne et la moelle épinière dans l'arc osseux dorsal formé par l'empilement des vertèbres de la colonne vertébrale.

■ La localisation anatomique de l'appareil digestif et du système nerveux est faite selon l'axe **dorso-ventral**.

■ Les poumons, les reins, les gonades (ovaires et testicules) sont pairs et sont placés selon le **plan de symétrie bilatérale**.

■ On observe qu'au sein de cette biodiversité, les différents groupes zoologiques présentés, mammifères, poissons, oiseaux, amphibiens et reptiles possèdent des ressemblances importantes. **Les Vertébrés ont donc une organisation commune.**

B Les arguments en faveur de l'existence d'un ancêtre commun aux Vertébrés

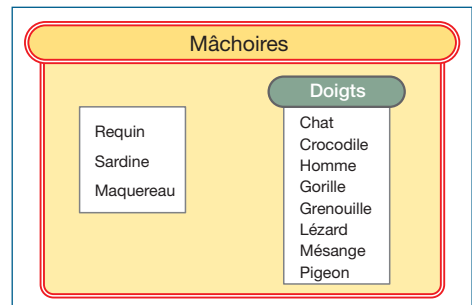
■ Sens d'une classification emboîtée

On a choisi plusieurs espèces appartenant à plusieurs groupes zoologiques : poissons (requin, sardine, maquereau), oiseaux (mésange, pigeon), amphibiens (grenouille), mammifères (homme, gorille, chat), reptiles (crocodile, lézard). On veut classer ces espèces en fonction de deux caractères, la présence de mâchoires et de doigts. On obtient le tableau ci-contre.

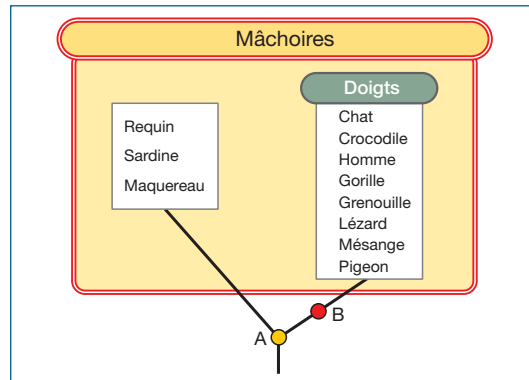
On retrouve dans une même boîte les espèces partageant un même caractère. L'emboîtement correspond à un partage de caractères de plus en plus nombreux. Cette structure en groupes emboîtés constitue un argument important pour construire la notion d'évolution. À partir des groupes emboîtés, on peut aussi construire un arbre de parenté.

■ Arbre de parenté

Un arbre montre graphiquement les liens de parenté entre les espèces étudiées. Les branches de l'arbre correspondent à la transmission des caractères étudiés. Ces caractères peuvent être modifiés ou non. Les nœuds traduisent les origines communes. Aux origines communes, on affecte la **notion d'ancêtres communs**.



Doc. 3.



Doc. 4. A. Premier ancêtre commun aux espèces des boîtes « Mâchoires » et « Doigts ». **B.** Deuxième ancêtre commun aux espèces de la boîte « Doigts ».

■ L'ancêtre commun correspond à une reconstitution. Il a des caractères dont il a hérité et lorsqu'il possède de nouveaux caractères ou **innovations**, il les transmet à toute sa descendance. Dans la classification, la position des fossiles dans l'arbre de parenté et leur âge donnent des **repères temporels** pour identifier les innovations repérables chez les différents ancêtres communs.

3 La dérive génétique et ses conséquences

A Dérive génétique et sélection naturelle

■ La **dérive génétique** est la modification aléatoire de la diversité des allèles. Par le seul jeu du hasard des croisements au sein d'une population, il se produit un phénomène totalement aléatoire déterminant la disparition de certains allèles d'un caractère donné au profit d'un seul. Si la population a un faible effectif, la dérive génétique est importante, si l'effectif de la population est important, les fréquences des allèles sont généralement stables.

■ Au sein d'une population, les individus les moins adaptés à leur environnement disparaissent peu à peu, tandis que ceux qui sont bien adaptés se reproduisent et transmettent à leurs descendants un patrimoine génétique avantageux. Un tel processus est appelé **sélection naturelle**. Dans certaines conditions du milieu, un caractère peut augmenter le nombre relatif de descendants d'un individu ; on parle alors d'**avantage sélectif**.

■ Chez les organismes ayant subi la sélection naturelle, les nouveaux allèles sont créés par mutation et déterminent l'apparition de nouvelles espèces. Le brassage des populations est assuré par les migrations. Les populations mutées vivant dans un milieu différent, ces allèles sont confrontés aux nouvelles contraintes de l'environnement. C'est ainsi que la mutation crée de la diversité et que la sélection naturelle détermine l'apparition de nouvelles espèces. Comme la dérive génétique est la modification aléatoire de la diversité des allèles, elle détermine aussi l'**apparition de nouvelles espèces**.

Les moustiques du Languedoc-Roussillon
 Dans cette région, on a remarqué que les insectes ont développé des résistances aux insecticides au fur et à mesure de l'apparition de nouveaux produits insecticides ayant de nouvelles formules chimiques. Dans cet exemple, ce sont les organismes les plus aptes à survivre et à se reproduire qui sont triés dans la population.

B L'évolution des espèces

■ L'histoire de la vie sur la Terre est ponctuée de **crises** plus ou moins importantes, au cours desquelles de nombreuses espèces ont disparu. Au cours de ces crises, les conditions de l'environnement changent (volcanisme intense, obscurité...), ce qui provoque des modifications profondes des conditions de vie de l'ensemble des organismes à la surface du globe.

Malgré le taux d'extinction important des espèces, certains organismes vivants survivent à ces crises et participent à la constitution de nouvelles populations ayant de nouveaux allèles. De plus la baisse des effectifs des populations constitue un facteur favorable à la dérive génétique.

■ Pendant une période de crise biologique, l'effectif de la population est faible et la dérive génétique marquée. Après la crise biologique, la biodiversité s'accroît, ce qui conduit à une diversification des êtres vivants et permet d'occuper les espaces libres laissés par les espèces disparues. Cette modification de la biodiversité s'accompagne de l'**apparition d'innovations évolutives** chez les groupes survivants qui doivent s'adapter à de nouveaux milieux.

EXERCICE DE SYNTHÈSE

La sélection animale

Les espèces animales ne se reproduisant pas en captivité et mettant bas des jeunes exigeant de longues années de soins ne sont pas domesticables par l'homme. Au fil des générations, les animaux domestiqués par l'espèce humaine se trouvent soumis à des conditions très différentes de celles de la vie sauvage surtout en ce qui concerne les conditions de reproduction. De plus les éleveurs éliminent très tôt les animaux jugés trop agressifs. À long terme, le résultat de cette sélection, imprévisible par chaque génération d'éleveurs, est d'obtenir des espèces domestiques souvent de plus petite taille que leurs ancêtres sauvages.

1. Indiquez les critères importants des espèces domestiquées par l'homme.
2. Précisez en quoi les conditions de reproduction des animaux sauvages diffèrent des conditions de reproduction des animaux domestiques.
3. Indiquez pourquoi il est nécessaire d'éliminer très tôt les animaux agressifs.
4. Précisez l'intérêt d'obtenir des espèces domestiques de plus petite taille que leurs ancêtres sauvages.
5. Comment qualifier la diversité génétique des animaux d'élevage ?

CORRIGÉ

1. Les espèces animales domestiquées par l'homme se reproduisent en captivité et mettent bas des jeunes n'exigeant pas de longues années de soin.
2. Les animaux domestiques sont souvent inséminés. Il y a peu de reproduction naturelle car les éleveurs cherchent toujours à améliorer la qualité de leur troupeau en fonction des caractères qu'ils ont sélectionnés, abondance de lait pour des vaches laitières par exemple, ou augmentation de la masse musculaire... De plus la mise bas se fait toujours avec l'assistance d'un vétérinaire afin de ne prendre aucun risque pour la vie de la femelle gestante qui coûte cher à l'éleveur et pour sauvegarder le jeune qui va naître.
3. On élimine très tôt les animaux agressifs pour des raisons de sécurité.
4. On peut les contenir dans de plus petits espaces et ainsi en élever davantage, ce qui permet d'augmenter la productivité.
5. La diversité génétique des animaux d'élevage est faible.

La photosynthèse à l'échelle de la planète

1 La synthèse de la matière organique par les végétaux chlorophylliens

■ Les cellules végétales possèdent des éléments qui leur sont indispensables pour le déroulement de la photosynthèse :

- La vacuole, lieu de stockage des molécules formées au cours de la photosynthèse.
- Les **chloroplastes**, où se déroule la **photosynthèse**. Les chloroplastes contiennent un pigment vert, la chlorophylle, responsable de la couleur des végétaux. La **chlorophylle** capte l'énergie lumineuse indispensable pour la photosynthèse.

■ Dans les parties chlorophylliennes des végétaux, les cellules utilisent le CO_2 absorbé par les feuilles, l'eau et les ions minéraux prélevés dans le sol par les racines, l'énergie lumineuse captée par les pigments chlorophylliens contenus dans les chloroplastes et synthétisent ainsi leur propre matière organique. C'est la **photosynthèse**.

Équation bilan de la photosynthèse :



■ Les animaux et les champignons sont des organismes hétérotrophes. Cependant, lorsque les végétaux respirent, il s'agit aussi d'hétérotrophie. La respiration se déroule nuit et jour dans toutes les cellules végétales et animales au sein d'organites spécifiques, les mitochondries.

2 Le rôle de la photosynthèse à l'échelle de la planète

En l'absence de dioxygène, il ne pourrait pas y avoir de vie sur Terre, car c'est uniquement au cours de la photosynthèse que le dioxygène est renouvelé. Si la respiration des êtres vivants continuait au même rythme qu'actuellement, et s'il n'y avait plus de photosynthèse, en moins de 4 000 ans il n'y aurait plus de dioxygène dans l'atmosphère.

La **biomasse** est constituée par l'ensemble de la matière organique d'origine animale ou végétale.

■ En écologie, la biomasse correspond à la masse totale d'organismes vivants à un moment donné et dans un biotope donné. Lorsqu'il s'agit d'un milieu terrestre, elle peut être estimée par unité de surface et, lorsqu'il s'agit d'un milieu aquatique, par unité de volume.

■ Pour l'ensemble du globe, la **biomasse végétale annuelle** est de l'ordre de 200 gigatonnes (Gt) de matière sèche. La biosphère terrestre en produit 65 % et l'hydrosphère 36 %. Cette biomasse végétale est utilisée pour l'alimentation, pour le bois et le papier, pour le chauffage et pour la production d'agrocarburants.

■ Les végétaux chlorophylliens sont producteurs primaires et assimilent de l'énergie au cours de la photosynthèse. L'énergie totale accumulée correspond à la **production primaire brute**.

La plante utilise aussi de l'énergie au cours de la respiration. La **production primaire nette** représente la différence entre l'énergie totale accumulée par la plante au cours de la photosynthèse et l'énergie que la plante a utilisée au cours de la respiration. Les producteurs primaires constituent le premier maillon d'une chaîne alimentaire dans un réseau trophique.

■ La **productivité primaire**, réalisée par tous les producteurs primaires d'un écosystème, correspond à la quantité totale de matière organique fixée par les végétaux chlorophylliens au cours de la photosynthèse.

■ Les végétaux produisent de la matière qui est consommée par les animaux. Au moment de la respiration, les animaux dégradent la matière organique en consommant du dioxygène et produisent du CO₂. À l'échelle planétaire, il se crée un grand cycle du dioxygène et du dioxyde de carbone qui est déclenché par la lumière solaire, grâce à la photosynthèse.

Aujourd'hui les combustibles fossiles, pétrole, gaz et charbon sont utilisés massivement. Ils sont le résultat d'une très active photosynthèse qui s'est réalisée au Carbonifère et constituent une **énergie non renouvelable**. Au cours de la photosynthèse actuelle, de nombreux produits constituant la biomasse sont formés. Ce sont les grains, le bois, les déchets agricoles. Ils constituent une part très importante des **énergies renouvelables** à la disposition de l'humanité.

EXERCICE DE SYNTHÈSE

Le bois, une énergie renouvelable

Les plantes chlorophylliennes captent l'énergie solaire et l'utilisent pour fabriquer leur matière organique (sucres, bois, graines, pailles...). Cette matière organique peut être utilisée directement, comme le bois de chauffage, ou subir des transformations chimiques comme dans le cas de la production de biogaz ou d'agroc carburant. Le bois de chauffage, le biogaz ou l'agroc carburant désignent ce que l'on appelle l'énergie de la biomasse.

1. Indiquez comment est libérée l'énergie du bois.
2. Précisez les inconvénients de la combustion du bois.
3. Indiquez les conditions nécessaires pour que l'utilisation du bois n'aggrave pas l'effet de serre.
4. Expliquez pourquoi le bois est une ressource et une énergie renouvelable à la disposition de l'humanité.

CORRIGÉ

1. Par combustion, sous forme de chaleur et de gaz de bois.
2. Les inconvénients de la combustion du bois sont la pollution.
3. Il faut que les surfaces forestières augmentent.
4. Le bois est fabriqué indéfiniment par photosynthèse à la surface de toute la planète. Comme sa combustion délivre de l'énergie, il constitue une source d'énergie renouvelable. C'est aussi une ressource parce que sa productivité génère des gains, des filières et des emplois locaux. La gestion de cette ressource diminue les pollutions dues à l'acheminement du pétrole. Cela permet aussi aux pays d'augmenter leur autonomie énergétique et crée un tissu d'activité économique, source d'emploi.

1 L'origine des combustibles fossiles

■ Dans notre société, on utilise massivement des **combustibles fossiles non renouvelables**. Ce sont le **pétrole**, le **charbon** et le **gaz**, qui sont les produits résultant de la transformation de la matière organique issue d'une photosynthèse très active qui s'est déroulée à l'ère carbonifère.

■ À la fin de l'ère primaire, au cours d'une période appelée Carbonifère, la Terre possède un climat chaud et humide, sa surface est recouverte de marécages et d'une végétation luxuriante. Suite à l'affaissement de certains terrains, se produisent une accumulation de débris végétaux, leur fermentation, puis leur enfouissement sous des sédiments. Les nombreuses répétitions de ce processus conduisent à la formation des **roches combustibles à haute teneur en carbone**, présentes en quantité limitée à la surface de la planète et non renouvelables à l'échelle du temps humain.

■ Les roches combustibles sont les charbons (tourbe, lignite), les pétroles et les gaz naturels. Ce sont des roches carbonées dont la combustion dégage une énergie calorifique non renouvelable. Ces roches se sont formées à l'issue de l'**enfouissement** dans les sédiments de matière organique et ont emmagasiné de l'énergie chimique. Les charbons regroupent la tourbe, le lignite, la houille, l'antracite et le graphite et résultent de la carbonisation plus ou moins complète de matière organique végétale (feuilles, algues, spores, débris de bois...) provenant de végétaux supérieurs (arbres, fougères, prêles, lycopeses...).

Comme des restes organiques sont présents dans tous les combustibles fossiles, ils sont donc issus d'une biomasse.

2 Le pétrole, résultat de la transformation de la biomasse

■ Les **pétroles** (du grec *petrelaion* = huile de pierre) sont des **hydrocarbures** constitués d'atomes de carbone et d'hydrogène et de formule chimique C_nH_{2n+2} .

■ Le pétrole, roche liquide carbonée, résulte de l'accumulation de matière organique végétale ayant subi de longues transformations chimiques échelonnées sur des millions d'années. C'est un combustible liquide fossile, formé de restes de microorganismes marins (plancton) qui se sont déposés il y a des millions d'années dans des fonds marins. C'est le combustible fossile le plus utilisé.

Le pétrole est le résultat de la **transformation de la biomasse** en deux étapes.

A La formation du kérogène

Un **décomposeur** est un être vivant participant à la **décomposition** de la matière organique morte. Exemples : champignons, bactéries, acariens, insectes... Ils jouent donc un rôle très important dans le réseau trophique.

■ Dans tous les milieux anaérobies ou pauvres en dioxygène (ex. : lacs, deltas, lagunes), les bactéries présentes étant moins nombreuses, la quantité de matière organique décomposée est moins importante. Une fraction de la matière organique se dépose, se mélange avec les sédiments (sable, sel ou argile) puis subit l'action des décomposeurs et devient le **kérogène**.

■ Dans les sédiments argileux, la proportion de kérogène est faible. La roche contenant le kérogène est appelé la **roche mère**. Les

hydrocarbures seront extraits de la roche mère puis concentrés et enfin stockés.

B La transformation du kérogène en combustible fossile

■ Le kérogène subit ensuite une première transformation, une oxydation par les bactéries anaérobies. C'est la **diagenèse précoce**. Au fur et à mesure de l'enfouissement, la pression et la température augmentent. Il se déroule alors une deuxième transformation, au cours de laquelle a lieu une réduction (perte d'azote et d'oxygène, C et H sont conservés), c'est la **diagenèse thermique**.

■ Entre 1,5 et 4 km de profondeur, c'est la **catagenèse**, c'est-à-dire une plus forte réduction de la matière carbonée qui subit un craquage thermique conduisant à une séparation en deux phases :

- une phase liquide constituée d'huile et de gaz mobiles ;
- une phase solide constituée de résidus carbonés.

■ Au-delà de 4 kilomètres de profondeur, c'est la **métagenèse** ; du méthane est libéré.

■ Sous l'effet d'une augmentation lente et progressive de la température et de la pression, liées à l'enfouissement, le kérogène se transforme en combustible fossile (ex. : le pétrole). Au fur et à mesure que la matière organique s'enfonce, elle s'enrichit en carbone par **pyrolyse**. La pyrolyse est la décomposition de la matière organique en de nouveaux produits sous l'effet de la chaleur. C'est à une température de 80 °C, et à une profondeur comprise entre 2 000 et 3 500 m que se forme le pétrole.

3 Les conditions déterminant la répartition des gisements de pétrole

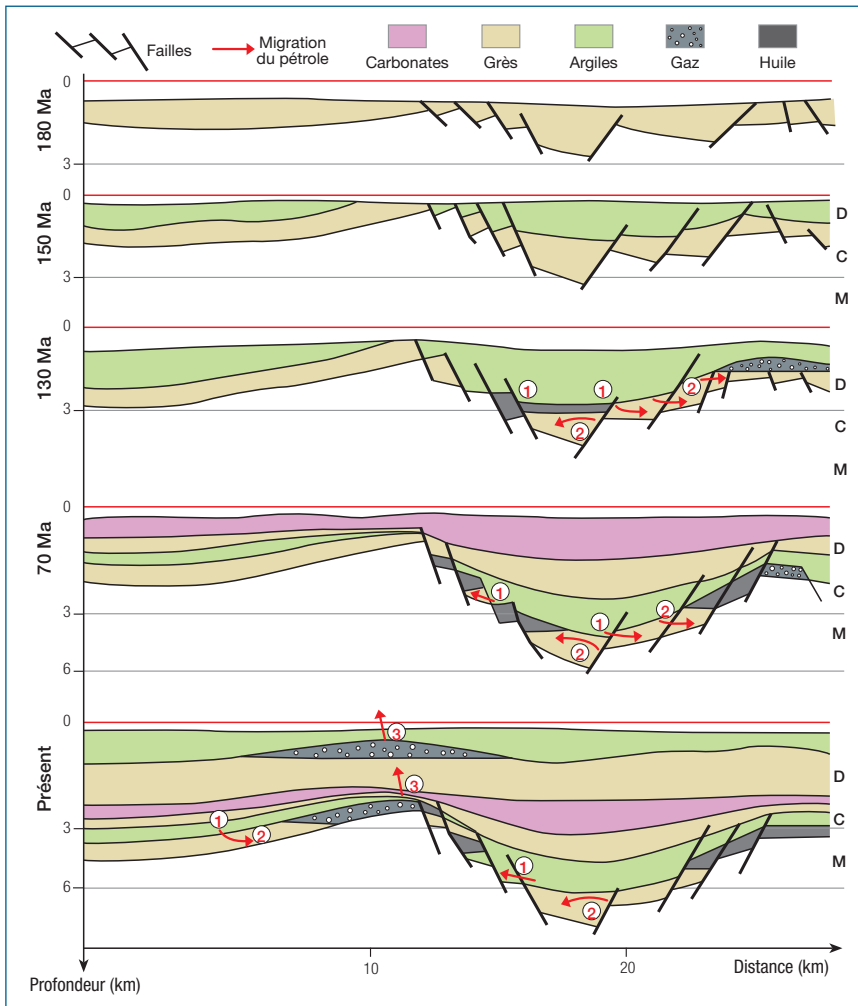
■ Les ressources en pétrole sont inégalement réparties à l'échelle du globe. Les gisements importants sont très localisés : l'essentiel des réserves se trouve au Moyen Orient, dans les environs du Golfe persique, et c'est en Europe qu'elles sont les plus faibles. On trouve aussi d'autres gisements importants sous la mer, mais ceux-ci sont plus éparpillés. Cette répartition est due à des circonstances géologiques particulières qui ont permis la transformation de la matière organique en pétrole.

■ Des mouvements tectoniques ont provoqué la formation de failles et un enfoncement de la roche mère. Les failles provoquent la formation de blocs basculés qui créent des fosses marines assez profondes. Une couche sédimentaire imperméable (argile) s'est déposée sur

la **roche mère**. Sous le poids des sédiments et par le jeu des failles, le bassin s'enfonce par **subsidence** ; ainsi peut se faire l'accumulation de sédiments sur de fortes épaisseurs.

L'accumulation de fortes épaisseurs de sédiments dans le bassin entretient sa subsidence, qui s'accroît. Le document 1 ci-dessous montre les étapes de ce processus.

On appelle **roche mère** la roche à partir de laquelle se forment les premières gouttelettes d'hydrocarbure, par décomposition de la matière organique contenue dans les sédiments marins.



Doc. 1. Étapes de formation de gisements pétroliers.

D : diagenèse, formation du kérogène ; **C** : catagenèse, formation du pétrole ; **M** : métagenèse, formation du gaz. **1** : Dépôt d'argile, couche sédimentaire imperméable ; **2** : Hydrocarbures expulsés de la roche mère puis bloqués par la couche d'argile ; **3** : Migration du pétrole vers d'autres réservoirs (roches magasin) ou vers la surface (migration secondaire).

A La découverte des gisements de pétrole

■ Pour trouver le pétrole, on recherche des bassins sédimentaires où ont pu se former du gaz et du pétrole qui ont ensuite migré de la roche mère vers des roches poreuses, capables d'en stocker de grandes quantités.

■ Les pétroliers recherchent certains microfossiles qui témoignent de l'existence de **roches mères**. Ces microfossiles constituent de très bons marqueurs de l'environnement et ils permettent de savoir s'il a régné des conditions favorables à la formation de pétrole. Ils doivent aussi rechercher la présence de **roches magasin** non loin de la roche mère, au-dessus ou sur les côtés. La roche magasin doit être perméable aux hydrocarbures et poreuse. Pour que le pétrole forme un champ pétrolifère exploitable, il doit rencontrer au cours de sa migration une formation géologique qui le piège.

➔ On appelle **roche magasin** la roche où sont piégées et concentrées les gouttelettes d'hydrocarbures après leur migration.

B Techniques d'exploitation et de récupération des gisements

■ Les **ressources** sont les quantités qui peuvent être techniquement extraites. Dans le secteur énergétique, si l'extraction d'un combustible fossile coûte plus d'énergie qu'elle n'en produit, le combustible ne peut pas être considéré comme une ressource.

■ Les **réserves** sont estimées à partir de résultats obtenus à l'aide de différentes techniques d'exploration. On peut explorer le sous-sol par des forages et ainsi délimiter les dimensions et la configuration d'un gisement. C'est l'estimation la plus fiable.

■ Lorsque la pression au sein du gisement est suffisante, le pétrole jaillit de manière tout à fait naturelle, comme dans le cas d'un **puits artésien**. C'est la **récupération naturelle**. Mais lorsqu'un tiers du pétrole a déjà été extrait, il est parfois nécessaire d'avoir recours à des pompes ; la récupération est alors dite assistée. Si la pression au sein du gisement est insuffisante, il est nécessaire d'injecter des fluides (eau, gaz du gisement ou gaz de pétrole liquéfié) pour provoquer la remontée du pétrole. Il s'agit ici encore d'une **récupération assistée**.

C Impact sur l'environnement

■ L'utilisation du pétrole comme carburant a pour conséquence l'émission de dioxyde de carbone et de dioxyde de soufre dans l'atmosphère. On peut cependant réduire cette pollution par la désulfuration des carburants et des suies.


➔ Il reste encore environ 40 ans de réserves extractibles de pétrole dans les mêmes conditions économiques et techniques qu'actuellement.

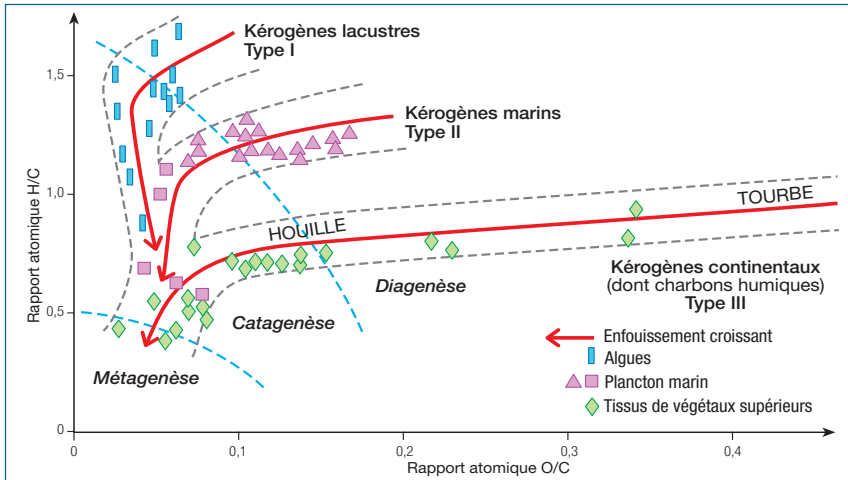
■ Il faut noter que le pétrole est plus polluant que le gaz naturel, mais bien moins que le charbon. Le pétrole constitue une **menace pour les écosystèmes et la biodiversité**. Les fuites de pétrole, ou marées noires, les dégazages et la libération d'huiles usagées en milieu marin ont des effets dévastateurs sur la faune et la flore marines. De plus, le pétrole, sous certaines formes, peut s'avérer être un facteur cancérigène pour les êtres vivants.

EXERCICE DE SYNTHÈSE

Origine d'un produit organique combustible

On peut retrouver l'origine d'un produit organique combustible dans les stades précoces de diagenèse et de catagenèse en étudiant l'évolution du rapport de différents marqueurs. On utilise dans le diagramme ci-dessous deux marqueurs : le rapport atomique H/C et le rapport atomique O/C.

 Le terme *lacustre* désigne l'eau douce.



Doc. 2.

1. Indiquez les trois grands types de kérogènes figurant sur ce graphique.
2. Précisez ce qu'ils deviennent après la maturation.
3. Comparez les rapports atomiques pour les trois kérogènes.

CORRIGÉ

1. Ce sont les kérogènes lacustres, marins et continentaux.
2. On distingue trois grands types de kérogènes avant la maturation, mais après la maturation, on ne peut plus faire aucune distinction.
3. Les kérogènes lacustres contenant des algues sont pauvres en oxygène et riches en hydrogène. Les kérogènes d'origine planctonique marine contiennent davantage d'oxygène. Les kérogènes continentaux issus de la décomposition de tissus végétaux supérieurs sont pauvres en hydrogène et riches en oxygène.

1 L'utilisation des combustibles fossiles par l'homme et ses conséquences

■ La combustion du charbon produit beaucoup de dioxyde de carbone, davantage que celles du gaz naturel et du pétrole.

■ Depuis deux siècles, suite à l'apparition de l'industrie et en raison de son développement qui n'a cessé de s'accroître, l'homme a effectué une combustion massive de roches carbonées (pétrole, charbon, gaz). Or l'utilisation des différentes sources d'énergie fossile génère l'émission de gaz à effet de serre. Par exemple, lorsque le pétrole est utilisé comme carburant, du dioxyde de carbone (CO_2) est rejeté dans l'atmosphère.

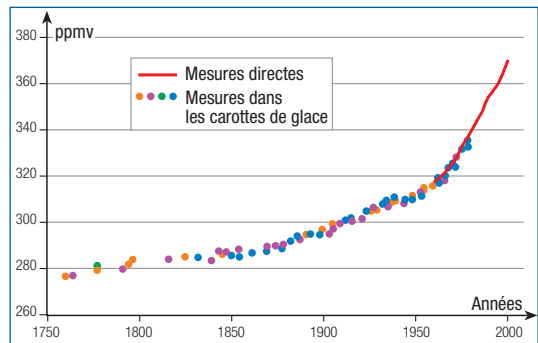
■ Dans les années 1980, on a réussi à mettre au point la mesure du CO_2 des bulles d'air dans des carottes de glace. On a ainsi pu réaliser des mesures de l'évolution de la concentration de dioxyde de carbone atmosphérique de 1750 à 2000. Les résultats sont présentés sur le graphique du document 1.

■ On remarque que de **1750 à 1950**, la concentration en dioxyde de carbone augmente régulièrement. Cela s'explique par le **développement de l'industrie utilisant la combustion des roches carbonées**, ce qui a pour conséquence le rejet de dioxyde de carbone dans l'atmosphère.

■ De **1950 à 2000**, la concentration en dioxyde de carbone de l'atmosphère augmente selon une croissance exponentielle car l'utilisation industrielle des combustibles fossiles s'est accrue.

■ Pour la période **2000-2006**, $10 \text{ Gt} \cdot \text{an}^{-1}$ de carbone ont été émis, selon l'Académie nationale des sciences des États-Unis, ce qui correspond à 37 % de plus par rapport à 1990. Sur cette quantité de carbone émise dans l'atmosphère, environ la moitié est absorbée par la biosphère, suite à une augmentation de l'activité photosynthétique, et par les océans, par dissolution.

■ Du dioxyde de carbone prélevé très lentement et piégé dans les roches carbonées il y a des millions d'années est restitué rapidement à l'atmosphère au moment de la combustion des roches fossiles. C'est la raison pour laquelle brûler un combustible fossile revient à utiliser l'énergie solaire fossilisée et stockée dans la roche carbonée.



Doc. 1. Évolution de la concentration en dioxyde de carbone atmosphérique de 1750 à 2000. (PPMV= partie par million en volume).

2 Évolution de la concentration de CO₂ dans l'atmosphère

■ Sur une planète, l'ensemble des échanges de l'élément chimique carbone s'inscrit dans un cycle appelé cycle du carbone. Le **cycle du carbone** désigne l'ensemble des transformations cycliques et de transport d'un composé chimique entre les grands réservoirs de la biosphère et de la géosphère (lithosphère, hydrosphère, atmosphère). C'est un **cycle biogéochimique**.

■ Le **réservoir atmosphérique** intègre tous les flux hétérogènes de CO₂ à l'issue du déplacement des masses d'air. C'est ainsi que la concentration en CO₂ augmente dans l'atmosphère. L'augmentation du CO₂ dans l'atmosphère est d'origine anthropique ; cette augmentation est compensée partiellement par des réservoirs naturels (océan et biosphère continentale) qui réabsorbent près de la moitié des rejets anthropiques. Le CO₂ intervient aussi dans la biomasse puisque toutes les molécules organiques constituant la biomasse sont faites de carbone. Pour stabiliser la quantité de CO₂ atmosphérique, il sera indispensable de diminuer les **rejets anthropiques**.

■ L'augmentation de la quantité de CO₂ dans l'atmosphère augmente l'effet de serre, et a des incidences sur l'augmentation de la température et influe donc sur le climat. Or, nous constatons déjà des signes de ces **changements du climat** : très grosses tempêtes jamais vues par le passé, raz de marée, périodes de grande sécheresse déclenchant des incendies étendus, hivers plus froids que la normale, inondations de grande ampleur, etc.

■ Au-delà des conséquences directes, physiques et climatiques, du réchauffement planétaire, l'augmentation de la quantité de CO₂ influera sur les écosystèmes, en particulier en modifiant la biodiversité. Dans les océans, elle provoque une acidification des eaux de surface, ce qui modifie la géochimie océanique. En effet, un pH acide provoquerait le ralentissement du cycle de la matière organique, il en résulterait un dysfonctionnement des écosystèmes acidifiés. De plus, les eaux acides sont toxiques pour certains organismes ce qui entraîne la disparition de certaines espèces. L'acidification des eaux de surface a donc pour conséquence une **perte de la biodiversité**.

↳ Lors d'un feu de forêt, une réserve de CO₂ constituée en quelques dizaines d'années, voire en plusieurs siècles, peut être libérée en quelques heures.

↳ Selon des prévisions actuelles, le réchauffement planétaire se poursuivra au cours du XXI^e siècle, mais son amplitude est encore débattue : selon les hypothèses retenues et les modèles employés, les prévisions pour les 50 années à venir iraient de + 1,8 à + 3,4 °C.

EXERCICE DE SYNTHÈSE

La concentration en CO₂, la température et la consommation d'énergie

Partie 1 On a réalisé des mesures de la concentration en gaz carbonique dans des bulles d'air piégées dans des carottes de glace et dans l'atmosphère. Par le passé, des périodes chaudes et des périodes glaciaires se sont succédé sur la Terre. La dernière période glaciaire s'est terminée il y a 12 000 ans. Des chercheurs ont pu, en analysant les fluctuations du passé, prévoir l'évolution du climat. Le document 2 montre l'évolution comparée de la concentration en gaz carbonique et de la température de l'atmosphère de - 400 000 ans à nos jours.

1. Indiquez comment évolue la concentration en CO₂ de - 400 000 ans à nos jours.
2. Expliquez cette évolution à l'actuel.
3. Indiquez comment évolue la température de - 400 000 ans à nos jours.
4. Comparez l'évolution de la température à celle de la concentration en CO₂.

Partie 2 Selon l'Institut français du pétrole, les réserves extractibles dans les mêmes conditions économiques et techniques qu'actuellement seront encore disponibles pendant 200 ans pour le charbon, 65 ans pour le gaz et 40 ans pour le pétrole. Le document ci-contre montre l'évolution de la consommation totale d'énergie commerciale (c'est-à-dire hors bois), depuis 1860.

5. Utilisez les informations saisies à partir de ce graphique pour montrer qu'il y a un urgent besoin de décrochage des énergies fossiles.

6. Justifiez les autres intérêts de ce décrochage.

CORRIGÉ

1. De - 400 000 ans à nos jours, la concentration en gaz carbonique est très variable et comprise entre 180 et 285 PPMV. À l'actuel, l'augmentation de ce gaz est très importante et très rapide.

2. Une telle évolution s'explique par l'importante utilisation des combustibles fossiles.

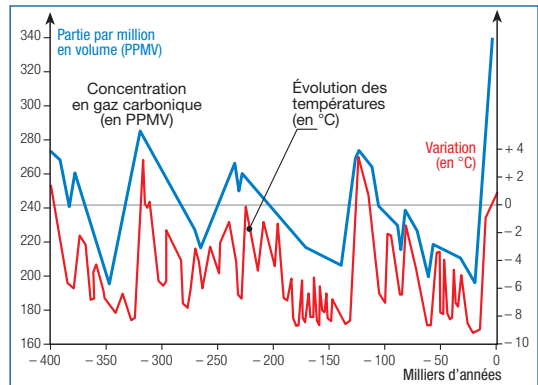
3. L'augmentation de la température est très variable avec une température maximale de +4 °C vers -110 millions d'années. On remarque que cette augmentation de la température est moins élevée à l'actuel (+2 °C).

4. Les valeurs maximales de concentration en gaz carbonique coïncident avec les valeurs maximales d'évolution de la température. Il y a un lien de cause à effet entre ces deux paramètres. En effet, comme le CO₂ est un gaz à effet de serre, une forte concentration en CO₂ dans l'atmosphère provoque une augmentation de la température.

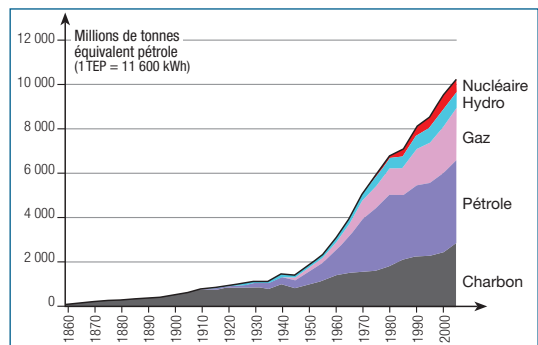
5. À partir de 1976, l'énergie nucléaire commence à être utilisée ainsi que l'hydraulique ; mais les énergies fossiles sont encore utilisées, surtout le pétrole. Compte tenu de la durée des réserves des énergies fossiles restantes, 40 années pour le pétrole, il devient très urgent de relayer ces énergies fossiles par des énergies renouvelables.

6. Les autres intérêts sont les suivants :

- diminution de la pollution de l'atmosphère par les gaz à effet de serre issus de la combustion des combustibles fossiles ;
- diminution de l'augmentation de température par effet de serre ;
- moins d'impact sur les variations climatiques.



Doc. 2. Évolution comparée de la température et de la concentration en gaz carbonique de - 400 000 ans à nos jours.



Doc. 3. Évolution constatée de la consommation totale d'énergie commerciale (c'est-à-dire hors bois), depuis 1860.

En millions de tonnes équivalent pétrole (une tonne équivalent pétrole = 11 600 kWh).

L'énergie solaire est nécessaire à la vie sur notre planète. Sans le rayonnement solaire, les végétaux sont incapables de fabriquer leur matière organique au cours de la photosynthèse. L'énergie solaire intervient aussi dans la réalisation d'autres processus énergétiques indispensables à la vie quotidienne. L'énergie solaire, ressource inépuisable, peut aussi être directement utilisable ou transformable.


1 L'inégale répartition de l'énergie solaire à la surface de la Terre

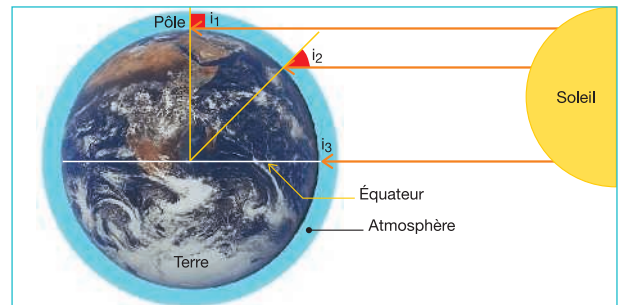
■ La quantité d'énergie émise par le Soleil est exceptionnellement constante. Elle est produite sous forme de **rayonnement électromagnétique** dont l'essentiel du spectre est compris entre l'infrarouge et l'ultraviolet. Cette émission d'énergie vient du centre du Soleil principalement constitué d'**hydrogène** (71 %), d'**hélium** (27 %) et d'autres éléments plus lourds (2 %).

■ Quand la température, au centre du Soleil, atteint environ 16 millions de degrés Celsius, la densité est alors égale à 150 fois celle de l'eau. Ces conditions facilitent l'interaction des noyaux des différents atomes de dihydrogène qui subissent une **fusion nucléaire** libérant une quantité d'énergie très importante.

■ Dans l'espace, sur une surface exposée perpendiculairement au rayonnement solaire, la puissance du rayonnement solaire mesuré est de $1\,355\text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$. Sur Terre, l'albédo et l'**angle d'incidence** diminuent cette puissance au sol. L'albédo correspond au rapport entre l'énergie totale reçue par la Terre et l'énergie réémise dans l'espace. Comme l'**albédo** pour la Terre est de 0,39, on peut considérer que sur les 100 % d'énergie solaire reçue, la Terre en absorbe 61 % et en réémet 39 %.

■ Au fur et à mesure qu'on se rapproche des pôles, l'angle d'incidence d'un faisceau solaire est plus fort, et, de ce fait, ce faisceau se projette sur une surface de plus en plus grande. Comme ce faisceau apporte une énergie solaire constante, le **flux solaire** diminue au fur et à mesure qu'on se rapproche des pôles.

 On appelle **angle d'incidence** l'angle que fait un rayon incident avec la normale à la surface au point d'incidence.



Doc. 1. Variation de l'éclairement en fonction de la latitude. i_1, i_2, i_3 sont les angles d'incidence : $i_1 = 90^\circ$, $i_2 = 45^\circ$, $i_3 = 0^\circ$. Plus on se rapproche des pôles, plus l'angle d'incidence est élevé, plus la surface éclairée est grande et plus la quantité d'énergie reçue par unité de surface est faible.

■ Comme l'axe de rotation de la Terre sur elle-même est oblique, la durée des nuits et des jours varie au cours de l'année. L'énergie solaire reçue à la surface de la Terre en un point **varie avec la latitude** à un moment donné de l'année. Puisque la Terre est sphérique, une même surface reçoit aux pôles une quantité d'énergie plus faible qu'à l'équateur, ce qui joue un rôle déterminant dans la répartition des **climats**. L'inclinaison de l'axe de rotation de la Terre par rapport au plan de l'écliptique est en relation avec l'existence des saisons. Cette inclinaison détermine quatre positions particulières de la Terre par rapport au Soleil, ce sont les **équinoxes** de printemps et d'automne et les **solstices** d'été et d'hiver.

2 L'origine des vents, des courants et du cycle de l'eau

A L'origine des vents et des courants

■ La température augmente des pôles vers l'équateur et diminue du sol vers le sommet de l'atmosphère. Ces différences de température constituent des **gradients** et sont principalement en relation avec les bilans radiatifs aux différentes latitudes. Ce sont ces gradients de température qui constituent le **moteur des masses d'air atmosphérique**. On en déduit que ce sont les mouvements horizontaux des masses d'air ou vents, dépendant de la pression et de la température, qui perturbent la troposphère.

📌 Les différents polluants atmosphériques (poussières, fumées, etc.) et océaniques (chimiques, hydrocarbures, etc.) sont transportés rapidement par les vents et les eaux superficielles et, plus lentement, par les courants océaniques profonds.

■ **Les masses d'eau océaniques aussi sont mobiles.** Comme l'eau froide est plus dense que l'eau chaude et l'eau salée plus dense que l'eau douce, les eaux froides salées sont encore plus denses et plongent sous les eaux superficielles, qui sont plus chaudes car elles sont réchauffées par les rayons solaires. Ces eaux superficielles sont aussi moins salées et moins denses. **Des différences de densité entre des masses d'air ou des masses d'eau sont donc à l'origine de ces mouvements.**

B Le cycle de l'eau transporte de l'énergie

■ L'eau s'évapore en utilisant l'énergie du soleil. En absorbant une grande quantité d'énergie, les molécules d'eau s'arrachent d'une surface d'eau et se retrouvent à l'état de vapeur dans l'atmosphère. Lorsque la vapeur se condense (formation des nuages) et retourne à l'état liquide (précipitations), cette énergie est ensuite libérée.

■ La photosynthèse utilise moins de 1 % de l'énergie solaire reçue à la surface de la planète. Elle transforme l'énergie solaire en énergie chimique. Les 99 % restant sont utilisés pour chauffer l'air, ce qui détermine les vents et les courants, pour chauffer l'eau et permettre son évaporation. C'est ce qui détermine le **cycle de l'eau**.

Les mouvements des enveloppes fluides, hydrosphère et atmosphère, sont les résultats de l'inégale répartition de l'énergie solaire.

3 L'origine des ressources énergétiques renouvelables

■ Une énergie exploitable par l'homme, de manière à ce que ses réserves ne s'épuisent pas, est considérée comme une énergie renouvelable. Le **rayonnement solaire** constitue une énergie renouvelable et génère d'autres formes d'énergie telles que l'hydroélectricité, l'énergie éolienne.

■ Le déplacement des masses d'air, lié aux différences de pression à l'intérieur de l'enveloppe atmosphérique, dépend des variations de la température, donc de l'énergie solaire. L'**énergie éolienne** repose sur l'énergie mécanique de ces déplacements de masse d'air. C'est cette énergie mécanique, force du vent, qui est utilisée pour la navigation à voiles, les moulins à vent, les éoliennes.

■ L'eau s'évapore des océans par l'action du rayonnement solaire. Lorsque cette vapeur d'eau refroidit, elle se condense et forme les nuages qui sont déplacés par les vents. La vapeur d'eau condensée tombe ensuite sous forme de neige ou de pluie et va alimenter l'eau des rivières et des océans.

Toute énergie fournie par des mouvements de l'eau (marée, cours d'eau, chute) constitue l'**énergie hydraulique**. Dans le cas des centrales hydroélectriques, l'énergie hydraulique peut être convertie en énergie électrique.

■ Puisqu'à l'origine c'est l'énergie solaire qui est à l'origine du déplacement des masses d'air et des masses d'eau, **utiliser l'énergie des vents**, des courants marins et des barrages hydroélectriques **est donc une manière indirecte d'utiliser l'énergie solaire**.

4 L'importance des ressources énergétiques renouvelables

■ Lorsque la surface de la Terre s'échauffe après réception de rayons solaires incidents, elle réémet vers l'espace un rayonnement infrarouge (chaud). Une partie de l'**énergie solaire reçue par la Terre** (moins de 1 %) est utilisée par les végétaux pour synthétiser la matière organique au cours de la photosynthèse, mais la plus grande partie participe à la formation des ressources énergétiques renouvelables. Il faut noter cependant que l'homme n'en exploite pas la totalité.

■ Le pétrole représente la source la plus importante dans la production mondiale d'**énergie primaire**, soit 35,2 % du total, puis viennent le charbon, à raison de 25 %, puis le gaz naturel, à raison de 21 %. Plus de 80 % de la production mondiale d'énergie repose sur l'exploitation du pétrole, du charbon et du gaz naturel.

■ On observe de **grandes disparités des consommations** d'énergie dans les différentes zones économiques. Ce sont les États-Unis qui ont la consommation d'énergie primaire par habitant la plus élevée, 8,1 tep/hab/an (tonnes équivalent pétrole par habitant et par an), et la Chine qui a la plus basse, soit 0,9 tep/hab/an.

■ Il est prévu un accroissement de la population mondiale (9 à 10 milliards vers 2050) et une croissance de 8 à 10 % pour la Chine et l'Inde. La demande d'énergie primaire va augmenter. De ce fait, il est devenu indispensable de **modifier la stratégie énergétique** en exploitant d'une part l'énergie nucléaire et d'autre part de développer la part des énergies renouvelables (hydraulique, solaire, éolien, biomasse...).

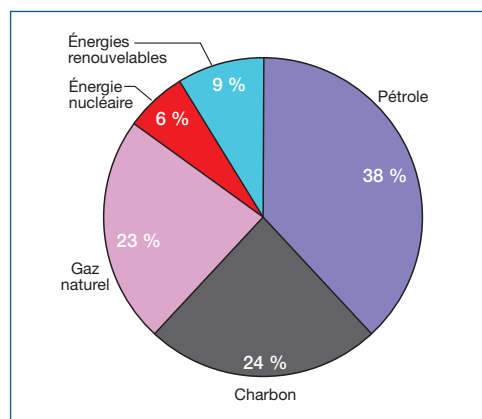
■ En 2007 en Europe, la part d'énergie renouvelable dans la consommation d'énergie primaire totale atteint 7,53 % et l'objectif pour 2010 était de 12 %. Mais seulement 6,88 % de l'énergie consommée en France est d'origine renouvelable. On peut donc dire que malgré une augmentation globale des énergies renouvelables, les différentes formes d'énergie d'origine solaire ne sont pas encore suffisantes pour couvrir les besoins énergétiques mondiaux en croissance. C'est la raison pour laquelle certains pays riches se réorientent de nouveau vers l'énergie nucléaire tandis que la Chine et l'Inde veulent accroître l'exploitation de leur charbon malgré la pollution qu'elle crée.

EXERCICE DE SYNTHÈSE

Les énergies renouvelables

L'homme a besoin d'énergie pour vivre, se déplacer, se chauffer... L'énergie est indispensable dans tous les secteurs, l'industrie, l'agriculture, la pêche... Le document ci-contre présente plusieurs sources d'énergies.

1. Précisez celles qui appartiennent aux types d'énergies non renouvelables.
2. Comparez les taux de consommation des différents types d'énergie.
3. Indiquez l'origine des énergies renouvelables.
4. Indiquez les avantages des énergies renouvelables.



Doc. 2. Estimation de la consommation mondiale des différents types d'énergie.

CORRIGÉ

1. Le pétrole, le gaz et le charbon et l'énergie nucléaire sont des énergies non renouvelables. Le pétrole, le gaz et le charbon sont non renouvelables car ce sont des combustibles fossiles, formés il y a des millions d'années. Les gisements d'uranium étant limités, l'énergie nucléaire est aussi une énergie non renouvelable.
2. C'est le pétrole qui est le plus consommé (38 %) et l'énergie nucléaire la moins consommée (6 %). Le gaz naturel et le charbon sont consommés à parts à peu près égales et les énergies renouvelables occupent une faible proportion (9 %).
3. Les énergies renouvelables sont fournies par le soleil, le vent, les marées, la biomasse, la chaleur de la Terre (géothermie), les chutes d'eau....
4. Voici les avantages des énergies renouvelables :
 - Ce sont des énergies inépuisables.
 - Leur combustion génère peu à pas de pollution et de déchets.
 - Elles participent à la lutte contre les rejets de CO₂ dans l'atmosphère et contre l'effet de serre.
 - Elles améliorent la gestion des ressources locales et constituent des sources d'emploi.

Pour associer le développement économique à la prise en compte de l'environnement et de la santé publique, l'homme doit adopter un comportement responsable en utilisant de nouvelles technologies pour le développement d'une agriculture et d'une industrie raisonnées. C'est ainsi que l'homme peut influencer la biodiversité planétaire et l'équilibre entre les espèces, tout en maintenant les besoins de production nécessaires à son alimentation.

1 Les conditions indispensables pour la production de la biomasse

■ L'exploitation de la terre permet de nourrir près de 6,8 milliards d'habitants sur la planète, c'est donc la **ressource la plus précieuse** pour l'humanité. Dans le monde, la superficie actuellement cultivable est de 30 millions de km², ce qui correspond à 5,8 % de la superficie de notre planète et correspond à 0,2 ha en moyenne par habitant. Cette superficie par habitant est très faible.

Sur environ 38 % des terres émergées à la surface de la planète et consacrées à l'élevage et aux forêts, seuls 12 % sont des espaces réservés à l'agriculture. Les forêts et les pâturages correspondent aux 26 % restants. La terre est donc une ressource précieuse et limitée. Les sols constituant cette terre sont variés et leur qualité dépend de très nombreux critères.

■ Suite à l'**érosion** et avec l'augmentation de la **population mondiale**, 0,5 % des terres cultivables sont perdues chaque année. En 1960, il y avait 0,43 ha de terres cultivables par habitant ; en 2050, si les choses ne changent pas, il ne restera plus que 0,15 ha de terres cultivables par habitant.

À cause de l'**urbanisation** et des multiples dégradations subies par le sol, chaque année, 12 à 16 millions d'hectares de terres arables disparaissent. Par la création de routes et d'autoroutes de plus en plus de terres cultivables de très bonne qualité disparaissent aussi.

L'**agriculture** utilise 70 % de la consommation mondiale d'eau douce prélevée dans les rivières et les nappes souterraines. Entre 1900 et 1975, cette consommation a été multipliée par six à cause de l'accroissement de la population et des besoins alimentaires.

■ C'est dans le sol et à la surface du sol que vit la plus grande partie de la **biodiversité** animale et fongique terrestre. Les champignons, les bactéries, les fourmis, les insectes, les vers de terre, les araignées sont des organismes qui vivent dans le sol et y assurent des fonctions importantes (décomposition de la matière organique, aération du sol...). De plus toutes les plantes, les espèces céréalières comme les mauvaises herbes, sont enracinées dans le sol.

➤ Certains pays manquent de terres arables comme la Chine qui possède 9 % des terres arables de la planète pour nourrir 20 % de la population mondiale. C'est la raison pour laquelle la Chine a déjà commencé à délocaliser son agriculture en louant des sols dans certains pays.

⚠ Cette biodiversité peut être affectée par certains traitements (herbicides, fongicides pour les plantes) ainsi que par toute dégradation du sol par érosion, tassement, imperméabilisation ou salinisation.

■ Lorsque le sol est pollué, la biodiversité peut être fortement altérée. Lorsque la biodiversité des sols diminue, la fertilité de la terre baisse et les rendements agricoles aussi. **Il y a donc une concurrence entre l'agriculture et la biodiversité naturelle.**

2 L'intervention de l'homme dans les flux naturels de biomasse

■ La **biomasse** est la quantité d'énergie solaire stockée sous forme de matière organique, grâce à la photosynthèse réalisée par les végétaux verts chlorophylliens.

■ Les céréales, la canne à sucre, la betterave, etc. constituent la biomasse riche **en substances glucidiques** et très largement exploitée pour fabriquer des produits alimentaires. Cette biomasse peut être aisément hydrolysée et valorisée par des procédés de fermentation ou de distillation. La **biomasse oléagineuse** est riche en lipides, à l'origine des huiles de colza, tournesol, arachide, olive, palme, etc. À partir de ces huiles ou de leurs dérivés, on peut aussi produire des **biocombustibles**.

■ La quantité de biomasse synthétisée chaque année avoisine 200 Gt et équivaut à la masse globale des réserves en pétrole. Contrairement aux énergies fossiles (charbon, pétrole et gaz naturel), la biomasse est une énergie renouvelable si on admet que les quantités brûlées ne dépassent pas les quantités produites (ex. : bois et biocarburants). Son bilan carbone est neutre, c'est-à-dire que sa combustion ne dégage pas plus de CO₂ que ce qu'absorbent les végétaux au moment de la photosynthèse. Mais il est éthiquement incorrect d'utiliser des produits agricoles alimentaires pour produire des biocarburants dans les pays développés quand certaines populations meurent de faim dans les pays sous développés. C'est la raison pour laquelle on développe maintenant les **biocarburants de deuxième génération**.

■ La biomasse peut être exploitée par combustion. On appelle **biomasse énergie**, la biomasse utilisée pour fabriquer de l'énergie ; elle présente trois catégories :

- la biomasse ligneuse ;
- la biomasse fermentescible ;
- la biomasse sucrière et oléagineuse.

3 La responsabilité humaine en matière d'environnement

⚠ On produit annuellement dans le monde 250 millions de tonnes de bagasse (résidu du traitement de la canne à sucre), ce qui pourrait permettre de faire l'économie de 50 millions de tonnes de pétrole et ainsi réduire la quantité de CO₂ produite dans l'atmosphère, suite à la combustion du pétrole.

■ À partir de la biomasse végétale, on produit de la nourriture pour couvrir les besoins alimentaires des populations en forte croissance. À partir de la biomasse énergie, on peut produire de la chaleur, de l'électricité et des biocarburants (éthanol et biodiesel).

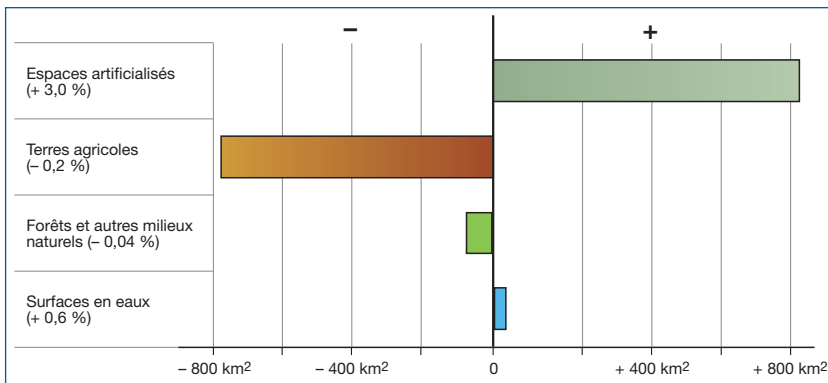
Il existe donc une concurrence entre production de nourriture et production d'agrocultures. Cette concurrence devient de plus en plus sévère car comme la biomasse énergie est considérée très souvent comme renouvelable, certains groupes spécialisés dans ce domaine favorisent la déforestation et laissent s'envoler les prix alimentaires.

■ À moyen terme, la biomasse énergie peut couvrir 10 % des besoins énergétiques mondiaux, ce qui constitue un succès pour la protection de l'environnement et du climat par réduction de la production de CO₂, gaz à effet de serre. Mais cela ne pourra pas être considéré comme un progrès si c'est aux dépens de la production alimentaire, de la biodiversité, et si cela risque d'aggraver la pauvreté et la faim dans le monde.

EXERCICE DE SYNTHÈSE

Maintenir une forte production de biomasse végétale

En France, en 2006, les surfaces urbanisées occupent 5 % du territoire. Les infrastructures consacrées au transport, les zones commerciales et industrielles, le tissu urbain se développent. Le document ci-dessous montre l'évolution des surfaces entre 2000 et 2006. En 2006, les terres agricoles représentent 60 % de la surface totale, les forêts et les espaces naturels représentent 34 % du territoire et les surfaces occupées par l'eau 1 %.



Doc. 1. Évolution des différentes catégories de surfaces entre 2000 et 2006.

1. Utilisez les informations saisies à partir du graphique pour préciser comment évoluent les surfaces des terres agricoles et les surfaces artificialisées entre 2000 et 2006.
2. Précisez comment évoluent les surfaces forestières au cours de cette période.
3. Indiquez les autres conditions relatives au sol, indispensables pour obtenir une forte production de la biomasse.
4. Suite à des techniques mal adaptées, surexploitation, surpâturage, monoculture intensive de maïs, coton, soja, les sols s'épuisent. Indiquez ce qui a très souvent provoqué la dégradation des sols dans les pays riches.
5. Indiquez par quoi on peut remplacer les pesticides.

CORRIGÉ

1. Les espaces artificialisés augmentent et les terres agricoles diminuent.
2. Elles diminuent de 0,04 %.
3. Le sol doit être fertile et suffisamment irrigué en fonction des besoins en eau de la plante cultivée pour obtenir une forte production de biomasse végétale.
4. C'est l'utilisation des pesticides qui a très souvent provoqué la dégradation des sols dans les pays riches.
5. On peut remplacer les pesticides par la lutte biologique, c'est-à-dire l'introduction dans le milieu d'un prédateur du parasite qu'on veut éliminer.

1 L'organisation et la formation des sols

A Les éléments constituant les sols

➔ C'est la présence des êtres vivants qui différencie le sol de la croûte terrestre.

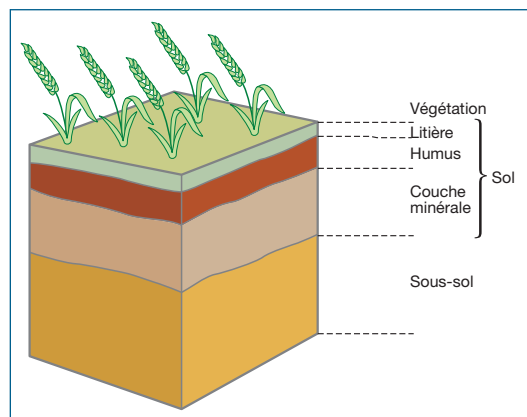
■ Le sol est une mince couche de quelques centimètres à dizaines de centimètres d'épaisseur, formé au cours de très longues périodes géologiques. C'est la couche superficielle, meuble, de la croûte terrestre, obtenue à l'issue de la transformation de la **roche mère** enrichie par des apports organiques.

■ Le sol constitue une structure où s'interpénètrent plusieurs compartiments : la biosphère, la lithosphère, l'hydrosphère et l'atmosphère. Il est l'association de la litière, de l'humus et de la couche minérale.

➔ De nombreux gaz circulent dans les interstices du sol.

■ La **litière** est l'ensemble des feuilles mortes et débris végétaux en décomposition et recouvrant le sol des forêts et des jardins. La matière organique, essentiellement formée de débris végétaux et animaux plus ou moins transformés, est ce que l'on appelle

l'**humus**. Il existe plusieurs sortes d'humus (mor, moder, mull) caractérisés par leur acidité ou l'importance de l'accumulation des matières organiques. La **couche minérale** est composée principalement de constituants minéraux (sable, argile, etc.), et de la « solution du sol » formée d'eau et d'ions minéraux.



Doc. 1. Coupe de sol.

■ Les éléments d'origine minérale proviennent de l'altération du sous-sol et les éléments d'origine organique, en grande partie végétale, de l'activité biologique des végétaux enracinés dans le sol et des animaux qu'il héberge.

B La formation et l'évolution des sols

■ Le sol se forme en trois étapes :

- l'altération de la roche mère ;
- l'incorporation de la matière organique par **minéralisation de molécules organiques et humification** ;
- la différenciation des **horizons** sous l'action des **eaux d'infiltration** au cours d'un **lessivage modéré**. Les éléments solubles sont entraînés et viennent s'accumuler pour former des horizons d'accumulation.

■ Le sol est le résultat d'une longue interaction entre les roches et la biosphère sous l'action de l'eau et de la température ; il présente donc une dynamique en relation avec les divers facteurs constituant son milieu. Cependant, au bout d'un certain temps, un état d'équilibre est atteint avec le climat et la végétation.

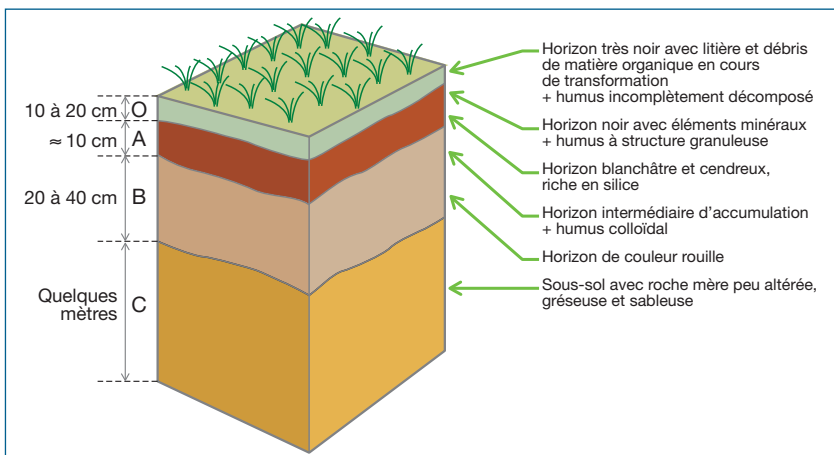
■ L'épaisseur du sol (quelques centimètres dans les régions arides) peut atteindre plus de **cent mètres** dans certaines régions équatoriales. Sous l'action du climat et de l'activité humaine, le sol est en **constante évolution**. Mis en place à l'issue de milliers d'années, c'est une ressource **non renouvelable** à l'échelle des temps d'une vie d'homme. Les sols représentent une interface et un support indispensable et fragile.

⚠ Avant que le Sahara soit un désert, il fut, dans un lointain passé, une forêt vierge !

C Un sol évolué, le podzol

■ Le podzol est le sol des régions tempérées froides, Russie, Canada, Scandinavie. En France, on trouve ce type de sol dans les Landes, les Vosges, sous les forêts de conifères.

■ Deux conditions sont indispensables pour la formation d'un podzol. Un climat humide et pluvieux provoquant un lessivage des éléments minéraux et des colloïdes (humus). Il faut aussi que le sol contienne beaucoup de cailloux ou bien que les sables aient une structure granulométrique grossière.



Doc. 2. Profil théorique d'un podzol.

Pour savoir quels sont les végétaux présents au cours de l'évolution de ce sol et au cours des périodes géologiques de sa mise en place, il faudrait faire une **analyse pollinique** à partir de

plusieurs échantillons de sol prélevés tout le long du profil pédologique d'un podzol choisi. On pourrait ainsi constater une évolution des espèces végétales au cours de la formation du sol. L'évolution du podzol est liée à la formation d'humus caractérisé par une faible activité biologique, ce qui ralentit beaucoup les processus de biodégradation de la litière, de minéralisation et d'humification.

Après son apparition, le sol se différencie en couches superposées ou **horizons pédologiques** formant le **profil pédologique**. Dans le document 2, ce sont les mouvements de matière depuis A ou l'altération de la roche (C) qui forment les horizons B.

D Les propriétés des sols

■ La **structure** est la façon dont sont agencés les constituants, les uns par rapport aux autres. Parfois des agrégats de sable et de complexes argilo-humiques peuvent être assemblés de façon plus ou moins fragmentée.

■ La **porosité** est le volume total des espaces laissés libres entre les agrégats ou les particules solides. Elle détermine la circulation de certains animaux, de l'eau et des gaz dans le sol.

■ La **perméabilité** du sol est sa capacité à laisser passer l'eau vers les couches inférieures ; elle dépend de sa structure.

■ La **capacité de rétention en eau** est la quantité d'eau retenue par le sol. Elle peut être soit utilisable par les plantes, soit liée à des particules solides par des forces physiques s'opposant à cette utilisation.

■ Le **pouvoir adsorbant** est la capacité à fixer des ions et à faciliter le passage de ces ions de l'humus aux racines des plantes, et cela par la création de **complexes argilo-humiques**, ou complexes adsorbants fixant des ions positifs apportés par les engrais. La présence de ces complexes adsorbants dans le sol représente un facteur essentiel de sa fertilité.

■ La **texture** est la composition granulométrique du sol, c'est-à-dire la proportion de chacun de ses constituants solides de tailles différentes (argiles, sables, graviers...) et le diamètre de ces particules. Les particules trouvées dans le sol sont l'argile, le limon, le loess (limon quaternaire éolien, propagé par le vent dans les forêts des montagnes et contenant 70 à 80 % d'argile), le sable, les graviers.

2 Les fonctions du sol et les facteurs à l'origine de sa dégradation

A Les rôles du sol

■ Il porte les végétaux. C'est là que les végétaux supérieurs s'enracinent pour y puiser l'eau et les ions minéraux. C'est aussi le **lieu de vie** pour de nombreux animaux. Le sol héberge donc la faune et la flore mais aussi des bactéries et des champignons. La circulation de l'air est indispensable pour la vie des animaux et les racines des végétaux.

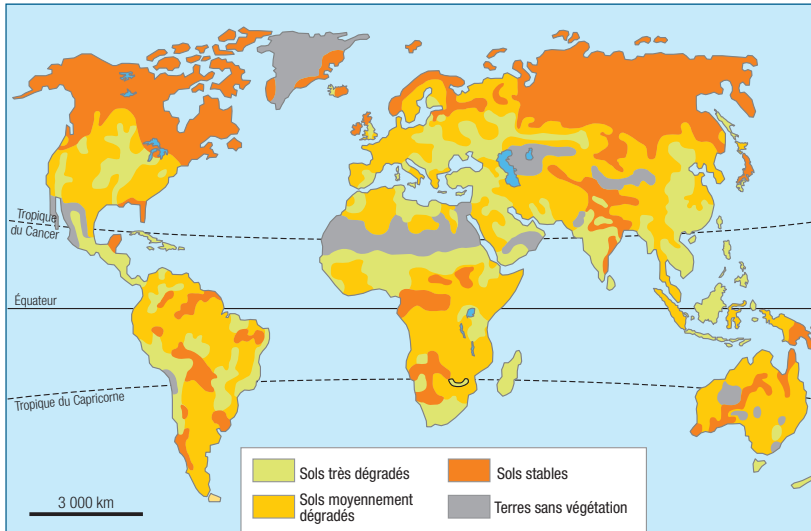
Les bactéries vivant dans les nodules des racines de légumineuses (luzerne, soja...) **fixent l'azote** atmosphérique car ils transforment l'azote gazeux de l'air en ions ammonium ou nitrate dans les nodules.

■ C'est dans le sol qu'un grand nombre de substances comme l'azote et le carbone sont **filtrés** et transformés. Le sol a donc une fonction de **filtre**.

■ Le sol contient deux fois plus de carbone que les forêts et ainsi constitue le plus grand puits de carbone terrestre. Le sol a donc une fonction de **réservoir de carbone**.

B La dégradation du sol

■ Un sol résulte d'une formation très lente en trois étapes et, pour reconstituer un sol dégradé, des centaines, voire des milliers d'années sont nécessaires. Les sols dégradés sont répartis dans le monde entier, le document 3 nous montre leurs localisations.



Doc. 3. Répartition des sols dégradés dans le monde. On remarque que les sols stables sont situés surtout dans les régions septentrionales et que la surface des sols très dégradés en Europe est plus localisée dans les pays d'Europe de l'Est.

■ Sous l'action des pluies, les couches superficielles du sol peuvent être dégradées. On parle alors d'**érosion des sols**. On a estimé à un milliard d'hectares la surface concernée par l'érosion. Parfois des pluies violentes, longues et répétées provoquent un ruissellement intense, ce qui provoque la disparition de la couche superficielle des sols. Cette couche fragile est la plus fertile.

■ Les facteurs à l'origine de la dégradation des sols sont multiples. Beaucoup de sols s'épuisent à cause de la **surexploitation**, car le plus souvent, par leur cultures, les agriculteurs prélèvent beaucoup plus de matières nutritives que la capacité des sols à reconstituer leurs réserves ne le permet ; ils s'épuisent aussi à cause de **mauvais traitements** dus à des techniques agricoles mal adaptées (ex. : utilisation massive des pesticides et des engrais).

■ Dans certains pays, le sol est parfois vidé d'une partie de sa matière organique par la culture intensive de certaines céréales (soja, maïs) ce qui détermine une perte de fertilité du sol.

■ On appelle **déforestation** le phénomène de diminution des surfaces recouvertes par les forêts. Actuellement, c'est en zone tropicale qu'elle est la plus importante.

Il faut rappeler qu'un sol nu, sans couvert végétal ou forestier ou sans cultures agricoles est extrêmement sensible à l'érosion par la pluie ou par le vent dans des régions au climat chaud.

C Un enjeu majeur pour l'humanité

Quel que soit le type de dégradation affectant le sol, il y a une **perte de la biodiversité** puisque la plus grande partie de la biodiversité terrestre vit dans le sol. Les dégradations du sol font aussi baisser la fertilité de la terre qui peut même devenir dans certaines situations impropre à

toute culture. Le sol étant une ressource limitée, il constitue un enjeu majeur pour l'humanité. C'est la raison pour laquelle des politiques européennes sont mises en place afin d'assurer la conservation de sols sains pouvant subvenir aux besoins des populations et des écosystèmes.

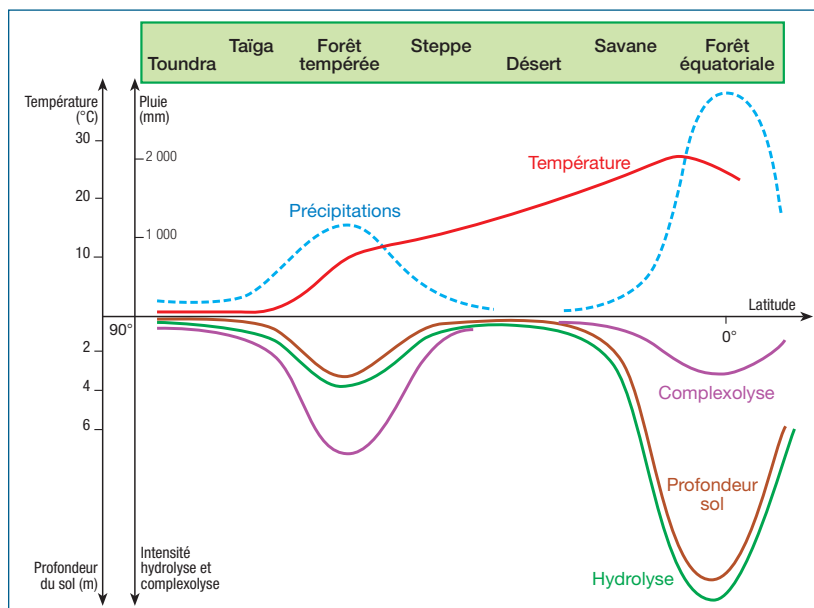
Cette stratégie a pour but plusieurs objectifs :

- intégrer les problèmes relatifs au sol dans les autres politiques de protection de l'environnement ;
- préserver les fonctions du sol ;
- recenser les zones prioritaires et établir des programmes d'action en vue de prévenir les menaces pesant sur le sol ;
- recenser et assainir les zones contaminées.

EXERCICE DE SYNTHÈSE

Variation de la genèse des sols

La genèse des sols ou pédogenèse n'est pas identique sur toute la planète. Un certain nombre de paramètres interviennent au cours de sa formation. Le graphique ci-dessous montre les conditions dans lesquelles se forment les principaux types de sols.



Doc. 4. Pédogenèse suivant la latitude.

1. Grâce à vos connaissances et aux informations saisies à partir du graphique, indiquez les facteurs intervenant dans la pédogenèse.
2. Précisez comment varient la température et les précipitations à la surface du globe.
3. Indiquez les conséquences de cette variation sur la pédogenèse.

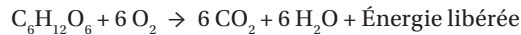
CORRIGÉ

1. Ce sont les précipitations, la température et la nature de la roche mère.
2. Elles varient en fonction de la latitude. Précipitations et températures moyennes en région tempérée et fortes températures et précipitations en région équatoriale.
3. La profondeur du sol varie avec la latitude. C'est à l'équateur que l'hydrolyse est la plus importante, que le sol est le plus profond et que la complexolyse est moyennement intense. En milieu désertique où il ne pleut pas et où la température est très élevée, le sol n'est pas profond et l'intensité de l'hydrolyse et de la complexolyse est très faible.

1 Variation de consommation de dioxygène et de nutriments

A Au repos

■ La **respiration** se déroule au sein de toutes les cellules de l'organisme. C'est un ensemble de réactions chimiques au cours desquelles les nutriments énergétiques glucidiques sont dégradés en présence du dioxygène apporté par l'air inspiré. La respiration est une oxydation au cours de laquelle se forment de la vapeur d'eau, un déchet gazeux respiratoire, le dioxyde de carbone, et de l'**énergie** disponible pour toutes les réactions cellulaires.

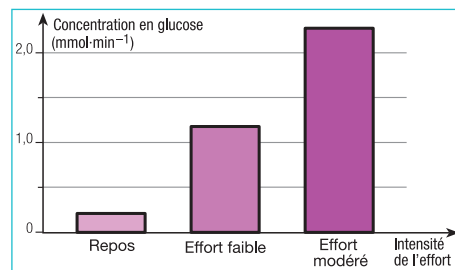


B Lors de l'activité physique

■ La **consommation de dioxygène** et la **fréquence cardiaque (FC)** varient au cours de l'effort. On remarque que plus l'effort est intense et plus la consommation de dioxygène et la fréquence cardiaque augmentent. Mais il existe une limite de consommation de dioxygène, c'est la $VO_2 \text{ max}$.

■ Au cours de l'effort, l'activité des fibres musculaires est aussi plus importante. Plus l'effort est important, plus la **consommation de nutriments** (glucose) augmente. En effet, les fibres musculaires sont des cellules spécialisées qui consomment davantage de dioxygène et de glucose et produisent ainsi davantage d'énergie chimique ou ATP (adénosine triphosphate).

■ L'augmentation de l'activité musculaire détermine une augmentation de la consommation en dioxygène jusqu'à ce qu'un maximum soit atteint. C'est la $VO_2 \text{ max}$. Lorsque l'activité physique est plus intense, les cellules musculaires utilisent davantage les réserves de glycogène pour produire de l'énergie et « brûlent » aussi les réserves lipidiques (graisses). C'est la raison pour laquelle l'exercice physique constitue l'un des moyens pour lutter contre l'**obésité**.



Doc. 1. Quantité de glucose prélevé par les muscles dans différentes conditions.

📌 Le **glycogène** est une macromolécule constituée de l'assemblage d'un grand nombre de molécules de glucose.

2

Variation des paramètres physiologiques au cours de l'effort

■ **Au cours de l'effort**, les échanges gazeux entre l'air des alvéoles et le sang sont plus importants. La ventilation pulmonaire participe à cet échange en assurant, par la succession des inspirations et des expirations, le renouvellement de l'air dans les poumons. Un **cycle respiratoire** est constitué d'une inspiration suivie d'une expiration. On appelle **fréquence respiratoire** le nombre de cycles respiratoires par minute.

Au cours de chaque cycle respiratoire, un volume d'air est utilisé, c'est le **volume courant** ; il peut être soit un volume d'air entrant (volume d'air inspiré) soit un volume d'air sortant (volume d'air expiré). Au cours de l'effort, lorsque l'activité musculaire est plus intense, le volume courant, la fréquence et le débit respiratoire augmentent.

$$\text{Débit respiratoire} = \text{Fréquence respiratoire} \times \text{Volume courant}$$

■ Le sang est mis en mouvement dans les vaisseaux par les contractions rythmiques du muscle cardiaque. Le **débit cardiaque** est le produit de la fréquence cardiaque par le volume de sang éjecté à chaque contraction. Lorsque l'intensité de l'effort augmente, la fréquence cardiaque, le débit cardiaque et la puissance des contractions cardiaques augmentent.

3

L'organisation du cœur et la circulation du sang

A Le cœur

■ Le **cœur** est un muscle creux possédant une **symétrie bilatérale**. Il présente deux parties droite et gauche, chacune constituée d'une oreillette et d'un ventricule, qui sont en communication et qui sont séparés par des **valvules auriculo-ventriculaires**. Les deux parties sont séparées par un **cloison interventriculaire** formant une zone du muscle cardiaque ou **myocarde**.

■ Le sang circule dans les vaisseaux. Dans les **veines** circule le sang provenant des organes et allant vers le cœur. Les veines (veines caves et veines pulmonaires) sont en communication avec les oreillettes. Dans les **artères** circule le sang provenant du cœur et allant vers les organes. Les artères (artère aorte et artère pulmonaire) sont en communication avec les ventricules. À la base des troncs artériels se trouvent les **valvules artérielles** ou **sigmoïdes**.

B La circulation du sang

■ Le cœur est une pompe musculaire à l'origine de la **circulation du sang** dans l'organisme. Lorsque la paroi du muscle cardiaque (myocarde) se contracte, le sang est mis sous pression. En fonction de la pression exercée par le sang, les valvules, membranes passives, s'ouvrent ou se ferment et imposent un sens unique de circulation au sang.

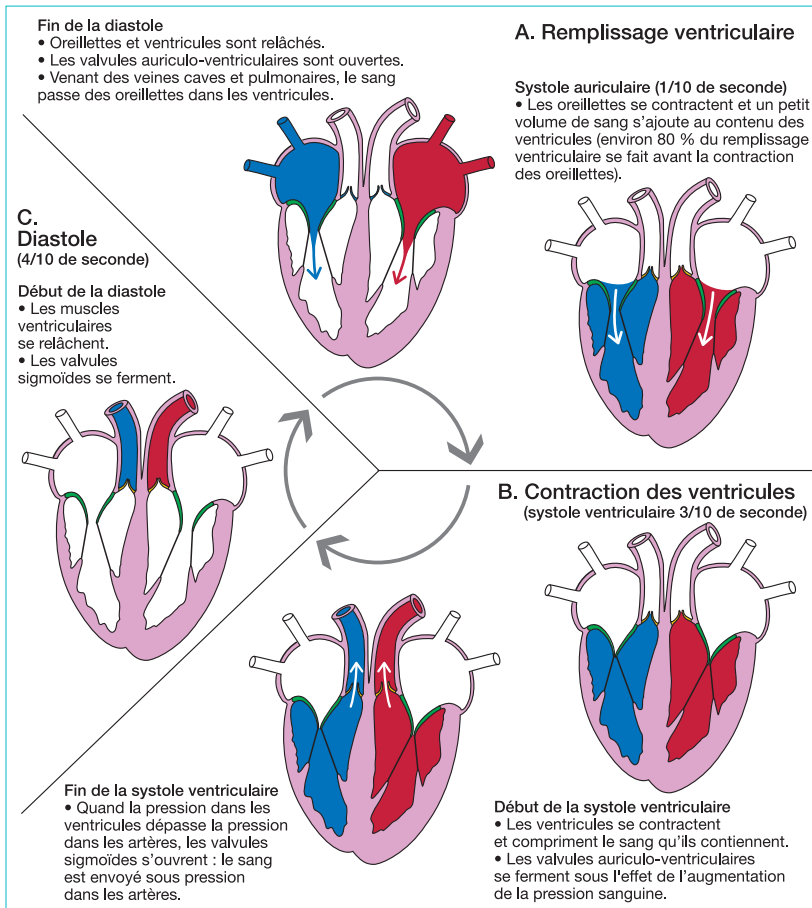
L'enchaînement d'une phase de contraction (systole) et d'une phase de relâchement (diastole) constitue le **cycle cardiaque** appelé aussi **révolution cardiaque** (document 2). Lorsque le muscle cardiaque est tout à fait relâché, les valvules auriculo-ventriculaires étant ouvertes et les valvules artérielles fermées, les cavités cardiaques se remplissent de sang, c'est la **diastole générale**. Le remplissage des ventricules se termine lorsque les oreillettes se contractent (**systole auriculaire**).

Pendant que les oreillettes se relâchent (**diastole auriculaire**), les ventricules se contractent, c'est la **systole ventriculaire**. Alors que les valvules auriculo-ventriculaires sont fermées, les valvules artérielles sont ouvertes, le sang peut ainsi être propulsé dans les artères. Les ventricules se relâchent ensuite. C'est la **diastole ventriculaire**. Puis un nouveau cycle recommence.

■ C'est l'organisation du cœur qui détermine le trajet du sang. Le débit cardiaque se mesure en litres par min ($L \times \text{min}^{-1}$) ; on le calcule par la formule :

$$\text{Débit cardiaque} = \text{Fréquence cardiaque} \times \text{Volume d'éjection systolique}$$

où la fréquence cardiaque se mesure en nombre de battements par minute ($\text{batt} \times \text{min}^{-1}$) et le volume d'éjection systolique en litres par minute ($L \times \text{min}^{-1}$).



Doc. 2. Les différentes étapes d'une révolution cardiaque.

C L'apport préférentiel de dioxygène aux muscles en activité

■ Le sang riche en dioxygène provient des poumons. Il circule dans les veines pulmonaires pour arriver dans l'oreillette gauche. Il passe ensuite dans le ventricule gauche qui se contracte et l'éjecte dans l'**artère aorte**. Il va irriguer tous les organes puis revient à l'oreillette droite. Cela correspond à la **circulation générale** ou **grande circulation**.

Le sang de la circulation générale est appauvri en dioxygène. C'est le **sang veineux**. Il se sature en dioxygène au niveau des poumons. Les **vaisseaux artériels**, ramifications de l'artère aorte,

constituant les **circuits d'irrigation** des divers organes, sont disposés en **parallèle** (par analogie avec un circuit électrique).

■ Le sang propulsé par le ventricule droit est envoyé aux poumons où il se recharge en dioxygène puis revient dans l'oreillette gauche. Cela correspond à la **circulation pulmonaire** ou **petite circulation**. Le sang de la circulation pulmonaire est saturé en dioxygène. C'est le **sang artériel**.

Comme tout le sang ayant parcouru la circulation pulmonaire passe ensuite dans la circulation générale, on dit que les deux circulations sont placées en série. **Par cette disposition en série des deux circuits, l'ensemble du volume sanguin est rechargé en dioxygène et le débit cardiaque dans le cœur droit est le même que dans le cœur gauche.**

4 Le maintien de la teneur en dioxygène du sang artériel

■ **Au cours de l'effort**, lorsque le débit cardiaque augmente, le débit sanguin augmente par priorité dans les muscles, ce qui permet d'accroître l'apport de dioxygène aux muscles en activité. Comme le débit ventilatoire augmente aussi, le sang parvenant aux poumons avec un plus grand débit se sature en dioxygène. Cela assure le renouvellement de l'air alvéolaire et le maintien de sa teneur en dioxygène à un niveau suffisant pour que le sang soit saturé en dioxygène.

Le volume de dioxygène consommé par l'organisme, mesuré en millilitres par unité de temps, se calcule d'après la formule :

$$VO_2 = (CaO_2 - CvO_2) \times DC$$

où $CaO_2 - CvO_2$ ($\text{mL} \times \text{L}^{-1}$ de sang) est la différence artério - veineuse et DC est le débit cardiaque en $\text{L} \times \text{min}^{-1}$.

■ L'augmentation synchrone du débit sanguin musculaire et du débit ventilatoire assure un apport de dioxygène en quantité suffisante pour les muscles en activité. Le **couplage des activités cardiaque et respiratoire** participe à maintenir constante la teneur en dioxygène du sang artériel approvisionnant les muscles.

Pour pratiquer un exercice physique dans de bonnes conditions, il est donc indispensable d'avoir un bon état cardiovasculaire et ventilatoire.

EXERCICE DE SYNTHÈSE

Consommation de dioxygène et fréquence cardiaque

Des techniques modernes d'enregistrement à distance permettent de mesurer différents paramètres chez des sportifs et cela dans les conditions les plus proches possibles de celles d'une compétition réelle.

On a mesuré simultanément la consommation de dioxygène et la fréquence cardiaque chez un sportif après une période d'échauffement, après un effort, puis au cours d'une période de repos.

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau ci-dessous.

	Échauffement			Effort			Repos		
Temps (min)	0	2	4	6	8	10	12	14	16
O ₂ consommé (L)	0,6	0,85	1,6	4,2	8,8	10	11,2	12,2	13
Fréquence cardiaque (batt . min ⁻¹)	115	120	122	180	185	190	160	155	150

Doc. 3. Consommation de dioxygène et fréquence cardiaque chez un sportif pendant une période d'échauffement, pendant un effort, puis au cours d'une période de repos.

1. Représentez par un graphique l'évolution de la consommation de dioxygène et de la fréquence cardiaque en fonction du temps.
2. Analysez les résultats.

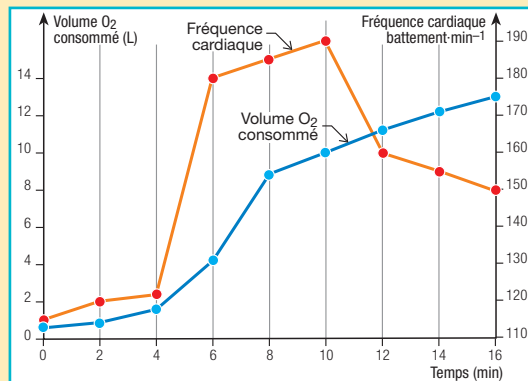
CORRIGÉ

1. Voir le document 4.

2. Au cours de l'effort, la consommation en dioxygène et la fréquence cardiaque sont plus importantes que pendant l'échauffement. Pendant les 4 minutes d'échauffement, le sportif a consommé 1,6 L de dioxygène, soit une moyenne de $0,4 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ alors qu'il a consommé 8,4 L au cours de 4 minutes d'effort et 3 L au cours du repos de 4 minutes qui a suivi l'effort soit une moyenne de $0,7 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$.

Sa fréquence cardiaque égale à $122 \text{ batt} \cdot \text{min}^{-1}$ au cours de l'échauffement, s'est élevée jusqu'à $190 \text{ batt} \cdot \text{min}^{-1}$ au cours de l'effort.

Au cours de l'effort, les cellules musculaires ont besoin de davantage de dioxygène, lequel est prélevé dans le milieu extérieur au cours de la respiration. C'est ce qui explique l'augmentation de la consommation de dioxygène par l'organisme. Comme la fréquence cardiaque augmente, le débit sanguin augmente et les fibres musculaires reçoivent davantage de dioxygène. La dégradation du glucose en présence de dioxygène fournit davantage d'énergie chimique (ATP) indispensable pour la contraction des muscles pendant l'effort.



Doc. 4. Évolution de la consommation de dioxygène (en bleu) et de la fréquence cardiaque (en rouge).

La fréquence cardiaque et la pression artérielle sont des paramètres soumis à des variations. Cependant, un processus de régulation tend à les maintenir constants dans des conditions physiologiques optimales.

1 Le contrôle nerveux de l'activité cardiaque

La pression artérielle est aussi la force qu'exerce le sang sur les parois intérieures des artères.

Au moment de l'effort, il y a une faible augmentation de la pression artérielle mais le débit sanguin intramusculaire, le rythme cardiaque et le volume d'éjection systolique ainsi que la quantité de dioxygène extraite augmentent davantage. **Après l'effort**, la pression artérielle diminue le plus souvent brutalement alors que le rythme cardiaque ne diminue que progressivement.

A L'automatisme cardiaque

Le cœur isolé de l'organisme et placé dans des conditions physiologiques normales continue à battre. Cet **automatisme** dépend de l'activité de cellules spécialisées auto-excitables situées dans l'oreillette droite. Ce sont les **cellules pacemaker**, elles sont à l'origine de la contraction rythmique du cœur et cela en dehors de toute stimulation nerveuse. Lorsque ces cellules sont déficientes, on pose un stimulateur cardiaque qui impose au cœur le rythme des battements.

B Rôle du système nerveux végétatif

■ La partie du système nerveux qui contrôle de manière involontaire les fonctions internes de l'organisme est appelée système nerveux végétatif. Ce système est constitué d'un ensemble de **nerfs** innervant les organes intervenant dans les fonctions de nutrition (organes de l'appareil digestif, respiratoire, circulatoire, urinaire, etc.).

■ Deux systèmes antagonistes, le système **parasympathique** et le système orthosympathique ou **sympathique** constituent le système nerveux végétatif. Les fibres sympathiques proviennent de la moelle épinière cervico-dorsale ; du bulbe rachidien partent les fibres parasympathiques qui parviennent au cœur par le nerf pneumogastrique ou nerf vague (aussi appelé nerf X : 10^e paire de nerfs crâniens).

C Rôle des nerfs dans l'activité cardiaque

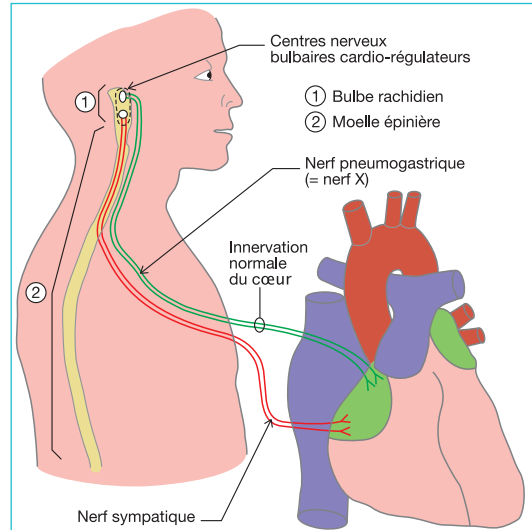
■ Lorsque l'organisme fournit un effort, le rythme cardiaque augmente. Le cœur est innervé par des fibres nerveuses appartenant au système sympathique et au système parasympathique.

On a pu montrer le rôle de ces nerfs par des expériences de sections et de stimulations chez le chien. L'enregistrement mécanique des contractions cardiaques est un **cardiogramme**. L'enregistrement d'un électrocardiogramme permet d'étudier le rythme cardiaque par la mesure de la fréquence cardiaque.

■ Les **nerfs sympathiques accélèrent** le rythme alors que les **nerfs parasympathiques** (pneumogastriques) le **ralentissent**. Au cours d'une activité physique, une augmentation des messages nerveux est mesurée au niveau du nerf sympathique alors qu'une diminution de ces messages est mesurée dans les nerfs pneumogastriques.

■ Le contrôle du débit cardiaque et des résistances périphériques par les efférences du système nerveux végétatif est double :

- la voie efférente sympathique, d'origine bulbo-spinale, passe par des ganglions situés en bordure de la colonne vertébrale et innerve les parois vasculaires, le tissu cardiaque et la glande médullo-surrénale ;
- la voie efférente parasympathique, d'origine bulbaire, emprunte le trajet du nerf X et innerve le cœur et les parois des vaisseaux.



Doc. 1. Contrôle nerveux de l'activité cardiaque.

➡ Le nerf sympathique innerve aussi la glande médullo-surrénale qui lorsqu'elle est stimulée libère une hormone, l'adrénaline, ayant une fonction cardio-accélératrice.

2 Débit cardiaque et pression artérielle

■ La loi de Hagen-Poiseuille correspond à une application des lois de l'hydraulique au système vasculaire. Selon cette loi, on peut établir une **relation entre le débit cardiaque et la pression**.

$$\Delta P = Q \times R$$

ΔP est la différence des pressions moyennes à l'entrée et à la sortie du réseau considéré. Q est le débit cardiaque (fréquence \times Volume d'éjection systolique). R est la résistance vasculaire.

La pression artérielle dépend donc :

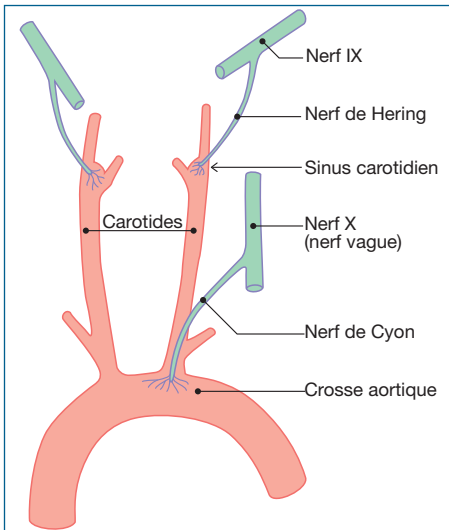
- du débit cardiaque ($Q = \text{Fréquence} \times \text{Volume d'éjection systolique}$) ;
- du diamètre des artérioles (réglable en fonction de la contraction des muscles lisses de la paroi des artères et artérioles) ;
- du volume sanguin.

Lorsqu'il y a une hémorragie, la pression artérielle diminue brutalement. Seule une perfusion sanguine permet un retour à la normale.

Les barorécepteurs sont des terminaisons nerveuses libres et sont situés chez les Mammifères dans les sinus carotidiens, dans le sinus de la crosse aortique et aussi dans la plupart des artères du cou et du thorax.

On a vu qu'après l'effort, la pression artérielle diminue le plus souvent brutalement alors que le rythme cardiaque ne diminue que progressivement. Cette hypotension est détectée par les **barorécepteurs** (récepteurs sensibles aux variations de pression sanguine) du sinus carotidien. Plus la pression augmente dans le sinus carotidien, plus la fréquence des influx par seconde augmente. C'est la variation de la pression sanguine qui constitue le stimulus déclencheur à l'origine du message nerveux qui est codé en un train de signaux de nature électrique.

3 Action du système nerveux sur la pression artérielle



Doc. 2. Innervation de la crosse aortique et des sinus carotidiens.

de ce centre partent deux connections, l'une vers le centre moteur parasympathique (nerf X) et l'autre vers le centre vasomoteur en relation avec la moelle dorsale sympathique.

Comme l'activation de l'une ou de l'autre de ces deux voies dépend de la variation de la pression artérielle et qu'elle est de type réflexe, on dit que l'on a **deux types de réflexes** pour la régulation de la pression artérielle : le réflexe cardioaccélérateur et le réflexe cardiomodérateur. Lorsque l'organisme est en état d'hypotension, les nerfs de Cyon et de Hering transportent vers le bulbe rachidien un message codé sous la forme d'une faible fréquence d'influx nerveux. Il en résultera, au niveau du bulbe, une inhibition du pneumogastrique et une activation du nerf sympathique ce qui provoquera une **accélération du rythme cardiaque** et une vasoconstriction déterminant une augmentation de la pression artérielle.

La régulation de la pression artérielle est un phénomène beaucoup plus complexe où interviennent aussi des hormones. Alors que la voie nerveuse constitue la régulation rapide, la voie hormonale constitue la régulation lente.

Les nerfs intervenant dans la régulation de la pression artérielle sont les nerfs de Cyon et les nerfs de Hering. Ils innervent respectivement la crosse aortique et les sinus carotidiens.

La régulation de la pression artérielle peut se faire soit de manière rapide, soit de manière lente. Par des expériences de section des nerfs de Hering et de Cyon sur un rat on a pu mettre en évidence leur rôle dans le cas d'une régulation rapide de la pression artérielle.

Les nerfs de Cyon et de Hering sont tous les deux sensitifs et modérateurs de la pression artérielle.

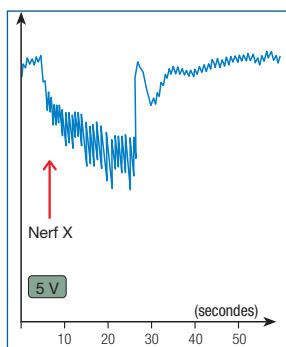
Lorsque la pression artérielle augmente, les barorécepteurs artériels le détectent. Cette variation de pression artérielle constitue une perturbation, message qui est codée en influx nerveux transportés par les nerfs sensitifs de Cyon et de Hering vers le centre bulbaire. De

Lorsque l'organisme est en état d'hypertension, les nerfs de Cyon et de Hering transportent vers le bulbe rachidien un message codé sous la forme d'une forte fréquence d'influx nerveux. Il en résultera, au niveau du bulbe, une activation du pneumogastrique et une inhibition du nerf sympathique ce qui provoquera une **diminution du rythme cardiaque** et une vasodilatation déterminant une baisse de la pression artérielle.

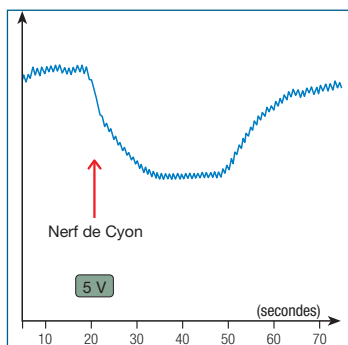
EXERCICE DE SYNTHÈSE

Innervation cardiaque et pression artérielle

Pour comprendre le rôle de l'innervation cardiaque sur la pression artérielle chez un Mammifère, on réalise une expérience chez un lapin. Au cours de cette expérience, on excite le nerf X et le nerf de Cyon.



Doc. 3. Évolution de la pression artérielle chez un lapin à la suite d'une excitation de 5 V appliquée durant 10 secondes sur le nerf X (parasympathique).



Doc. 4. Évolution de la pression artérielle chez un lapin à la suite d'une excitation de 5 V appliquée durant 10 secondes sur le nerf de Cyon (sympathique).

1. Analysez les documents 3 et 4 et précisez le rôle des nerfs X et de Cyon.
2. Concluez en précisant les facteurs contrôlant la baisse de la pression artérielle dans le cas d'une régulation rapide.

CORRIGÉ

1. Document 3. On remarque sur ce tracé qu'une excitation de 5 V appliquée durant 10 secondes sur le nerf X (parasympathique) provoque une baisse de la pression artérielle.

Document 4. On remarque sur ce tracé qu'une excitation de 5 V appliquée durant 10 secondes sur le nerf de Cyon (sympathique) provoque une baisse de la pression artérielle.

2. Dans le cas d'une régulation rapide, les nerfs de Cyon et Hering ont une action modératrice sur la pression artérielle.

1 L'entorse, un accident musculo-articulaire

■ On appelle **entorse** un ensemble de lésions produites par un traumatisme articulaire sans que cela se traduise par une perte permanente de contact entre les surfaces articulaires.

On remarque que l'**articulation** est un système emboîté dans lequel la **synovie** facilite le déplacement relatif des os. On parle d'un **système emboîté et lubrifié**.

■ La synoviale, tissu tapissant l'intérieur des articulations et composé essentiellement de fibres élastiques et de graisse, sécrète le liquide synovial qui lubrifie et nourrit le cartilage. La synovie joue un rôle non seulement mécanique mais aussi de défense contre l'inflammation et les infections.

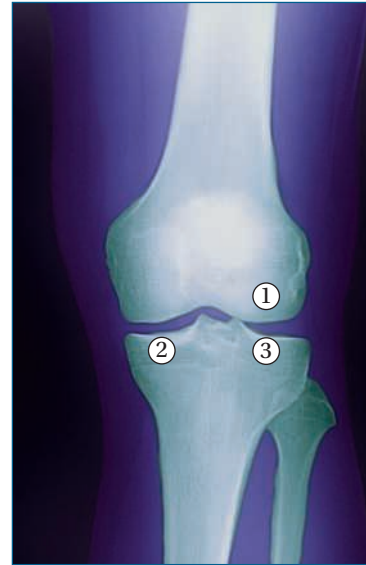
■ Lorsqu'il y a une entorse, les surfaces articulaires ne restent pas bien en contact. Le plateau tibial (②) et (③) est décalé par rapport au condyle interne du fémur (①).

■ Les surfaces articulaires sont maintenues en contact par des **ligaments**, structures tendues d'un os à l'autre et permettant de maintenir le contact entre les surfaces articulaires au cours des mouvements. Ils sont responsables de la stabilité de l'articulation. Lorsque l'un des ligaments a subi une atteinte traumatique, l'entorse apparaît. Cette atteinte traumatique peut aller de la distorsion à la rupture.

Il existe quatre ligaments principaux, deux ligaments croisés en position centrale (**LCA** : ligament croisé antérieur et **LCP** : ligament croisé postérieur), et, de chaque côté, les **ligaments latéraux**, interne et externe. On parle d'entorse bénigne lorsque les ligaments latéraux sont atteints et d'entorse grave lorsque le LCA ou le LCP est atteint.

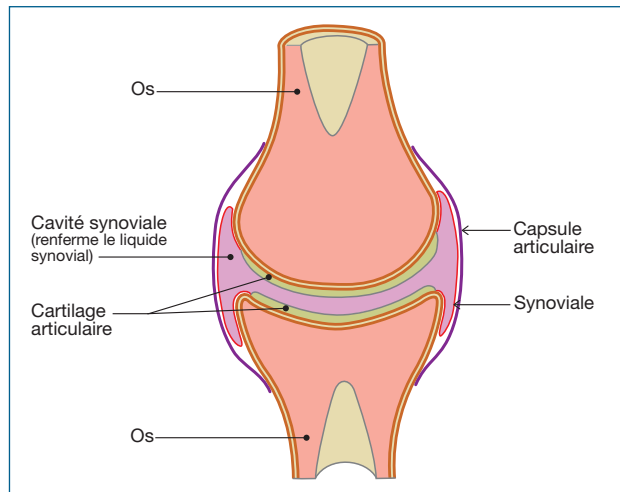
Doc. 2. Cavité synoviale et synovie dans l'articulation.

Dans la capsule articulaire, on trouve un liquide, la synovie qui joue un rôle de lubrifiant.



ph © BSIP / SGO

Doc. 1. Radiographie du genou vu de face.



2 L'origine des accidents musculo-articulaires

A Les différents accidents

■ Un muscle est une structure contractile également constituée d'un tendon. Le tendon est l'élément permettant d'attacher le muscle à l'os. On parle d'**unité tendino-musculaire**, responsable du mouvement des articulations. Lorsqu'un muscle subit un traumatisme, on parle d'**accident musculaire**.

■ Les lésions musculaires présentent différents degrés de gravité :

- l'**élongation**, accident bénin non détectable à l'échographie. C'est l'étirement de quelques fibres musculaires sans qu'il y ait de saignement ;
- la **déchirure ou claquage**, accident douloureux détectable à l'échographie. C'est la rupture d'un certain nombre de fibres musculaires provoquant un hématome dans le muscle ;
- la **rupture** visible au sein du muscle contracté. On voit apparaître une boule dans le muscle contracté.

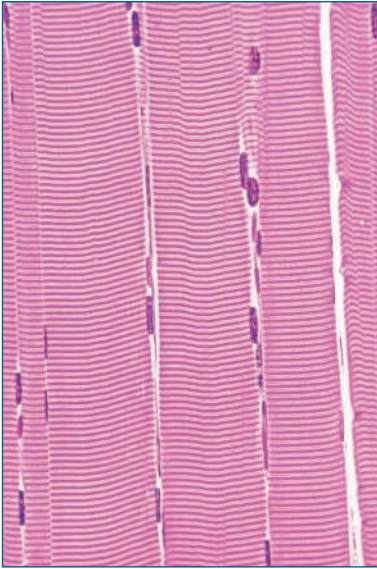
■ Les accidents musculaires peuvent avoir lieu soit dans la partie charnue du muscle, soit à la jonction avec les tendons. Les accidents musculo-articulaire apparaissent donc à la suite de la détérioration du tissu musculaire, des tendons, ou de la structure de l'articulation. Le muscle strié squelettique comme les articulations constituent donc un **système fragile** qu'il est indispensable de protéger pour préserver sa santé.

Ces accidents sont souvent occasionnés par des **exercices musculaires puissants**, au cours desquels ont lieu des chocs directement sur le muscle qui est alors écrasé (ex. : « béquilles » sur la cuisse). Ces accidents surviennent aussi en l'**absence de régulation du mouvement** à l'issue d'un geste brutal. Ces deux causes déterminent l'apparition de lésions sensiblement identiques. Si on fait un geste nécessitant une contraction très puissante au moment où l'unité tendino-musculaire est en plein étirement et à grande vitesse, les deux forces antagonistes, étirement et contraction créent des contraintes à l'intérieur du muscle et ces contraintes dépassent le seuil de résistance de l'unité tendino-musculaire. C'est ce qui provoque des **lésions** par la déchirure graduelle à complète des structures contractiles.

B Organisation des muscles striés squelettiques

■ Les muscles sont les principaux organes effecteurs du mouvement. On distingue plusieurs types de muscles possédant des fonctions différentes. Ces sont les muscles striés et les muscles lisses. Parmi les muscles striés, on trouve les muscles squelettiques et le muscle cardiaque.

■ Un muscle strié est constitué de nombreuses cellules musculaires. Ces cellules musculaires possèdent de très nombreuses myofibrilles formées de **myofilaments** fins assurant la contraction. Si on observe au microscope optique ou photonique un morceau de muscle coupé longitudinalement, on peut voir des cellules très longues et allongées comportant des bandes sombres et des bandes claires (documents 3). Les noyaux sont placés à la périphérie (document 3). Les bandes sombres correspondent aux myofilaments épais (myosine) et les bandes claires à des myofilaments fins (actine). Au centre des bandes claires on distingue une ligne plus sombre correspondant aux disques Z.



Doc. 3. Fragments de cellules musculaires squelettiques observées au microscope photonique.

Les bandes sombres correspondent aux myofilaments épais (myosine) et les bandes claires à des myofilaments fins (actine). Au centre des bandes claires on distingue une ligne plus sombre correspondant aux disques Z.

3 Pratiquer une activité physique en préservant sa santé

■ Quatre muscles sont l'objet de 90 % des accidents musculaires. Ce sont le **quadriceps** (situé sur le devant de la cuisse), les **ischio-jambiers** (situés en arrière de la cuisse), les **adducteurs** (situés en dedans de la cuisse) et le **jumeau interne** (situé au niveau du mollet). Ces muscles peuvent développer beaucoup de force tout en ayant des possibilités d'étirement réduites.

Dans les sports mobilisant les membres inférieurs (football, handball, course de vitesse, etc.), il y a souvent de nombreuses accélérations ou des sauts qui, dans certaines situations, peuvent être à l'origine d'accidents du système musculo-articulaire.

■ Dans le but d'améliorer les performances, certains sportifs absorbent des substances afin d'augmenter artificiellement leurs capacités physiques ou de diminuer leurs temps de récupération. C'est le **dopage**, conduite à risque pouvant avoir des conséquences très graves sur la santé. Certains produits augmentent la force et la puissance musculaire, d'autres améliorent l'oxygénation ou permettent aux sportifs de se dépasser en diminuant la sensation de fatigue.

- Le **cannabis** est un produit dopant car il masque la douleur et la fatigue. Lors de l'entraînement, il provoque une diminution de la concentration, de l'attention, de la coordination et de la motricité. En masquant la fatigue et en diminuant la coordination des mouvements, il augmente le risque que surviennent des accidents musculo-articulaires.
- Les **stéroïdes anabolisants** comme la testostérone ont de nombreux effets secondaires dont des lésions musculo-tendineuses.
- Des **anesthésiques locaux** (procaïne, lidocaïne, tétracaïne...) utilisés lors d'infiltrations peuvent aussi avoir des effets secondaires comme le masquage du signal physiologique pouvant être à l'origine d'accidents musculo-tendineux ou articulaires.

FRANÇAIS

Langue et outils du discours

1. L'énonciation..... 226
2. La phrase et le verbe 230
3. Le lexique et les figures de style..... 238
4. Les registres 245

Les objets d'étude

5. Le roman et la nouvelle au XIX^e siècle 252
6. La tragédie et la comédie au XVII^e siècle 263
7. La poésie du XIX^e au XX^e siècle : du romantisme au surréalisme 274
8. L'argumentation aux XVII^e et XVIII^e siècles..... 287

N. B. : Les dates figurant après les titres des œuvres citées sont celles de leur publication.

FRANÇAIS



ON APPELLE ÉNONCIATION l'action de produire un message. Ce dernier varie selon la situation : il dépend en effet de celui qui parle, de son destinataire, du lieu et du moment où les paroles sont prononcées.

1 Les indices d'énonciation

Dans un énoncé, les indices d'énonciation sont les mots qui font référence à la situation d'énonciation.

A Indices personnels et indices spatio-temporels

■ On distingue :

- les **indices personnels** qui font référence au **locuteur**, ou émetteur de l'énoncé, tels que les marques de la 1^{re} personne : pronoms personnels (*je, me, moi, nous*), déterminants et pronoms possessifs (*mon, notre, la mienne, les nôtres...*) ;
- les indices personnels qui font référence au **destinataire**, ou récepteur de l'énoncé, tels que les marques de la 2^e personne : pronoms personnels (*tu, te, toi, vous*), déterminants et pronoms possessifs (*ton, votre, les tiens, la vôtre...*) ;
- les **indices spatio-temporels** qui font référence au lieu et au moment de l'énonciation : *ici, là-bas, maintenant, hier, demain...*

■ Les temps du présent, du passé composé et du futur constituent également des marqueurs temporels de la situation d'énonciation.

B Définir la situation d'énonciation

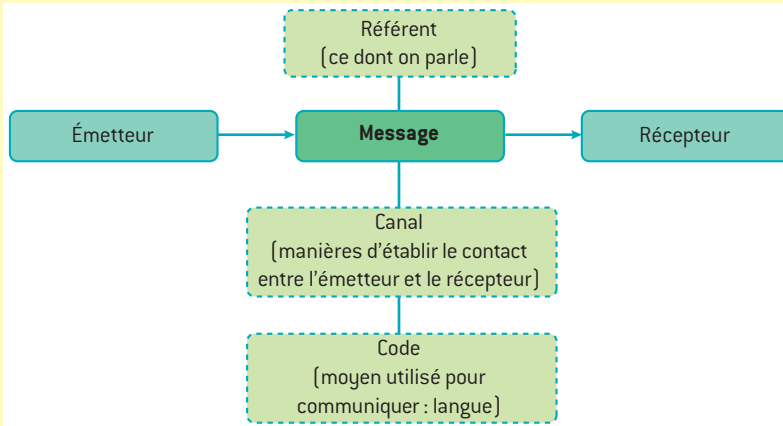
Les indices d'énonciation relevés dans un texte permettent de comprendre la situation d'énonciation, puisque, grâce à eux, on peut répondre aux questions : « Qui parle ? », « À qui ? », « Quand ? », « Où ? ». Prenons un exemple.

« En traçant ces derniers mots, ce 16 novembre 1841, ma fenêtre, qui donne à l'ouest sur les jardins des Missions étrangères, est ouverte : il est six heures du matin ; j'aperçois la lune pâle et élargie ; elle s'abaisse sur la flèche des Invalides à peine révélée par le premier rayon de l'Orient ; on dirait que l'ancien monde finit, et que le nouveau commence. »

François-René de Chateaubriand, *Mémoires d'outre-tombe* (1848).

Qui parle ? Le locuteur est ici Chateaubriand qui rédige ses mémoires au crépuscule de sa vie (indices dans le texte : « ma », « j' »). **À qui ?** Il s'adresse à ses lecteurs dont la présence est implicite (pas de marque de la 2^e personne). **Quand et où ?** Le moment et le lieu de l'énonciation sont explicitement indiqués dans le texte (voir les mots soulignés et l'utilisation du présent de l'énonciation).

Le schéma de Jakobson ou les éléments de base de communication



Pour le linguiste Jakobson (1896-1982), toute situation de communication (et donc toute situation d'énonciation) comporte trois éléments : un **émetteur**, un **récepteur** et un **message qui porte sur un référent**.

Pour qu'il puisse y avoir communication, l'émetteur et le récepteur ont besoin d'un **canal** (voix, écriture, gestes) et ils doivent aussi disposer d'un **code** commun, par exemple la même langue.

2 Les deux types d'énoncé

A Les énoncés de type « discours »

■ Le texte de Chateaubriand (voir p. 226) est un énoncé de type « discours » ; on parle aussi d'un énoncé « ancré » dans la situation d'énonciation.

- Qu'est-ce qui caractérise ce type d'énoncé ?
 - Les marques de la **1^{re} personne** (éventuellement de la 2^e personne).
 - Le recours privilégié au **présent d'énonciation** et au passé composé.
 - L'emploi d'**adverbes de lieu ou de temps**, comme *ici* ou *maintenant*.

B Les énoncés de type « récit »

■ Un énoncé de type « récit » ne fait **aucune référence à la situation dans laquelle il a été produit** ; on parle aussi d'un énoncé « coupé » de la situation d'énonciation.

- Qu'est-ce qui caractérise ce type d'énoncé ?
 - L'emploi prédominant de la **3^e personne**.
 - L'utilisation comme temps de base du **passé simple** (quand il s'agit d'un récit) ou du présent de vérité générale (dans des textes explicatifs).

« Le Bûcheron se mit à couper du bois et ses enfants à ramasser les broutilles¹ pour faire des fagots. Le père et la mère, les voyant occupés à travailler, s'éloignèrent d'eux insensiblement, et puis s'enfuirent tout à coup par un petit

⚡ Dans un énoncé de type « récit », le narrateur s'efface derrière son récit.

sentier détourné. Lorsque les enfants se virent seuls, ils se mirent à crier et à pleurer de toute leur force. »

Charles Perrault, « Le Petit Poucet », *Histoires ou Contes du temps passé* (1697).

1. *Broutilles* : petites branches.

3 Les marqueurs subjectifs

A Les modalisateurs

■ Les modalisateurs sont des termes exprimant le **degré d'adhésion du locuteur à son énoncé**, de la certitude au doute. Selon le cas, le locuteur recourt :

- à des adverbes d'opinion (*certainement, probablement, sans doute, peut-être...*) ;
- à des verbes ou des adjectifs tels que *croire, douter* ; *certain, possible...* ;
- au subjonctif ou au conditionnel employé avec une valeur modale ;
- à un procédé typographique comme les guillemets ou l'italique pour mettre à distance le terme utilisé...

« Nous osons croire, à l'honneur du siècle où nous vivons, qu'il n'y a point dans toute l'Europe un seul homme éclairé qui ne regarde la tolérance comme un droit de justice, un devoir prescrit par l'humanité, la conscience, la religion ; une loi nécessaire à la paix et à la prospérité des États. »

Voltaire, « Avertissement », *Traité sur la tolérance* (1763).

B Les marques de jugement ou d'émotion

Les marques de jugement ou d'émotion sont des termes exprimant un sentiment ou un jugement de valeur du locuteur. Selon le cas, il s'agit :

- de compléments du type *selon moi, d'après nous...* ;
- de termes relevant d'un lexique mélioratif ou dépréciatif ;
- de types de phrase expressive (en particulier, la phrase exclamative) ;
- de figures de style : comparaisons, parallélismes, antithèses, antiphrases, etc. (voir p. 240).

EXERCICES D'ENTRAÎNEMENT

Étudier une situation d'énonciation

EXERCICE 1

Étudiez la situation d'énonciation puis relevez et commentez les marques de subjectivité.

Le 1^{er} novembre 1755, à Lisbonne, un tremblement de terre fait 25 000 victimes. Ce drame révolte Voltaire qui s'insurge contre les philosophes optimistes selon lesquels « tout est bien dans le meilleur des mondes » et qui parviennent ainsi à justifier la catastrophe.

Direz-vous, en voyant cet amas de victimes :

« Dieu s'est vengé, leur mort est le prix de leurs crimes ? »

Quel crime, quelle faute ont commis ces enfants
Sur le sein maternel écrasés et sanglants ?

5 Lisbonne, qui n'est plus, eut-elle plus de vices
Que Londres, que Paris, plongés dans les délices ?
Lisbonne est abîmée¹, et l'on danse à Paris. [...]
Croyez-moi, quand la terre entrouvre ses abîmes,
Ma plainte est innocente et mes cris légitimes.

Voltaire, *Poème sur le désastre de Lisbonne* (1756).

1. *Abîmée* : précipitée dans un abîme, engloutie.

EXERCICE 2

Ce texte est-il ironique ? Justifiez votre réponse.

Le roi de France est le plus puissant prince de l'Europe. Il n'a point de mines d'or comme le roi d'Espagne son voisin ; mais il a plus de richesses que lui, parce qu'il les tire de la vanité de ses sujets, plus inépuisable que les mines. On lui a vu entreprendre ou soutenir de grandes guerres, n'ayant d'autres fonds que des titres d'honneur à vendre, et, par un prodige de l'orgueil humain, ses troupes se trouvaient payées, ses places munies¹, et ses flottes équipées.

Montesquieu, *Lettres persanes*, lettre XXIV (1721).

1. *Munies* : fortifiées.

CORRIGÉ

EXERCICE 1

■ **Situation d'énonciation** : c'est peu après le tremblement de terre de Lisbonne que Voltaire prend sa plume pour crier son indignation. Par le jeu des pronoms (« vous », « moi »), des questions « Direz-vous... » et des impératifs « Croyez-moi... », le philosophe interpelle ses adversaires, les philosophes optimistes.

■ **Marques de subjectivité** : Voltaire dénonce avec véhémence l'injustice profonde qui se cache derrière cette catastrophe. Son indignation transparaît à travers différents marqueurs subjectifs :

- les phrases interrogatives qui soulignent le scandale que constitue ce désastre ;
- un lexique qui éveille la compassion du lecteur ;
- l'antithèse entre Lisbonne détruite et Londres et Paris, épargnés malgré leur immoralité.

EXERCICE 2

■ Ce texte est effectivement ironique. Il **semble faire l'éloge** de la puissance du roi de France mais c'est **pour mieux la dénoncer**. La richesse du roi de France n'est fondée que sur la vanité de ses sujets. Les mots et expressions positifs - « plus puissant », « plus de richesses », « plus inépuisable », « de grandes guerres », « prodige » - sont immédiatement dépréciés par les termes « vanité », « à vendre », « orgueil humain ».

■ Avec l'ironie qui le caractérise, Montesquieu dénonce conjointement la vanité des Français et une royauté française en pleine décomposition, qui tire son principal revenu de la vente de titres de noblesse.



Voltaire reviendra sur cet événement du tremblement de terre de Lisbonne dans une autre de ses œuvres, *Candide* (1759).



DÉLIMITÉE À L'ÉCRIT par une majuscule et une ponctuation forte, une phrase constitue un énoncé structuré et complet. Elle est généralement construite autour d'un verbe, qui peut varier selon différents paramètres (la personne et le nombre du sujet, le mode, le temps, la voix).

1 La phrase : construction, modalités et rythme

A La construction d'une phrase

a. Phrase simple et phrase complexe

■ Une phrase est généralement construite **autour d'un verbe**. Quand elle est construite autour d'un autre mot (un nom, un adjectif), on parle de phrase non verbale.

Le roman Germinal d'Émile Zola raconte l'échec du mouvement des mineurs. (phrase verbale)

Le récit d'un échec. (Phrase non verbale : dans ce cas, la phrase est construite autour d'un nom, on parle de phrase nominale.)

■ Une phrase verbale simple ne comporte qu'**une seule proposition**. Elle se réduit à un verbe conjugué, son sujet et un ou plusieurs compléments.

[Étienne Lantier, le héros du roman Germinal, est obligé de quitter la mine.]

■ Une phrase verbale complexe comporte **au moins deux propositions**.

On parle de **parataxe** lors d'une succession de propositions juxtaposées ; celle-ci peut créer un effet d'accélération.

• Une phrase complexe peut être composée de propositions indépendantes **juxtaposées**, c'est-à-dire séparées par un signe de ponctuation (virgule, point-virgule ou deux-points), ou **coordonnées** par une conjonction, voire un adverbe.

Voici deux exemples de phrases inspirées librement de *Germinal* :

[Sous les pieds d'Étienne, les coups profonds des rivelaines continuaient] ; [ses camarades étaient tous là.] (juxtaposition)

[Sous les pieds d'Étienne, les coups profonds des rivelaines continuaient] car [ses camarades étaient tous là.] (coordination)

• D'autres phrases complexes contiennent une ou plusieurs propositions **subordonnées** qui dépendent d'une proposition **principale**.

Une proposition subordonnée peut être, selon la nature du mot qui l'introduit :

- **relative** (le mot subordonnant est un pronom relatif : *qui, que, dont, où, lequel, auquel...*) ;

« N'était-ce pas la Maheude, sous cette pièce de betteraves, l'échine cassée, [dont le souffle montait si rauque, accompagné par le ronflement du ventilateur] ? »

Émile Zola, *Germinal* (1885).

– **conjonctive** (le mot subordonnant est une conjonction de subordination : *que, quand, lorsque, parce que, si, si bien que...*) ;

« Depuis une heure, il avançait ainsi, [lorsque sur la gauche à deux kilomètres de Montsou, il aperçut des feux rouges, trois brasiers brûlant au plein air, et comme suspendus.] » *Ibidem*.

– **interrogative indirecte** (le mot subordonnant est l'adverbe interrogatif *si* ou un autre mot interrogatif : *qui, quand, où, comment, quel, ce que...*).

b. Les connecteurs logiques

■ Les connecteurs logiques ont pour rôle, au sein d'un texte, d'**expliquer les liens logiques** entre deux propositions, deux phrases, deux paragraphes. Leur analyse dans un texte argumentatif facilite la mise en évidence du schéma argumentatif ; leur utilisation à bon escient dans un devoir permet d'aider le lecteur à suivre votre raisonnement.

■ On peut classer les connecteurs logiques selon la relation logique exprimée et selon leur nature grammaticale.

	Conjonctions de coordination et adverbess de liaison	Conjonctions de subordination
Addition	et, aussi, également, de plus, par ailleurs, en outre	sans compter que, d'autant plus que
Conclusion	finalement, en somme, en résumé, pour conclure, enfin	
Cause	car, en effet	comme, parce que, puisque, du fait que, étant donné que
Conséquence	donc, c'est pourquoi, par conséquent, ainsi, aussi	de (telle) sorte que, si bien que, au point que, de façon que
But		pour que, afin que, de peur que
Opposition	mais, or, cependant, pourtant, néanmoins, en revanche	tandis que, alors que, au lieu que
Concession		bien que, quoique, même si
Hypothèse		si, au cas où, à la condition que, pourvu que
Comparaison	ainsi, de même	comme, ainsi que, de même que, comme si

B La phrase dans le discours

a. Les modalités de la phrase

■ Dans la phrase **déclarative, ou assertive**, le locuteur présente l'énoncé comme certain.

À Toulon, le forcené a été abattu par la police.

■ Dans la phrase **interrogative**, il pose une question, demande une information.

Un forcené a-t-il été abattu par la police à Toulon ?

■ Dans la phrase **exclamative**, le locuteur exprime un sentiment fort ou une émotion telle que l'indignation, l'étonnement, le bonheur...

Un forcené a été abattu par la police à Toulon ; quelle horreur !

■ Dans la phrase **impérative ou injonctive**, il formule un ordre ou une interdiction.

Que le forcené soit abattu par la police !

b. Les formes de phrase

■ Une phrase **négative** se caractérise grammaticalement par la présence de la négation *ne*. Cet adverbe est associé le plus souvent – sous forme de locution – avec un autre mot négatif : *pas, plus, jamais, ni... ni, personne, rien*.

■ La forme **passive** permet de mettre en valeur l'objet de l'action.

👉 Dans la phrase passive, le COD de la phrase active est devenu sujet, tandis que le sujet s'est transformé en complément d'agent.

Zola oppose le malheur des ouvriers au bonheur qu'apporteront les révolutions. (phrase de forme active)

→ Le malheur des ouvriers est opposé au bonheur qu'apporteront les révolutions. (phrase de forme passive)

■ La forme **emphatique** se caractérise par la mise en valeur d'un mot ou d'un groupe de mots.

Les camarades tapaient encore. La campagne était grosse de cette rumeur par cette matinée de jeunesse. (phrases de forme neutre, inspirées librement de *Germinal*)

→ *Encore, encore, les camarades tapaient. Par cette matinée de jeunesse, c'était de cette rumeur que la campagne était grosse.* (phrases de forme emphatique, inspirées librement de *Germinal*)

C Le rythme de la phrase

Toute phrase possède un rythme particulier, selon le cas, rapide ou lent, fluide ou saccadé, qui met en valeur les idées ou les sentiments exprimés par le locuteur. Ce rythme est imprimé par la structure de la phrase (voir p. 230). Certains procédés permettent cependant de renforcer l'expressivité du rythme de la phrase.

👉 Si l'énumération produit une impression d'insistance, voire d'excès, elle devient une accumulation.

■ **L'énumération** se traduit par une succession de mots ou de groupes de mots de même nature et de même fonction grammaticales.

Quand elle est ordonnée, il s'agit d'une **gradation** (ascendante ou descendante). C'est le cas dans la célèbre réplique d'Harpagon découvrant le vol de sa cassette :

« Je me meurs, je suis mort, je suis enterré. »

Molière, *L'Avare* (1668).

Les trois propositions créent une gradation comique. Molière tourne ainsi en dérision ce personnage obsédé par l'argent.

■ Une phrase organisée clairement en deux ou trois groupes de mots présente, selon le cas, un **rythme binaire** (deux groupes) ou **ternaire** (trois).

« C'était à Mégara, faubourg de Carthage, dans les jardins d'Hamilcar. »

Gustave Flaubert, *Salammbô* (1862).

Le rythme ternaire de cette phrase s'appuie sur la succession des noms propres et le retour du son [a], ou assonance. Il confère à ce début de roman solennité et majesté.

2 Le verbe : modes et temps

A Les modes

a. Les modes personnels

■ À l'**indicatif**, l'action est présentée comme réelle ou sur le point de se réaliser.

Ils ont fait un très beau voyage.

■ Au **subjonctif**, l'action appartient au domaine du virtuel, voire de l'irréel.

On retiendra qu'on emploie ce mode :

– dans les propositions indépendantes et principales pour marquer l'ordre, le souhait ou l'indignation ;

Puissent-ils voyager dans de bonnes conditions !

– dans les propositions subordonnées introduites par *que*, complétant un verbe exprimant une nécessité, une possibilité (*il se peut que...*), une volonté (*il veut que...*), un sentiment (*il craint que...*), un doute (*il doute que...*) ;

– dans les subordonnées circonstancielles de temps introduites par *avant que* et *jusqu'à ce que*, les subordonnées de but (*afin que, pour que...*), de concession (*quoique, bien que...*).

■ À l'**impératif**, l'action fait l'objet d'un ordre ou d'une interdiction.

N'oubliez pas mes recommandations.

■ Dans les emplois modaux du **conditionnel**, l'action est présentée comme dépendant d'une condition.

Si nous pouvions l'aider, nous le ferions bien volontiers.

b. Les modes impersonnels

Les trois modes impersonnels n'ont pas la même valeur dans la phrase.

■ L'**infinitif** permet au verbe de fonctionner comme un **nom**.

Nous souhaitons partir en Asie.

Cependant, il garde une pleine fonction de verbe lorsqu'il est le noyau :

– d'une proposition indépendante ;

Et tous d'applaudir. (= Tous, ils applaudirent.)

– d'une proposition infinitive.

Il observe les avions décoller (= que les avions décollent).

■ Le **participe** permet au verbe de fonctionner comme un **adjectif**.

Nous recherchons un guide parlant la langue du pays.

Mais il garde une pleine fonction de verbe lorsqu'il est le noyau d'une proposition participiale.

Tous ses amis étant partis, il éprouva un sentiment de solitude.

(= Après que tous ses amis furent partis...)

■ Le **gérondif**, quant à lui, a le rôle d'un **adverbe** complément circonstanciel.

En marchant, il réfléchissait.



Le conditionnel a aussi une valeur temporelle de futur dans le passé : *Je ne savais pas alors qu'il reviendrait quelques années plus tard.*

B Les temps de l'indicatif

a. Les temps simples

■ Le présent

- En général, il indique que l'état ou l'action décrits se déroulent au moment de l'énonciation. On parle de présent d'**énonciation**.

« Ma protestation enflammée n'est que le cri de mon âme. »

Émile Zola, « J'accuse », *L'Aurore* (13 janvier 1898).



Si vous pouvez mettre au passé simple des verbes au présent sans modifier en rien le sens du texte, il s'agit de verbes au présent de narration.

- Le présent de **vérité générale** exprime un fait vrai de tout temps. *Deux et deux font quatre.*
- Dans un récit au passé, le présent de **narration**, ou présent historique, permet d'actualiser, de rendre plus vivante une scène importante.

■ Le passé simple

Il présente l'action comme appartenant à un **passé révolu**. C'est, par excellence, le temps du récit : il permet de rapporter les actions successives qui constituent la trame de l'histoire.

« Gavroche [...] resta assis sur son séant, un long filet de sang rayait son visage, il éleva ses deux bras en l'air, regarda du côté d'où était venu le coup, et se mit à chanter. »

Victor Hugo, *Les Misérables* (1862).

■ L'imparfait

- Dans un récit, il sert à **évoquer les circonstances secondaires**, à **décrire** les personnages, les lieux, les objets ou à **commenter** l'action principale qui est, elle, au passé simple.

« Lucile était grande et d'une beauté remarquable, mais sérieuse. Son visage pâle était accompagné de longs cheveux noirs. »

François-René de Chateaubriand, *Mémoires d'outre-tombe* (1848).

« J'étais sur le balcon à travailler au frais,
Lorsque je vis passer sous les arbres d'auprès
Un jeune homme bien fait, qui rencontrant ma vue,
D'une humble révérence aussitôt me salue. »

Molière, *L'École des femmes*, II, 5 (1662).

- L'imparfait peut également évoquer un fait qui s'est **répété** dans le passé (aspect itératif).

Souvent, elle me regardait avec mélancolie.

■ Le futur

- Le futur catégorique présente l'**événement à venir comme certain**.
- Le futur peut aussi avoir une **valeur d'ordre**, d'impératif. *Tu ne tueras point.*
- Le futur historique crée l'illusion que les **actions passées sont présentées par anticipation**.

Louis XVI aura la tête coupée le 21 janvier 1793.

b. Les temps composés

Ils sont formés de deux éléments à la voix active : l'auxiliaire *être* ou *avoir*, suivi du participe passé du verbe conjugué.

Temps simple	Temps composé
Présent : il aime	Passé composé : il a aimé
Imparfait : il aimait	Plus-que-parfait : il avait aimé
Passé simple : il aima	Passé antérieur : il eut aimé
Futur simple : il aimera	Futur antérieur : il aura aimé

■ Tandis que le temps simple montre l'action en cours de déroulement (aspect inaccompli),

Ce soir-là, le guitariste jouait devant une salle comble.

le temps composé correspondant la présente comme accomplie.

Ce soir-là, le guitariste avait joué devant une salle comble.

■ Cette opposition explique qu'associé dans une phrase avec un verbe au temps simple correspondant, le verbe au temps composé marque l'**antériorité par rapport au temps simple**.

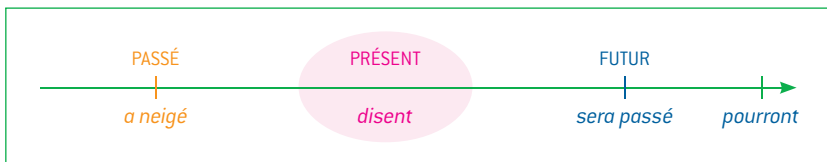
c. Les deux systèmes de temps

Selon le type d'énoncé (voir chapitre 1, p. 227), on n'utilise pas le même « système » de temps.

■ Dans un **énoncé faisant référence à la situation d'énonciation** :

- le moment de référence est le présent du locuteur et le temps de base est donc le **présent** (présent d'énonciation) ;
- une action antérieure au moment de référence est au **passé composé** ou à l'imparfait ;
- une action postérieure est au **futur** (simple ou antérieur, selon que l'action est accomplie ou non).

Comme il a neigé, les habitants disent qu'ils ne pourront descendre à la ville que lorsque le chasse-neige sera passé.



■ Dans un **énoncé qui ne fait pas référence à la situation d'énonciation** :

- les temps de base sont le **passé simple** et l'imparfait ;
- une action antérieure à celles exprimées au passé simple est au **plus-que-parfait** ;
- une action postérieure est au **futur du passé** (simple ou antérieur).

Comme il avait neigé, les habitants disaient qu'ils ne pourraient descendre à la ville que lorsque le chasse-neige serait passé.



EXERCICES D'ENTRAÎNEMENT

Étudier la phrase et ses verbes

EXERCICE 1

Analysez la structure des phrases composant ce portrait de Ménélaque. Qu'en concluez-vous ?

Ménélaque est un grand distrait.

Il cherche, il brouille, il crie, il s'échauffe, il appelle ses valets l'un après l'autre, on lui perd tout, on lui égare tout ; il demande ses gants qu'il a dans ses mains. [...] Il entre à l'appartement, et passe sous un lustre où sa perruque s'accroche et demeure suspendue, tous les courtisans regardent et rient.

Jean de La Bruyère, « De l'homme », *Les Caractères* (1688).

EXERCICE 2

Analysez les temps des verbes soulignés dans le texte qui suit.

Et bientôt, machinalement, accablé par la morne journée et la perspective d'un triste lendemain, je portai à mes lèvres une cuillerée du thé où j'avais laissé s'amollir un morceau de madeleine. Mais à l'instant même où la gorgée mêlée des miettes du gâteau toucha mon palais, je tressaillis, attentif à ce qui se passait d'extraordinaire en moi. Un plaisir délicieux m'avait envahi, isolé, sans la notion de sa cause. [...] Ce goût, c'était celui du petit morceau de madeleine que le dimanche matin à Combray (parce que ce jour-là je ne sortais pas avant l'heure de la messe), quand j'allais lui dire bonjour dans sa chambre, ma tante Léonie m'offrait après l'avoir trempé dans son infusion de thé ou de tilleul. »

Marcel Proust, *Du côté de chez Swann* (1913).

EXERCICE 3

Analysez les modes des verbes soulignés.

Puissent tous les hommes se souvenir qu'ils sont frères ! Qu'ils aient en horreur la tyrannie exercée sur les âmes, comme ils ont en exécration le brigandage qui ravit par la force le fruit du travail et de l'industrie paisible ! Si les fléaux de la guerre sont inévitables, ne nous haïssons pas, ne nous déchirons pas les uns les autres dans le sein de la paix, et employons l'instant de notre existence à bénir [...] ta bonté qui nous a donné cet instant.

Voltaire, « Prière à Dieu », *Traité sur la tolérance* (1763).

CORRIGÉ

EXERCICE 1

Le passage comprend deux phrases complexes.

Le mode de construction des phrases permet au lecteur de visualiser la scène. La Bruyère offre un portrait qui se donne autant à lire qu'à voir.

■ La construction de la **première phrase**, avec une accumulation de propositions juxtaposées, suggère l'agitation désordonnée et incohérente de Ménélaque. La parataxe accentue efficacement le comique du personnage.

■ La **seconde phrase** comprend elle aussi de nombreux verbes conjugués évoquant les actions successives de Ménélaque et les réactions

qu'elles suscitent mais, cette fois-ci, les propositions sont coordonnées : l'action est présentée sans rupture ; les faits s'enchaînent de façon chronologique et continue.

EXERCICE 2

Les temps des verbes font référence à deux moments différents du passé :

- « portai », « tressaillis », verbes au passé simple, et l'imparfait « c'était », font référence au moment où le narrateur goûte la madeleine et où les souvenirs, ravivés par sa saveur, affluent à sa mémoire ;
- « avait envahi », verbe au plus-que-parfait, fait référence au même moment, avec une valeur d'accompli ;
- « sortais », « allais », « offrait » font, eux, référence à l'enfance du narrateur, c'est-à-dire à l'époque la plus lointaine. Ces imparfaits ont une valeur itérative, ce qui conduit à analyser la scène comme un rituel.

EXERCICE 3

■ Les **indicatifs** « ils sont frères », « si les fléaux de la guerre sont... », « ils ont » et « a donné » ont une valeur de constat.

S'appuyant sur ces faits, Voltaire formule plusieurs vœux au **subjonctif** : « Puissent tous les hommes... », « qu'ils aient en horreur... ».

■ Les **impératifs** (« ne nous haïssons pas », « ne nous déchirons pas », « employons ») sont des appels à la fraternité.




LE LEXIQUE est l'ensemble des mots et expressions d'une langue. Les figures de style leur donnent une force particulière et sollicitent les sens et l'imagination.

1 L'étude du lexique

A Le mot

a. Le sens


■ Chaque mot comporte un **sens objectif** qui correspond à la définition du dictionnaire. On parle dans ce cas de sens **dénoté** ou de **dénotation**. La plupart des mots comportent également un **sens subjectif** qui vient s'ajouter à cette signification objective ; ce sens varie selon l'expérience personnelle, le milieu, la culture du locuteur et selon ce que le locuteur veut évoquer par association. On parle dans ce cas de sens **connoté** ou de **connotation**.

 Le sens propre d'un mot renvoie à son sens premier, concret, alors que le sens figuré renvoie à une image, une idée abstraite.

■ Un mot peut avoir **plusieurs sens dénotés**. On dit alors qu'il est **polysémique**.

■ L'ensemble des différentes acceptions ou significations d'un mot constitue un **champ sémantique**. Ainsi, le mot « bureau », défini dans le dictionnaire

Larousse, compte onze sens. Il peut désigner un meuble, une pièce, un lieu de travail... Ce terme est donc polysémique ; l'ensemble de ces différentes acceptions constitue le champ sémantique de « bureau ».

 La polysémie peut naître de l'emplacement du mot dans la phrase : « un grand homme » ≠ « un homme grand ».

■ Quand le locuteur veut présenter une idée de manière favorable, il utilise des mots **appréciatifs** (laudatifs ou valorisants).

« Mais ce prince était un chef-d'œuvre de la nature. »

Madame de La Fayette, *La Princesse de Clèves* (1678).

À l'inverse, si le locuteur veut se montrer critique à l'égard d'une idée, il utilise un vocabulaire dit **dépréciatif** (péjoratif ou dévalorisant).

« Son air grognon et faux regardant de côté, respirant la platitude avec les supérieurs, la férocité avec les petits. »

Henri de Montherlant, *Le Démon du bien*, © Gallimard (1937).

b. Les niveaux de langue

■ Le niveau de langue familier

Les auteurs y ont recours pour reproduire fidèlement la parole de leurs personnages et ancrer le texte dans la réalité. Toutefois dans les devoirs, ce niveau de langue n'est pas souhaité.

« Et on s'engueule dans le tramway déjà un bon coup pour se faire la bouche. Les femmes sont plus râleuses que les hommes. Pour un billet en resquille, elles feraient stopper toute la ligne. »

Louis-Ferdinand Céline, *Voyage au bout de la nuit*, © Gallimard (1932).

■ Le niveau de langue courant

Un vocabulaire simple et usuel, ainsi que l'emploi du présent ou du passé composé, caractérisent ce niveau de langue.

« Je suis monté dans l'autobus de la Porte Champerret. Il y avait beaucoup de monde, des jeunes, des vieux, des femmes, des militaires. J'ai payé ma place et puis j'ai regardé autour de moi. »

Raymond Queneau, *Exercices de style*, © Gallimard (1947).

■ Le niveau de langue soutenu

La langue est soignée, le vocabulaire recherché et les phrases souvent longues et complexes.

« En lui montrant tour à tour des chimères à langues de feu décorant une potiche [...], les corolles d'un bouquet d'orchidées, un dromadaire d'argent niellé¹ aux yeux incrustés de rubis qui voisinait sur la cheminée avec un crapaud de jade, elle affectait tout à coup d'avoir peur de la méchanceté, ou de rire de la cocasserie des monstres, de rougir de l'indécence des fleurs et d'éprouver un irrésistible désir d'aller embrasser le dromadaire et le crapaud qu'elle appelait : "chéris". »

Marcel Proust, *Du côté de chez Swann* (1913).

1. *Niellé* : incrusté d'émail noir.

B Les réseaux lexicaux

■ On appelle **champ lexical** l'ensemble des mots qui renvoient à une même idée.

« Au carrefour de la rue des Halles, les choux faisaient des montagnes ; les énormes choux blancs serrés et durs comme des boulets de métal pâle ; les choux frisés dont les grandes feuilles ressemblaient à des vasques de bronze ; les choux rouges que l'aube changeait en des floraisons superbes, lie de vin, avec des meurtrissures de carmin et de pourpre sombre. »

Émile Zola, *Le Ventre de Paris* (1873).

Deux champs lexicaux sont repérables : celui des **végétaux** (« choux », « feuille » et « floraisons ») et celui des **couleurs** (« blancs », « pâle », « bronze », « rouges », « lie de vin », « carmin », « pourpre sombre »).

■ Les **synonymes** sont des mots ou des expressions qui ont une signification très voisine et que l'on peut substituer les uns aux autres dans certains énoncés.

effronterie = impertinence = insolence

■ Les **antonymes** sont des mots de sens opposé. On les retrouve dans des figures de style comme l'oxymore, l'antithèse ou le chiasme.

folie ≠ sagesse

■ Les **homonymes** sont des mots qui ont la même forme (sonore ou écrite) mais des sens différents. Une *satire*, par exemple, est un écrit critiquant les travers, les ridicules d'un homme ou d'une chose, et un *satyre* est une divinité mythologique mi-homme, mi-bouc.

■ Les **paronymes** sont des mots dont l'orthographe ou la prononciation sont proches.
personnifier ≠ *personnaliser*

2 Les figures de style

A Les figures d'analogie ou images

■ La **comparaison** permet le rapprochement de deux éléments, le comparé et le comparant, au moyen d'un mot outil (*comme, tel que, ressembler à...*). Elle permet de rendre plus compréhensible une réalité abstraite ou bien elle crée des associations inattendues et poétiques.

« Et le ciel regardait la carcasse superbe
Comme une fleur s'épanouir. »

Charles Baudelaire, « Une charogne »,
Les Fleurs du mal (1857).

La « carcasse superbe » est l'élément comparé, la « fleur » l'élément comparant.

■ La **métaphore** assimile directement le comparé et le comparant, puisqu'il n'y a pas de mot outil pour rapprocher les deux termes. Quand elle est développée par plusieurs termes et sur plusieurs lignes ou vers, il s'agit d'une **métaphore filée**.

« La nature est un temple où de vivants piliers
Laissent parfois sortir de confuses paroles. »

Charles Baudelaire, « Correspondances »,
Les Fleurs du mal (1857).

Il arrive que le comparé soit absent, ce qui rend plus énigmatique l'énoncé.

■ La **personnification** : un objet, une idée ou un animal est évoqué sous les traits d'un être humain.

« [...] des albatros, / [...] indolents compagnons de voyage »

Charles Baudelaire, « L'Albatros », *Les Fleurs du mal* (1857).

■ L'**allégorie** permet de représenter un concept, une idée abstraite, de façon imagée. Souvent, le mot abstrait porte une majuscule.

« Et l'obscur Ennemi qui nous ronge le cœur
Du sang que nous perdons croît et se fortifie ! »

Charles Baudelaire, « L'Ennemi »,
Les Fleurs du mal (1857).

L'« Ennemi » représente le temps qui, tel un vampire, se nourrit de l'homme.

B Les figures d'opposition

■ L'**antithèse** est l'opposition de deux mots ou groupes de mots, insérés dans un parallélisme de construction.

« J'ose dire pourtant que je n'ai mérité
Ni cet excès d'honneur, ni cette indignité. »

Jean Racine, *Britannicus*, II, 3 (1669).

- L'**oxymore** est l'union de termes contradictoires dans un même groupe de mots.

« Ma seule étoile est morte et mon luth constellé
Porte le Soleil noir de la Mélancolie. »

Gérard de Nerval, « El Desdichado », *Les Chimères* (1854).

- Le **chiasme** oppose, en les inversant, les éléments de deux groupes parallèles.

« Tous ces présents, Albine, irritent mon dépit :
[Je vois mes honneurs] [croître] et [tomber] [mon crédit]. »

a b // b a

Jean Racine, *Britannicus*, I, 1 (1669).

C Les figures de substitution

- La **périphrase** consiste à remplacer un mot par une expression qui correspond à sa définition ou qui en est une explication.

« Le Roi des animaux, en cette occasion,
Montra ce qu'il était, et lui donna la vie. »

Jean de La Fontaine, « Le Lion et le Rat »,
Fables (1668).

« Le Roi des animaux » désigne le lion, mais est aussi une allégorie de la monarchie.

- L'**antiphrase** consiste à exprimer une idée par son contraire, dans une intention ironique.

« Les trompettes, les fifres, les hautbois, les tambours, les canons formaient une harmonie telle qu'il n'y en eut jamais en enfer. »

Voltaire, *Candide* (1759).



L'ironie, caractéristique du style de Voltaire, est une arme de dénonciation d'une extrême efficacité. En provoquant le rire, elle permet de mieux critiquer.

Le terme « harmonie » met en évidence le caractère cacophonique et horrible des bruits qui retentissent sur le champ de bataille.

- La **métonymie** remplace un mot par un autre mot avec qui il entretient une relation de voisinage ou de logique (contenant/contenu, cause/effet, artiste/œuvre...).

« Et on va la boire la canette sans mousse ! »

Céline, *Voyage au bout de la nuit*, © Gallimard (1952).

- La **synecdoque** est une espèce de métonymie, qui remplace le tout par la partie.

« Et ce fer que mon bras ne peut plus soutenir. »

Pierre Corneille, *Le Cid*, I, 5 (1637).

D Les figures d'atténuation

- L'**euphémisme** atténue le sens d'un mot en le remplaçant par une expression moins brutale.

« Elle a vécu Myrto, la jeune Tarentine. »

André Chénier, « La Jeune Tarentine »,
Les Bucoliques (éd. posth., 1819).

Le verbe « vivre » au passé composé évoque la mort de Myrto.

■ La **litote** permet de dire moins pour faire entendre davantage. Elle contient souvent une négation.

« J'ose vous dire ici qu'en l'état où je suis,
Peut-être assez d'honneurs environnaient ma vie
Pour ne pas souhaiter qu'elle me fût ravie. »

Jean Racine, *Iphigénie*, IV, 4 (1674).

Iphigénie fait comprendre à son père qu'elle souhaite vivre et exprime ainsi sa révolte envers celui qui veut la sacrifier.

E Les figures d'amplification et d'insistance

■ L'**hyperbole** exagère une idée pour lui donner plus de portée.

« Tout se fait par intrigue et rien par loyauté.
L'Espagne est un égout où vient l'impureté
De toute nation. »

Victor Hugo, *Ruy Blas*, III, 2 (1838).

■ Dans la **gradation**, des termes de force croissante sont énumérés. Le dernier est souvent hyperbolique.

« Ah ! Oh ! Je suis blessé, je suis troué, je suis perforé, je suis administré, je suis enterré. »

Alfred Jarry, *Ubu roi*, IV, 4 (1896).

■ Le **parallélisme** apparaît dans une phrase lorsqu'une construction identique est répétée plusieurs fois. On obtient ainsi un effet de symétrie qui met en évidence une similitude ou une opposition (il s'agit alors d'une antithèse).

« Les uns mouraient sans parler, les autres mouraient en parlant, les autres parlaient en mourant. »

François Rabelais, *Gargantua* (1534).

■ L'**anaphore** est l'emploi répété d'un terme en tête d'un groupe de mots, de phrase. Elle a un pouvoir de persuasion et une valeur rythmique.

« Rome, l'unique objet de mon ressentiment !
Rome, à qui vient ton bras d'immoler mon amant !
Rome, qui t'a vu naître, et que ton cœur adore !
Rome, enfin que je hais parce qu'elle t'honore ! »

Pierre Corneille, *Horace*, IV, 5 (1640).

■ L'**allitération** est la répétition d'un son consonantique.

« Le fleuve à grand bruit roule un flot rapide et jaune,
Le vent trempé en sifflant les brins d'herbe dans l'eau. »

Victor Hugo, « Le Mariage de Roland », *La Légende des siècles* (1859).

■ L'**assonance** est la répétition d'un son vocalique.

« Le printemps maladif a chassé tristement
L'hiver, saison de l'art serein, l'hiver lucide,
Et, dans mon être à qui le sang morne préside,
L'impuissance s'étire en un long bâillement. »

Stéphane Mallarmé, « Renouveau », *Poésies* (1899).

F Les figures de l'omission

■ **L'ellipse** supprime les termes qui seraient nécessaires à une construction complète, mais dont l'absence n'interdit pas la compréhension. Il permet d'accélérer le rythme d'une phrase ou d'alléger celle-ci en évitant une répétition.

« Je t'aimais inconstant, qu'aurais-je fait fidèle ? »

Jean Racine, *Andromaque*, IV, 5 (1667).

■ **L'asyndète** supprime des mots de liaison à l'échelle d'une phrase, d'un groupe de phrases, d'un paragraphe. Cette construction confère à la phrase un rythme enlevé.

« Je suis venu, j'ai vu, j'ai vaincu. »

Jules César, cité par Plutarque,
Vies parallèles (v.100-110).

EXERCICES D'ENTRAÎNEMENT

Étudier le lexique d'un texte

EXERCICE 1

Étudiez le champ lexical auquel le fanatisme est associé. Que peut-on en déduire ?

Lorsqu'une fois le fanatisme a gangrené un cerveau, la maladie est presque incurable. J'ai vu des convulsionnaires¹ qui, en parlant des miracles de saint Pâris, s'échauffaient par degrés malgré eux : leurs yeux s'enflammaient, leurs membres tremblaient, la fureur défigurait leur visage, et ils auraient tué quiconque les eût contredits. Il n'y a pas d'autre remède à cette maladie épidémique que l'esprit philosophique, qui, répandu de proche en proche, adoucit enfin les mœurs des hommes, et qui prévient les accès du mal ; car dès que ce mal fait des progrès, il faut fuir et attendre que l'air soit purifié. Les lois et la religion ne suffisent pas contre la peste des âmes ; la religion, loin d'être pour elle un aliment salu-
5 taire, se tourne en poison dans les cerveaux infectés.

Voltaire, « Fanatisme », *Dictionnaire philosophique* (1764).

1. *Convulsionnaires* : jansénistes qui étaient pris de convulsions (contractions violentes, involontaires et saccadées des muscles) sur la tombe du diacre Pâris, au cimetière de Saint-Médard.

EXERCICE 2

Expliquez par quels moyens stylistiques Céline dénonce la guerre.

Serais-je donc le seul lâche sur la terre ? pensais-je. Et avec quel effroi !... Perdu parmi deux millions de fous héroïques et déchaînés et armés jusqu'aux cheveux ? Avec casques, sans casques, sans chevaux, sur motos, hurlants, en autos, sifflants, tirailleurs, complo-
5 teurs, volants, à genoux, creusant, se défilant, caracolant dans les sentiers, pétaradant, enfermés sur la terre comme dans un cabanon, pour y tout détruire, Allemagne, France et Continents, tout ce qui respire, détruire, plus enragés que les chiens, adorant leur rage (ce que les chiens ne font pas), cent, mille fois plus enragés que mille chiens et tellement plus vicieux ! Nous étions jolis ! Décidément, je le concevais, je m'étais embarqué dans une croisade apocalyptique.

Céline, *Voyage au bout de la nuit*, © Gallimard (1952).

CORRIGÉ

EXERCICE 1

Le fanatisme est associé au **champ lexical de la maladie** qui est représenté tout au long du texte : « gangrené », « maladie », « incurable », « convulsionnaires », « remède », « maladie épidémique », « accès du mal », « peste », « infectés ».

Le vocabulaire, qui est **dépréciatif** puisqu'il renvoie à la maladie, présente le fanatisme comme un fléau qu'il faut absolument éradiquer.

Cette **connotation** montre le caractère éminemment nuisible du fanatisme, sa capacité à altérer et à dégrader la personne. Il apparaît comme un cancer de l'esprit que seul peut empêcher l'esprit philosophique, valorisé ici car présenté comme l'unique moyen de prévenir efficacement cette maladie.

EXERCICE 2

Céline dénonce ici l'horrible absurdité de la guerre.



Contrairement à ce que pourrait laisser croire son nom – un pseudonyme emprunté à sa grand-mère – Céline est un homme. Son style hâché, émotionnel, novateur, en fait l'un des romanciers les plus inventifs du xx^e siècle.

■ Il se fonde essentiellement sur des **procédés ironiques** tournant en dérision cette invention humaine : l'antiphrase « Nous étions jolis ! », perceptible grâce au point d'exclamation, les oxymores (« fous héroïques », « croisade apocalyptique ») ou les nombreuses hyperboles (« cent mille fois plus enragés que mille chiens »).

■ La **gradation** « Allemagne, France et Continents, tout ce qui respire » évoque clairement cette fureur destructrice, qui s'étend, à la manière d'une épidémie, ce que corrobore la métaphore de la rage. Les hommes sont d'ailleurs animalisés, puisqu'ils sont assimilés à des « chiens » ; la guerre a achevé de les déshumaniser.

■ L'ensemble de ces procédés permet à Céline de tisser une **complicité avec le lecteur**, forcé de réagir et susceptible de dénoncer à son tour l'atrocité de la guerre.



UN REGISTRE se définit en fonction des émotions et des réactions qu'un texte suscite. Souvent relié à un genre littéraire, il ne s'y restreint pas pour autant.

1 Le registre tragique

Le but du registre tragique est d'inspirer **terreur et pitié** au lecteur.

a. Un thème privilégié : la fatalité

Forcément présente dans le registre tragique, la fatalité peut se manifester de plusieurs manières : volonté des dieux (l'homme n'est qu'un jouet entre leurs mains), passions (amour, haine, etc.) qui conduisent le héros. Quel que soit le type de fatalité, l'homme en est toujours victime, vaincu au terme d'une lutte héroïque mais inutile.

b. Les éléments caractéristiques

Les critères formels du registre tragique sont multiples.

On distingue :

- le champ lexical de la **fatalité** ;
- les moyens syntaxiques et lexicaux qui montrent que l'homme ne maîtrise plus la situation mais qu'il la subit, tels que la **tournure passive** ;
- la **punctuation expressive** : points d'interrogation et d'exclamation, points de suspension ;
- les **figures d'amplification** : hyperbole, gradation, anaphore ;
- les **figures d'opposition** : antithèse, oxymore, chiasme.

« Je suis une force qui va !
Agent aveugle et sourd de mystères funèbres
Une âme de malheur faite avec des ténèbres !
Où vais-je ? Je ne sais. Mais je me sens poussé
D'un souffle impétueux, d'un destin insensé. »

Victor Hugo, *Hernani*, III, 4 (1830).

Ce texte de Hugo appartient au registre tragique puisque l'on retrouve le champ lexical de la fatalité et du malheur (mots soulignés), la voix passive (« je me sens poussé ») ainsi que la punctuation expressive.

2 Le registre lyrique

Son but est d'exprimer les **sentiments** et les **émotions** du locuteur.

a. Les thèmes récurrents

📌 La poésie lyrique était, dans l'Antiquité, une poésie chantée, initialement accompagnée à la lyre.

Tous les sentiments peuvent être exprimés de façon lyrique. Ce peut être l'amour, l'ennui, l'enthousiasme, la tristesse, la nostalgie, le bonheur, le regret, la mélancolie...

b. Les éléments caractéristiques

Les éléments caractéristiques du registre lyrique sont :

- les marques de la **première** et de la **deuxième personne** : le locuteur se met en scène mais n'hésite pas à apostropher son interlocuteur ;
- le lexique des **sentiments** et des **sensations** ;
- la **ponctuation expressive** : points d'interrogation et d'exclamation, points de suspension ;
- les **images** qui permettent de se représenter les émotions décrites : métaphore, comparaison, allégorie, personnification ;
- les **figures de l'amplification** (hyperbole, gradation, anaphore...) ou de l'opposition (antithèse, oxymore, chiasme...).

« Percé jusques au fond du cœur
D'une atteinte imprévue aussi bien que mortelle,
Misérable vengeur d'une juste querelle,
Et malheureux objet d'une injuste rigueur,
Je demeure immobile et mon âme abattue
Cède au coup qui me tue,
Si près de voir mon feu récompensé,
Ô Dieu ! l'étrange peine ! »

Pierre Corneille, *Le Cid*, I, 6 (1636).

Dans cet extrait appartenant au registre lyrique, on repère la présence de la première personne (« je », « mon »), le champ lexical du chagrin (mots soulignés), la ponctuation expressive, la métaphore de la blessure développée dans les deux premiers vers, ainsi que l'hyperbole « cède au coup qui me tue ».

3 Le registre pathétique

Le but du registre pathétique est d'éveiller la **compassion** du lecteur.

📌 Étymologiquement, le terme « compassion » signifie « souffrir avec ».

a. Les thèmes récurrents

Tous les thèmes abordés sont liés à la **souffrance** d'un individu, qu'elle soit physique ou morale.

b. Les éléments caractéristiques

Parmi les critères propres au registre pathétique, on distingue :

- le champ lexical de la **souffrance**, de la **douleur** ;
- les marques de la **deuxième personne** et les **apostrophes** qui servent à interpeler l'interlocuteur ;
- la **ponctuation expressive** : points d'interrogation et d'exclamation, points de suspension ;
- les **images poignantes** permettant d'émouvoir le lecteur.

« La vue de cette aimable personne, exposée à un si terrible danger, nous remplit de douleur et de désespoir. [...] Tous les matelots s'étaient jetés à la mer. Il n'en restait plus qu'un sur

le pont. [...] Il s'approcha de Virginie avec respect ; nous le vîmes se jeter à ses genoux, et s'efforcer même de lui ôter ses habits ; mais elle, le repoussant avec dignité, détourna de lui sa vue. On entendit aussitôt ces cris redoublés des spectateurs : "Sauvez-la, sauvez-la ; ne la quittez pas !" »

Bernardin de Saint-Pierre, *Paul et Virginie* (1787).

Cet extrait appartient au registre pathétique. On distingue le champ lexical du sentiment (mots soulignés) et les phrases impérative et exclamative fermant l'extrait insistent sur le caractère inacceptable de la disparition de Virginie. Enfin, les marques de la deuxième personne et les apostrophes s'adressent aux marins, comme au lecteur. À cet appel au secours (« Sauvez-la »), le lecteur ne peut qu'être gagné par l'émotion, ici la pitié.

Une scène pathétique



Le Mauvais Fils puni, de Jean-Baptiste Greuze (1765)

Cette scène de genre relève du registre pathétique. Le sujet, en premier lieu, est pathétique : le fils arrive trop tard au chevet de son père puisque celui-ci est déjà mort. D'autres éléments relèvent du registre pathétique, comme la pauvreté (les meubles sont rares et la pièce vétuste) ou la douleur des enfants placés autour du père. Le « mauvais fils » apparaît accablé de chagrin et de remords : il porte une main à sa tête et se frappe la poitrine avec le poing. La mère, un mouchoir à la main, le prend à témoin : son départ a causé la mort de son père.

4

Le registre épique

Le but du registre épique est de célébrer un héros hors du commun, une force, un événement. Ce registre cherche à **impressionner** le lecteur ou le spectateur et à susciter chez lui des sentiments d'**admiration** devant la grandeur des faits racontés.

a. Les thèmes récurrents

Ses thèmes de prédilection sont la lutte entre le héros et un adversaire, le combat du bien contre le mal, de la lumière contre les ténèbres, de l'ordre contre le chaos, etc.

b. Les éléments caractéristiques

Les critères formels du registre épique sont constitués de tous les procédés permettant de grandir le héros, la force, le fait, l'événement dont on parle :

- les champs lexicaux de la **lutte**, du **combat**, indissociables du registre épique ;
- un **vocabulaire valorisant** ;
- les **pluriels** et les **noms collectifs** qui donnent de l'ampleur à la lutte en insistant sur le nombre des combattants, des armes, etc. ;
- les **superlatifs** (*le plus, suprême...*) ;
- les **phrases exclamatives** qui expriment des sentiments d'effroi, d'admiration ;
- **différentes figures** d'opposition, la comparaison et la métaphore, les figures de l'amplification et de l'insistance ;
- les références aux **modèles antiques et mythologiques** (épisode de la Bible, de l'*Iliade*, d'une chanson de geste, etc.).

« Déjà, bien avant l'aube, ils combattaient dans l'ombre. [...] »

C'est le duel effrayant de deux spectres d'airain¹,
Deux fantômes auxquels le démon prête une âme,
Deux masques dont les trous laissent voir de la flamme.
Ils luttent, noirs, muets, furieux, acharnés. »

Victor Hugo, « La Mort de Roland », *La Légende des siècles* (1883-1884).

1. *Airain* : bronze.

Cet extrait appartient au registre épique. On retrouve le champ lexical du combat (« combattaient », « luttent ») ainsi que des métaphores qui assimilent successivement les combattants à « deux spectres d'airain », « deux fantômes », « deux masques ». Quant aux termes « spectres », « fantômes » et « masques », ils insistent sur le caractère inhumain des protagonistes devenus des sortes de machines à tuer. Le poète fait enfin référence à la mythologie : ses personnages semblent sortis des Enfers (« démons », « trous », « laissent voir la flamme »). Le combat est grandi et amplifié dans le sens du terrible et du fabuleux.

5 Le registre polémique

Le registre polémique caractérise des textes le plus souvent **argumentatifs**. Son but est de **combattre** ou de **discrediter** violemment un adversaire ou une situation scandaleuse lors d'un débat d'idées ou d'un conflit qui nécessite l'engagement de l'écrivain.

a. Les thèmes récurrents

Tous les sujets peuvent donner lieu à un discours polémique. Il peut s'agir de valeurs morales, d'un thème de société, d'une œuvre d'art...

b. Les éléments caractéristiques

Les critères formels du registre polémique sont :

- un **lexique dépréciatif** qui peut aboutir à une caricature ;
- les **marques de présence du locuteur** qui s'implique dans le combat qu'il mène ;
- tous les moyens qui permettent au locuteur de **capter l'attention du destinataire** et de le rallier à sa cause : apostrophes, marques de la deuxième personne, questions rhétoriques ;
- tout ce qui relève de l'**amplification** et de l'**opposition** : hyperbole, superlatif, anaphore, antithèse, accumulation ; ces figures introduisent contrastes réducteurs et provocation dans le discours polémique ;

- l'**ironie** est l'un des instruments privilégiés du registre polémique ; elle se détecte grâce à la ponctuation expressive, la connaissance de l'auteur et du contexte dans lequel il écrit, ainsi qu'à des figures de style comme l'antiphrase ou l'oxymore.

L'Inquisition était un tribunal ecclésiastique institué par le pape pour la répression des crimes d'hérésie, des faits de sorcellerie et de magie ; l'usage de la torture et la condamnation à mort y étaient fréquents. Voltaire dénonce l'existence d'une telle institution.

« Au reste, on connaît assez toutes les procédures de ce tribunal ; on sait combien elles sont opposées à la fausse équité et à l'aveugle raison de tous les autres tribunaux de l'univers. On est emprisonné sur la simple dénonciation des personnes les plus infâmes ; un fils peut dénoncer son père, une femme son mari ; on n'est jamais confronté devant ses accusateurs ; les biens sont confisqués au profit des juges : c'est ainsi du moins que l'Inquisition s'est conduite jusqu'à nos jours : il y a là quelque chose de divin ; car il est incompréhensible que les hommes aient souffert ce joug patiemment. »

Voltaire, « Inquisition », *Dictionnaire philosophique* (1764).

Ce texte appartient au registre polémique puisque Voltaire cherche à enrôler le lecteur dans son combat. Il utilise le **pronom indéfini** « on » englobant le locuteur et le lecteur. Le pronom « on » désigne d'abord ceux qui détiennent le savoir puis ceux qui sont des victimes possibles de l'Inquisition (« on n'est jamais confronté »).

Le **lexique** est **dévalorisant** (mots soulignés).

Enfin, Voltaire a recours à l'**ironie** produite par l'antiphrase dans la deuxième phrase ainsi que dans la dernière. Dans le premier cas, il faut comprendre que ce tribunal se caractérise par « la fausse équité » ; dans le second, « il y a là quelque chose de divin » signifie que l'Inquisition est véritablement diabolique et que les hommes sont stupides.

6 Le registre comique

Le registre comique vise à faire **rire** ou **sourire** le lecteur. Il n'y a pas de thèmes de prédilection : tout peut devenir objet de comique.

a. Le comique de mots

Il recourt notamment :


- à des **langages divers** comme le jargon, le patois, les langues étrangères ou prétendues telles, les langages spécialisés (médical, juridique...)
- à l'utilisation d'un **niveau de langue exagérément soutenu ou familier** ;
- au **double langage** ;
- à la **répétition** d'un même terme ou d'une même expression ;
- à l'**exagération** et à la **parodie** (imitation qui détourne les intentions de l'œuvre originale dans le but de se moquer).

« À l'heure où commencent à se gercer les doigts roses de l'aurore, je montai tel un dard rapide dans un autobus à la puissante stature et aux yeux de vache de la ligne S au trajet sinueux. »

Raymond Queneau, « Ampoulé », *Exercices de style*, © Gallimard (1947).

Queneau raconte l'histoire d'un homme qui prend l'autobus, sur le modèle du récit homérique *Illiade*. Le choix volontaire d'un niveau de langue inadapté, du registre épique et des procédés qui le caractérisent produisent un effet de décalage.

b. Le comique lié à la situation

 Le mot « quiproquo » vient du latin médiéval *qui pro quod* signifiant « quelque chose pour quelque chose ». En pharmacie, on employait ce mot pour désigner la substitution d'un médicament à la place d'un autre.

On distingue plusieurs procédés :

- le **quiproquo** qui peut porter sur un personnage, un objet, etc. On croit s'adresser à quelqu'un alors qu'on s'adresse à une autre personne ; ou bien encore, le locuteur et l'interlocuteur croient parler de la même chose tandis qu'ils ont à l'esprit des réalités fort différentes ;
- l'**écart** ou l'**opposition** entre l'attitude, le statut social, le caractère d'un personnage, et la situation peut susciter le rire ;
- la **répétition d'une même situation**, qu'on s'y attende ou non, est source de plaisir et très souvent de comique. La répétition d'une situation permet de mettre en relief certains traits des personnages et d'accentuer leur caractère mécanique ;
- le **retournement de situation** correspond au principe de « l'arroseur arrosé » ;
- les **gestes** peuvent redoubler la parole ou la contredire : mimiques, coups de bâton, chutes, etc.

« HARPAGON. – Approche : viens confesser l'action la plus noire, l'attentat le plus horrible qui jamais ait été commis.

VALÈRE. – Que voulez-vous, Monsieur ?

HARPAGON. – Comment, traître, tu ne rougis pas de ton crime ?

VALÈRE. – De quel crime voulez-vous donc parler ?

HARPAGON. – De quel crime je veux parler, infâme ? Comme si tu ne savais pas ce que je veux dire. C'est en vain que tu prétendrais de le déguiser : l'affaire est découverte, et l'on vient de m'apprendre tout. Comment abuser ainsi de ma bonté, et s'introduire exprès chez moi pour me trahir ? pour me jouer un tour de cette nature ?

VALÈRE. – Monsieur, puisque l'on vous a découvert tout, je ne veux point chercher de détours et vous nier la chose.

MAÎTRE JACQUES. – Oh, oh ! aurais-je deviné sans y penser ?

VALÈRE. – C'était mon dessein de vous en parler, et je voulais attendre pour cela des conjonctures favorables ; mais puisqu'il est ainsi, je vous conjure de ne vous point fâcher, et de vouloir entendre mes raisons.

HARPAGON. – Et quelles belles raisons peux-tu me donner, voleur infâme ?

VALÈRE. – Ah ! Monsieur, je n'ai pas mérité ces noms. »

Molière, *L'Avare* (1668).

Tandis qu'Harpagon accuse Valère, amant de sa fille Élise, de lui avoir volé son argent, le jeune homme pense que le vieil avaro lui reproche d'aimer la jeune fille. De ce quiproquo naît une incompréhension, source de comique.

EXERCICE D'ENTRAÎNEMENT

Étudier le registre d'un texte

Lisez le texte de Racine puis répondez aux questions.

- Quel est le thème de cet extrait ?
- Quelle émotion le texte suscite-t-il chez le lecteur ? Justifiez votre réponse en vous appuyant sur le texte.
- À quel registre ce texte appartient-il ?

THÉSÉE

Ô ciel ! Œnone est morte, et Phèdre veut mourir ?
 Qu'on rappelle mon fils, qu'il vienne se défendre !
 Qu'il vienne me parler, je suis prêt de l'entendre.
 Ne précipite point tes funestes bienfaits,
 5 Neptune ; j'aime mieux n'être exaucé jamais.
 J'ai peut-être trop cru des témoins peu fidèles,
 Et j'ai trop tôt vers toi levé mes mains cruelles.
 Ah ! de quel désespoir mes vœux seraient suivis !

SCÈNE 6

THÉSÉE, THÉRAMÈNE

THÉSÉE

Théramène, est-ce toi ? Qu'as-tu fait de mon fils ?
 10 Je te l'ai confié dès l'âge le plus tendre.
 Mais d'où naissent les pleurs que je te vois répandre ?
 Que fait mon fils ?

THÉRAMÈNE

Ô soins tardifs et superflus !
 Inutile tendresse ! Hippolyte n'est plus.

THÉSÉE

15 Dieux !

THÉRAMÈNE

J'ai vu des mortels périr le plus aimable,
 Et j'ose dire encor, Seigneur, le moins coupable.

THÉSÉE

Mon fils n'est plus ? Hé quoi ! quand je lui tends les bras,
 Les Dieux impatients ont hâté son trépas ?

Jean Racine, *Phèdre*, V, 5 et 6 (1677).

CORRIGÉ

a. Le thème de ce texte est l'annonce à un père de la mort de son fils, mort que le père a lui-même provoquée.

b. Le texte provoque **la terreur et la pitié**.

c. Le registre est donc tragique. Les critères sont nombreux.

■ On trouve le champ lexical de la mort (« mourir », « n'est plus », « périr », « trépas »), de la douleur (« désespoir », « pleurs »), de la fatalité personnifiée par les « Dieux » (« ciel », « Neptune », « dieux impatients »). S'ajoutent les termes (« trop tôt », « tardifs et superflus », « inutile ») qui soulignent l'affreux concours de circonstances dont sont victimes le père et le fils.

■ Les exclamations et les interrogations expressives traduisent l'intensité des émotions des personnages.

Il y a situation tragique si, à la condamnation injuste d'un innocent, s'ajoute le rôle des dieux qui, en exauçant le vœu de Thésée, causent la mort de son fils.



LE RÉCIT est un texte dans lequel un narrateur rapporte des faits réels ou fictifs, ordonnés logiquement sous la forme d'une histoire. Le roman, récit relativement long, souvent complexe, et la nouvelle, récit bref de composition rigoureuse, sont les types de récit les plus utilisés par les écrivains – notamment les écrivains réalistes et naturalistes dans la seconde moitié du XIX^e siècle.

1 Genres et formes du récit

A Les différents types de récit

a. La nouvelle

- La nouvelle privilégie un **cadre spatio-temporel resserré** et un **petit nombre de personnages**. Ceux-ci sont perturbés par un événement ou une crise qui constitue le cœur de la nouvelle.
- La brièveté de la nouvelle exige une structure efficace, qui s'accompagne d'un dénouement inattendu, la **chute**.

b. Le roman

- Le roman désigne initialement la langue parlée durant le Haut Moyen Âge, la langue écrite étant le latin. Il désigne ensuite un **genre littéraire**.
- Plus long que la nouvelle, le roman raconte les **aventures imaginaires** de personnages **inspirés de la réalité**. Le public y trouve donc à la fois un vrai dépaysement et des échos à ses états d'âme ou aux événements de son existence.
- Le roman se veut vraisemblable et cultive une certaine **liberté formelle** pour représenter la vie dans son foisonnement.

B La structure d'un récit

a. Le schéma narratif

Afin de capter et de conserver l'attention du lecteur, le récit comprend plusieurs étapes qui s'enchaînent logiquement.

- La **situation initiale**, souvent définie dans les premières pages du livre ou **incipit**, présente le cadre spatio-temporel et les personnages.
- L'**élément perturbateur** vient bouleverser l'équilibre qui caractérise la situation initiale.

■ Les **péripiétés** sont des actions qui ont des retentissements sur la vie des personnages. Elles constituent le cœur du récit.

■ La **résolution** met un terme aux actions et mène à la situation finale.

■ La **situation finale** constitue un retour à l'équilibre et souligne la réussite ou l'échec des personnages. Elle apparaît dans les dernières pages du roman (**explicit**).

b. L'intrigue

■ Elle peut être **unique** (comme dans une nouvelle) ou **complexe**, quand il s'agit de plusieurs histoires entremêlées.

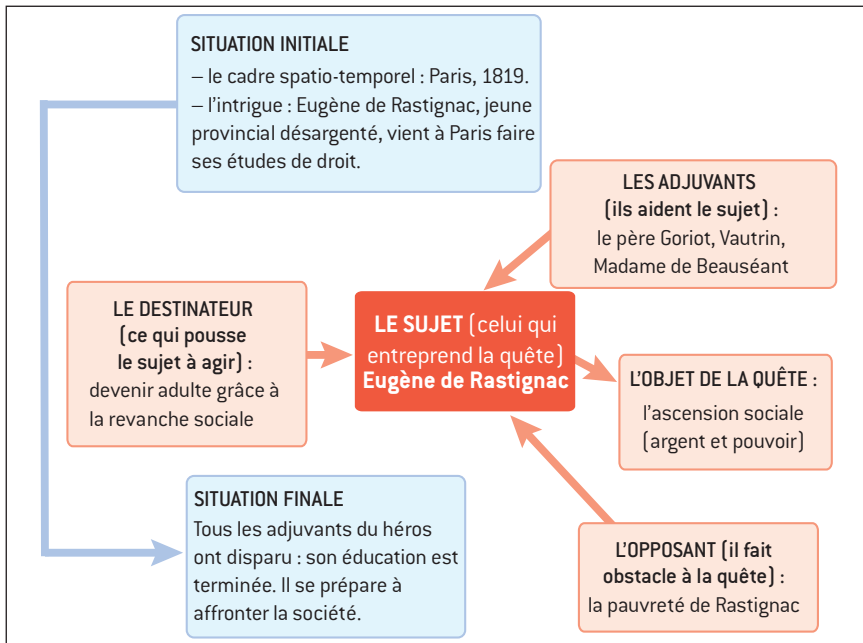
Une intrigue secondaire peut être insérée dans l'intrigue principale quand l'un des principaux personnages intervient pour raconter une histoire annexe. Cette structure, nommée **récits enchâssés**, confère souvent au récit plus de réalisme.

« Là, nous nous assîmes sur un banc à dossier vert, et il commença : "Mon cher, c'est là une histoire qu'il faut chercher déjà loin..." »

Barbey d'Aurevilly, *Le bonheur est dans le crime* (1874).

Le premier narrateur cède la parole au docteur Torty qui devient à son tour narrateur. En s'identifiant au premier narrateur, le lecteur a l'impression que c'est à lui que le docteur Torty s'adresse.

■ Voici l'intrigue du célèbre roman de Balzac, *Le Père Goriot* (1835), résumée à l'aide des **schémas narratif** (seules les situations initiale et finale ont été reproduites) et **actantiel** (il précise les relations qui existent entre les différents actants d'une intrigue).



Eugène de Rastignac est venu à Paris faire des études de droit. Il loge à la pension Vauquer où il fait connaissance du **père Goriot** et d'un ancien bagnard nommé **Vautrin**. Il se fait inviter au bal donné par **Madame de Bauséant**, ce qui lui permet d'entrer dans le beau monde et de commencer son **ascension sociale**. À la fin du roman, après avoir enterré le père Goriot, le héros ambitieux lance un défi à Paris.

C Le narrateur

a. Le statut du narrateur

■ Lorsque le narrateur est **interne** à l'histoire, il apparaît comme personnage de son propre récit. Il peut parfois n'être qu'un simple témoin (voir la nouvelle de Barbey d'Aurevilly, p. 253). Dans tous les cas, le récit est mené à la **1^{re} personne**.

■ Lorsque le narrateur est **extérieur** à l'histoire, cela signifie qu'il n'est pas un personnage de l'histoire, qui est contée à la **3^e personne**.

b. Le point de vue

■ **Le point de vue (ou focalisation) externe.** Le narrateur rapporte l'action, les discours et les attitudes des personnages de façon **neutre**, objective, sans analyse ni réflexion. Il n'a pas accès aux pensées des personnages dont il ne connaît parfois même pas l'identité.

« Deux hommes parurent.

L'un venait de la Bastille, l'autre du Jardin des Plantes. Le plus grand, vêtu de toile, marchait le chapeau en arrière, le gilet déboutonné et sa cravate à la main. Le plus petit, dont le corps disparaissait dans une redingote marron, baissait la tête sous une casquette à visière pointue. »

Gustave Flaubert, *Bouvard et Pécuchet* (éd. posth. 1881).

■ **Le point de vue (ou focalisation) interne.** Le narrateur se glisse dans la conscience d'un personnage et nous décrit ce que celui-ci perçoit et ressent. Ce point de vue est **subjectif**.

« Pauline s'était levée, et debout devant la fenêtre, elle tâchait de voir. Depuis le potager, elle regardait cette fenêtre s'obscurcir, devenir peu à peu d'un noir d'encre. Maintenant, c'était un mur impénétrable, une masse de ténèbres où tout avait sombré, le ciel, l'eau, le village, l'église elle-même. Sans s'effrayer des plaisanteries de son cousin, elle cherchait la mer, elle était tourmentée du désir de savoir jusqu'où cette eau allait monter ; et elle n'entendait que la clameur grandir, une voix haute, monstrueuse, dont la menace continue s'enflait à chaque minute, au milieu des hurlements du vent et du cinglement des averse. »

Émile Zola, *La Joie de vivre* (1883).

La subjectivité prédomine à travers les verbes de perception (soulignés), la métaphore « c'était un mur impénétrable » ou la personnification de la mer assimilée à « une clameur », « une voix haute ».

■ **Le point de vue omniscient (ou focalisation zéro).** Tel Dieu, le narrateur a une vision surplombante qui lui permet de **tout savoir**. Il est susceptible de se promener dans le temps (anticipations, rétrospections), d'être à plusieurs endroits en même temps (**don d'ubiquité**) et de connaître tout sur les personnages. Enfin, il intervient souvent en son nom pour émettre des jugements ou des commentaires.

« Pons dégustait comme une vengeance le verre de vin de Porto, la caille au gratin qu'il avait commencé de savourer, se disant à lui-même :

- Ce n'est que trop payé !

Aux yeux du moraliste, il se rencontrait cependant en cette vie des circonstances atténuantes. En effet, l'homme n'existe que par une satisfaction quelconque. Un homme sans passion, le juste parfait, est un monstre, un demi-ange qui n'a pas encore ses ailes. »

Honoré de Balzac, *Le Cousin Pons* (1846).

Le passage souligné figure le commentaire que le narrateur émet, adoptant la posture du moraliste.

D L'espace et les temps romanesques

a. L'espace

- Les lieux évoqués donnent l'**illusion du réel** et impliquent efficacement le lecteur dans l'histoire.
- Dotés d'une **fonction symbolique**, certains lieux peuvent également révéler les sentiments du héros ou annoncer des événements. Il revient alors au lecteur d'en décrypter le sens.

b. La chronologie

- **L'ordre du récit.** Les faits se suivent généralement, mais le narrateur peut opérer des **anticipations** (projection dans l'avenir) et des **rétropections** (retours dans le passé).
- **Le rythme du récit**
 - La **scène** donne l'illusion d'assister à ce qui est raconté. Il semble y avoir une coïncidence entre le temps de l'histoire et le temps du récit.
 - Des événements peuvent être omis par le narrateur : on parle d'**ellipse**.
 - D'autres peuvent être résumés dans ce que l'on nomme un **sommaire** : le rythme de la narration s'accélère alors.
 - Certains éléments ralentissent le rythme du récit, de sorte que l'action et la narration semblent suspendues. Ils provoquent une **pause** ; c'est le cas de la description. Dans le texte de Balzac ci-dessous, le portrait de Louise (partiellement cité ici) dure bien plus longtemps que le regard jeté par Lucien.

« La file s'arrêta par suite d'un encombrement. Lucien put voir Louise dans sa transformation, elle n'était pas reconnaissable : les couleurs de sa toilette étaient choisies de manière à faire voir son teint ; sa robe était délicate ; ses cheveux arrangés gracieusement lui seyaient bien, et son chapeau d'un goût exquis était remarquable. »

Honoré de Balzac, *Les Illusions perdues* (1837-1843)

E Le personnage

a. La caractérisation du personnage

- La **caractérisation directe** correspond au portrait et à tous les renseignements donnés par le narrateur et les autres personnages.
- La **caractérisation indirecte** est plus implicite puisqu'elle se dégage des actions et des propos du personnage qu'il s'agit d'interpréter.
- Cependant, le personnage est d'abord l'acteur de l'intrigue. Incarnant parfois un **type social**, il peut servir à transmettre la **vision que l'auteur a de la société**.

« La demoiselle portait deux grosses tresses noires et [...], jamais il n'y eut de créature aussi parfaitement laide, pas même en enfer. Jamais on n'aurait pu voir métal plus noir que ne l'étaient son cou et ses mains, et encore est-ce peu de chose auprès du reste de sa laideur. Ses yeux, aussi petits que ceux d'un rat, semblaient deux trous ; elle avait un nez de singe ou de chat, des oreilles d'âne ou de bœuf. Ses dents rappelaient la couleur du jaune d'œuf, elles étaient rousses – et elle avait une barbe de bouc ; au milieu de la poitrine une bosse, l'échine toute courbée [...]. »

Chrétien de Troyes, *Perceval ou le Conte du Graal* (vers 1181-1185).

L'absence d'harmonie et le caractère animal qui émanent de ce personnage font de lui une créature monstrueuse et diabolique qui contraste avec le monde élégant et raffiné de la cour dans lequel il fait irruption.

b. Les paroles rapportées

Il existe plusieurs façons de retranscrire les paroles, voire les pensées d'un personnage : le discours direct, le discours indirect et le discours indirect libre.

■ Le **discours direct** rapporte les paroles sous la forme exacte dans laquelle elles ont été prononcées. Annoncé par une **ponctuation forte** (point, deux-points) et le plus souvent encadré par des **guillemets**, le discours direct se détache nettement du récit dans lequel il s'insère.

Si le discours direct est présenté sous la forme d'un **dialogue**, un **tiret** en début de ligne marque la prise de parole de chaque interlocuteur ; il n'est pas rare qu'une **proposition incise**, c'est-à-dire insérée dans le discours direct et caractérisée par l'inversion du sujet, précise l'identité du locuteur.

Les temps, les pronoms personnels et les adverbes sont ceux du discours (emploi du présent comme temps de référence, de la 1^{re} et de la 2^e personne, des adverbes *ici* et *maintenant* comme repères dans l'espace et dans le temps).

« Alors pourquoi que tu veux l'être institutrice ?

— Pour faire chier les mômes, répondit Zazie. [...]

— Tu sais, dit Gabriel avec calme, d'après ce que disent les journaux, c'est pas du tout dans ce sens-là que s'oriente l'éducation moderne. [...] D'ailleurs, [...] dans vingt ans, y aura plus d'institutrices : elles seront remplacées par le cinéma, la télé, l'électronique, des trucs comme ça. [...]

— Alors, déclara-t-elle, je serai astronaute.

— Voilà, dit Gabriel approuvativement. Voilà, faut être de son temps.

— Oui, continua Zazie, je serai astronaute pour aller faire chier les Martiens. »

Raymond Queneau, *Zazie dans le métro*, © Gallimard (1959).

■ Le **discours indirect** rapporte des paroles en les modifiant afin de les **intégrer grammaticalement dans le récit**.

Il est constitué de propositions subordonnées introduites par la conjonction *que* après un verbe déclaratif, ou d'interrogatives indirectes après un verbe interrogatif. Tous les pronoms personnels sont à la 3^e personne et les verbes sont soumis à la **concordance des temps** par rapport au verbe introducteur.

« Une longue barre d'écume rejaillissait au pied en cadence. Cela formait ensuite des bouillonnements, des tourbillons, mille courants opposés, et qui finissaient par se confondre en une seule nappe limpide.

Louise murmura qu'elle envoyait l'existence des poissons. »

Gustave Flaubert, *L'Éducation sentimentale* (1869).

■ Le **discours indirect libre** est un intermédiaire entre les discours direct et indirect.

• Du discours direct, il conserve l'absence de subordination et une ponctuation souvent expressive. Il cherche souvent à restituer les marques de l'oralité.

• Du discours indirect, il conserve les temps du récit, la modification des pronoms et des adverbes de temps et de lieu.



Le discours indirect libre permet de suivre les pensées d'un personnage dans le cas du monologue intérieur. Le narrateur peut fusionner sa voix avec celle du personnage ou s'en dissocier pour créer de l'ironie.

« Il sait bien que tout est du faux-semblant. Sa vie. La piscine. Riquet. La guerre. La Chope du Clair de Lune... Le drôle de nom... Tout ça, ce sont des raisons qu'on se donne, des contre-temps qu'on s'invente. »

Louis Aragon, *Aurélien*, © Gallimard (1945).

2 Le roman et la nouvelle au XIX^e siècle : réalisme et naturalisme

A Le réalisme

a. Le contexte historique

- La France subit alors une grande **instabilité politique** qui lui fait connaître de nombreux régimes : monarchie de Juillet, II^e République, Second Empire, III^e République.
- L'avènement de l'**ère industrielle** s'accompagne de la formation d'un prolétariat ouvrier, tandis que le pouvoir passe aux mains de la bourgeoisie.
- Le développement des **méthodes expérimentales** par les scientifiques traduit un effort vers l'objectivité et l'observation précise.

b. Le « réalisme », un mot de ralliement

Le mot « réalisme » paraît vers 1830 et connaît une fortune rapide. À partir des **années 1850**, des critiques le jettent à la tête du peintre Gustave Courbet qui vient de peindre *l'Enterrement à Ornans*, tableau représentant une scène d'enterrement, sans chercher à l'embellir ou à l'idéaliser.

Ce qui est considéré comme une injure par des critiques bornés va devenir un signal de ralliement pour toute une génération d'artistes, peintres ou écrivains.

⚡ Souvent déçus par le romantisme, les réalistes rejettent toute idéalisation du réel et le culte voué à la figure de l'artiste ainsi qu'à l'expression des sentiments.



Enterrement à Ornans, de Gustave Courbet (1849-50)

© Josse/Leemage

c. Les caractéristiques du réalisme

■ **La reproduction du réel.** Les auteurs réalistes ont un même dessein : donner à voir la réalité, la reproduire telle qu'elle est. Les premiers romans réalistes sont dus à Stendhal et Balzac. Si le premier définit le roman comme « un miroir qu'on promène le long d'un chemin », le second déclare vouloir « concurrencer l'état civil ».

■ **Le souci de l'objectivité.** La littérature refuse désormais ce qu'il était convenu de considérer comme de beaux sujets offrant une perception idéalisée de l'existence. Vouloir montrer le réel en toute objectivité implique que la littérature fasse une place à la **réalité sociale la plus modeste**, voire la plus laide : vie de province, monde ouvrier, existence d'êtres marginaux en tout genre, menus faits d'un quotidien médiocre... On aboutit nécessairement à une peinture pessimiste de la destinée humaine.

■ **Le recours aux méthodes scientifiques.** Le roman réaliste est le résultat d'un nouveau regard, l'écrivain se fait entomologiste, homme de laboratoire. Souvent, les romanciers réalistes qualifient leurs œuvres d'**études** ou d'analyses. Tels des scientifiques, ils prennent l'habitude de consigner dans des carnets leurs observations, leurs recherches documentaires.

👉 **Un entomologiste est un scientifique spécialisé dans l'étude des insectes. La minutie de son travail justifie le rapprochement que l'on fait avec un écrivain réaliste.**

d. Quelques œuvres majeures du réalisme

■ **Le Rouge et le Noir (1830) de Stendhal**

En 1827, pour écrire son œuvre la plus célèbre, Stendhal s'inspire d'un fait divers : le fils d'un artisan, ayant choisi de devenir prêtre, a été jugé et condamné à mort pour avoir assassiné son ancienne maîtresse, l'épouse d'un notable qui l'avait engagé comme précepteur de ses enfants.

■ **La Comédie humaine (1830-1856) de Balzac**

• *La Comédie humaine* un vaste ensemble de **91 romans** (*La Peau de chagrin*, *Eugénie Grandet*, *Le Père Goriot*...) et de nombreuses **nouvelles**. Travailleur forcené, Balzac crée **2 209 personnages** qui reviennent d'un récit à l'autre, accentuant le réalisme de l'œuvre.

• *La Comédie humaine* est conçue comme un **grand livre d'histoire du XIX^e siècle**, celui des mœurs. Dans sa préface, Balzac écrit : « La société française allait être l'historien, je ne devais être que le secrétaire. »

👉 **Les mœurs sont les habitudes de vie, les usages et coutumes d'un peuple, d'une société.**

■ **Madame Bovary (1857) de Flaubert**

• Emma Bovary est une **jeune femme victime de son imagination**. Grisée par des lectures romanesques, cette fille de paysan normand épouse un médecin médiocre, Charles Bovary, qu'elle trompe rapidement. Pour satisfaire ses goûts de luxe, elle s'endette et se ruine. Elle finit par s'empoisonner avec de l'arsenic. À travers ce roman, Flaubert condamne le romantisme et sa propension à tout enjoliver qui ne peut que générer désillusions et frustrations.

• Chacun des romans de Flaubert est l'aboutissement d'un travail d'écriture minutieux et fastidieux, qui s'accompagne de recherches scientifiques.

■ **Une vie (1883) et Pierre et Jean (1887) de Maupassant**

• Dans *Une vie*, une jeune aristocrate épouse un homme brutal et avare. Sa vie sera une suite d'épreuves et de désillusions. *Pierre et Jean* raconte l'histoire d'une famille bourgeoise du Havre, dont l'harmonie apparente se fissure le jour où l'un des fils touche un gros héritage provenant de... son père biologique, l'ancien amant de sa mère.

• Maupassant, **disciple de Flaubert**, dépeint les mœurs provinciales de sa Normandie natale ; domestiques, paysans et bourgeois du XIX^e siècle y sont représentés avec beaucoup de pessimisme, voire de cruauté. Il est l'auteur de plus de 300 nouvelles, dans lesquelles il épingle la **médiocrité et l'égoïsme des hommes**.

B Le naturalisme

a. Le contexte culturel et scientifique

- Les **théories biologiques nouvelles** montrent que tout changement de milieu implique une modification chez l'être qui y vit.
- La philosophie de **Schopenhauer** (1788-1860) défend l'idée que tout être est soumis aux manifestations de l'instinct (survie, pulsions sexuelles...).
- Les travaux de **Claude Bernard** (1813-1878) se fondent sur une méthode expérimentale : observation des faits, hypothèses, vérification par des expériences appropriées, classement des données de l'expérience.

b. Les caractéristiques du naturalisme

- Les romanciers naturalistes s'inspirent des méthodes scientifiques nouvelles. **Zola se livre ainsi à des expériences** sur ses personnages en les faisant évoluer dans des contextes particuliers. Cette analyse du réel aboutit à un déchiffrement lucide et intelligent du fonctionnement de la société du second Empire. Il étudie ainsi sur une famille, les Rougon-Macquart, les **déterminismes héréditaires et sociaux**.

Ces principes amènent l'écrivain à faire la part belle aux instincts de l'homme, qu'ils soient sexuels ou autres, heurtant parfois les sensibilités de l'époque.

- Les romanciers naturalistes, plus encore que les réalistes, ont le **culte de la documentation**, comme le montrent les carnets d'enquête de Zola.
- Si les naturalistes insistent sur la nécessité d'un **style simple et naturel**, Zola, leur chef de file, se distingue par un style puissant qui fait appel aux registres épique et fantastique, aux mythes et symboles. C'est peut-être son œuvre qui exprime le mieux la visée idéologique du mouvement littéraire : **œuvrer pour l'avenir de l'humanité**.

c. Les œuvres majeures du naturalisme

■ **Germinie Lacerteux (1865) des frères Goncourt**

Le roman raconte l'histoire tragique d'une fille du peuple venue à Paris travailler comme servante. Reconnu comme le premier roman naturaliste, ce livre permet à une domestique d'accéder au statut d'héroïne littéraire.

■ **Les Rougon-Macquart (1871-1893) de Zola**

Rivalisant avec *La Comédie humaine* de Balzac, Zola conçoit une vaste *Histoire naturelle et sociale d'une famille sous le Second Empire* en mettant au premier plan « le grand oublié » : le peuple. Dans *Germinial*, il décrit les conditions de vie inhumaines des mineurs ; dans *L'Assommoir*, il évoque le milieu ouvrier cherchant dans l'alcool un soutien à son quotidien misérable. Dans *La Terre*, il dépeint le monde paysan. Dans tous les cas, il recourt à la langue du peuple pour faire entendre la voix de ses personnages.

C Les limites du réalisme et du naturalisme

a. L'illusion du vrai

En peinture comme en littérature, si le réel est toujours représenté, l'artiste ne peut donner que l'illusion du vrai, comme l'explique Maupassant dans la préface de son roman *Pierre et Jean* : « J'en conclus que les Réalistes de talent devraient s'appeler plutôt des **Illusionnistes**. »

b. La récréation du réel

De fait, le foisonnement du réel est incompatible avec les exigences de composition du roman. Le romancier doit choisir, réorganiser, hiérarchiser les éléments qu'il emprunte à la réalité.

« Le réaliste, s'il est un artiste, cherchera, non pas à nous montrer la photographie banale de la vie, mais à nous en donner la vision plus complète, plus saisissante, plus probante que la réalité même. »

Guy de Maupassant, Préface de *Pierre et Jean* (1888).

c. Une inspiration picturale revendiquée

Fervent défenseur de la peinture impressionniste, Zola en apprécie les sujets inspirés de la réalité, l'importance accordée à la lumière. Il recourt parfois à ces techniques picturales, transformant certains de ses textes en tableaux impressionnistes. Il rejoint ainsi Maupassant, puisqu'il préfère restituer le réel à travers des sensations, des impressions, et non le reproduire parfaitement, comme pourrait le faire un appareil photo.

SUJET DE TYPE BAC

Question d'écriture

À travers ces trois documents, des artistes expriment une vision personnelle, subjective de Paris. Quels points communs percevez-vous entre ces œuvres ?

DOCUMENT 1

Le Père Goriot (Honoré de Balzac)

Le jour tombait, un humide crépuscule agaçait les nerfs, il regarda la tombe et y ensevelit sa dernière larme de jeune homme, cette larme arrachée par les saintes émotions d'un cœur pur, une de ces larmes qui, de la terre où elles tombent, rejaillissent jusque dans les cieux. Il se croisa les bras, contempla les nuages, et, le voyant ainsi, Christophe le quitta.
5 Rastignac, resté seul, fit quelques pas vers le haut du cimetière et vit Paris tortueusement couché le long des deux rives de la Seine où commençaient à briller les lumières. Ses yeux s'attachèrent presque avidement entre la colonne de la place Vendôme et le dôme des Invalides, là où vivait ce beau monde dans lequel il avait voulu pénétrer. Il lança sur cette
10 ruche bourdonnante un regard qui semblait par avance en pomper le miel, et dit ces mots grandioses : « À nous deux maintenant ! »

Et pour premier acte du défi qu'il portait à la Société, Rastignac alla dîner chez madame de Nucingen.

Honoré de Balzac, *Le Père Goriot* (1835).

DOCUMENT 2

La Curée (Émile Zola)

Ce jour-là, ils dînèrent au sommet des buttes (Montmartre), dans un restaurant dont les fenêtres s'ouvraient sur Paris, sur cet océan de maisons aux toits bleuâtres, pareils à des flots pressés emplissant l'immense horizon. Leur table était placée devant une des
5 fenêtres. Ce spectacle des toits de Paris égaya Saccard. Au dessert, il fit apporter une bouteille de bourgogne.

Il souriait à l'espace, il était d'une galanterie inusitée. Et ses regards, amoureuxment, redescendaient toujours sur cette mer vivante et pullulante, d'où sortait la voix profonde des foules. On était à l'automne ; la ville, sous le grand ciel pâle, s'alanguissait, d'un gris doux et tendre, piqué çà et là de verdure sombres, qui ressemblaient à de larges feuilles de nénuphars nageant sur un lac ; le soleil se couchait dans un nuage rouge, et, tandis que les fonds s'emplissaient d'une brume légère, une poussière d'or, une rosée d'or tombait sur la rive droite de la ville, du côté de la Madeleine et des Tuileries. C'était comme le coin enchanté d'une cité des Mille et une Nuits, aux arbres d'émeraude, aux toits de saphir, aux girouettes de rubis. Il vint un moment où le rayon qui glissait entre deux nuages fut si resplendissant, que les maisons semblèrent flamber et se fondre comme un lingot d'or dans un creuset.

— Oh ! vois, dit Saccard, avec un rire d'enfant, il pleut des pièces de vingt francs dans Paris !

Émile Zola, *La Curée* (1871).

DOCUMENT 3

La Vue sur Paris depuis Montmartre, 1886 (Vincent Van Gogh)

© La Collection/Arthotek

CORRIGÉ

■ Les œuvres nous donnent à voir le Paris du XIX^e siècle. Par souci de **réalisme**, chacune évoque, au moins un **lieu précis** existant : la Seine, la colonne de la place Vendôme, le dôme des Invalides chez Balzac ; la Seine et « la rive droite de la ville, du côté de la Madeleine et des Tuileries » chez Zola ; l'un des moulins de Montmartre situé sur le côté gauche de la toile de Van Gogh.

■ La position dans l'espace est identique : les trois spectateurs sont en hauteur et ils contemplent la ville qui s'étend sous leurs yeux.

■ Les deux textes s'appuient sur un **point de vue interne**, qui nous donne accès aux pensées des personnages.



L'extrait de *La Curée* et le tableau de Van Gogh sont plus étroitement liés à la fois par le thème envisagé, les toits de Paris vus de Montmartre, mais aussi par leur date de réalisation.

Le tableau, quant à lui, nous place à l'endroit même où le peintre se tient. La perspective qui se construit à partir des toits présents au premier plan, nous donne l'illusion que la ville est à nos pieds.

■ Dans ces trois œuvres, la **lumière** occupe une place prédominante. Rastignac évoque les lumières de la ville qui trouent l'obscurité du crépuscule. La métaphore du miel introduit une couleur qui rappelle étrangement celle de l'or présente dans le texte de Zola.

Dans les deux textes, il s'agit bien de percevoir Paris comme un lieu de réussite, d'ascension sociale, propice à enrichir l'ambitieux. Dans l'extrait de *La Curée*, les références à la lumière dorée, comme aux couleurs, abondent : « bleuâtre », « gris doux », « nuages rouges », « toits de saphir », « émeraude », « or », « rubis », confèrent au texte une dimension picturale.

Chez Van Gogh, la blancheur du ciel fait écho aux touches claires formées par une fumée, un toit, la Seine... Les couleurs sont pratiquement toutes cassées avec du blanc.

👉 Le tableau n'utilise que peu de couleurs sombres comme le noir, essentiellement présent sur les côtés gauche et droit de la toile.

■ Une **forte subjectivité** empreint ces trois visions de Paris. Les deux héros y voient un reflet des ambitions qui les tenaillent. Pour preuves, la métaphore de la ruche utilisée par Balzac, celles des pierres précieuses, de l'or et de la transformation alchimique filées par Zola. En outre, les deux romanciers **personnifient la ville** à la façon d'une femme désirable, « tortueusement couchée » ou « s'alanguiss[ant] ». Paris est le lieu de tous les possibles ; elle est aussi un espace à conquérir. Ce n'est d'ailleurs pas un hasard si Van Gogh vient y chercher fortune en 1886.

Les panoramas de Paris que nous donnent Zola et Van Gogh tirent parti des **techniques impressionnistes** ; il s'agit bien de traduire ce que l'œil voit par des couleurs, des touches lumineuses, plutôt que par des formes. La description de Saccard évoque des taches grâce aux termes « nuage », « brume », « rosée », « poussière ». L'absence de contours, de formes, dans la toile de Van Gogh, exprime aussi cette sensation d'imprécision.

👉 Quand vous étudiez un récit, *a fortiori* une description, interrogez-vous sur les désirs ou les volontés des personnages. L'objet, le lieu décrit nous renseignent sur les préoccupations du spectateur puisqu'il y projette ses états d'âme.



LE MOT « THÉÂTRE » est la transcription du grec *theatron*, qui signifie « lieu d'où l'on peut voir ». Le théâtre est par nature un spectacle, c'est-à-dire quelque chose que l'on regarde. Il représente sur la scène une action, à la différence d'une narration qui raconte ce qui s'est fait ou dit. Les auteurs du XVII^e siècle sont à l'origine du rayonnement du théâtre français.

1 Genres et formes du théâtre

A Les caractéristiques de la comédie et de la tragédie

a. La comédie

- L'**action** se déroule à une époque contemporaine de celle de l'auteur.
- Les **lieux** peuvent être divers : intérieur bourgeois, forêt, rue, château...
- Les **personnages** appartiennent à l'humanité ordinaire : domestique, bourgeois, noble ; ils sont plus ou moins typés : le vieillard, le jeune premier, l'amoureuse, le pédant...
- Le **dénouement** est le plus souvent heureux mais il arrive que celui-ci se solde par la mort d'un personnage, voire du personnage principal. C'est le cas dans *Dom Juan* de Molière.
- La comédie peut être **en vers** ou **en prose**.
- La comédie cherche à **faire rire** ou sourire le spectateur. Elle a souvent une visée **didactique** : il s'agit de critiquer ou de dénoncer certains travers humains ou les dysfonctionnements de la société. Elle peut aussi vouloir explorer la psychologie humaine, comme chez Marivaux.



Le mot « action », qui se dit *drama* en grec, a donné en français le mot « dramatique ». Ainsi parle-t-on du genre dramatique, expression qui désigne le théâtre, et du dramaturge, nom de l'auteur de pièces de théâtre.

b. La tragédie

- L'**action** d'une tragédie se situe dans un pays lointain et à une époque antérieure à celle de l'écriture ; ce peut être l'Antiquité grecque, romaine ou biblique.
- Les **personnages** sont légendaires ou historiques, mais dans tous les cas illustres.
- La **fatalité** est indispensable pour qu'il y ait tragique. Elle peut se manifester de plusieurs manières : volonté des dieux entre les mains desquelles l'homme n'est qu'un jouet, passions (amour, haine) qui entraînent le héros à sa perte.

■ Le **dénouement** s'accompagne le plus souvent de la mort d'au moins un des personnages, mais ce n'est pas une règle absolue. Ainsi, *Bérénice* de Racine se termine non par la mort des amants mais par leur séparation définitive. Cependant, quel que soit le type de fatalité, l'homme en est toujours victime, vaincu au terme d'une lutte héroïque mais inutile. La tragédie s'achève par la **défaite du héros**.

■ La tragédie peut être **en vers** ou **en prose**.

■ Elle suscite **la terreur** et **la pitié**.

c. La tragi-comédie

Elle se distingue de la tragédie par une action **moins grave**. Elle ne se dénoue pas par la mort.

Le Cid de Corneille est, selon son auteur, une tragi-comédie car c'est l'amour – et non les questions d'intérêt d'État – qui est au cœur de la pièce.

d. Le théâtre moderne : un nouveau tragique

■ C'est la pièce d'Alfred Jarry, *Ubu roi*, créée en 1896 qui, la première, annonce les tendances du théâtre du xx^e siècle.

■ Ce théâtre est difficile à cerner car ses productions n'entrent pas dans les catégories antérieures : ainsi la distinction entre tragédie et comédie disparaît. Il fait appel à des formes très proches de celles que l'on trouve dans la *commedia dell'arte*, le mime, le cirque, les clowneries, l'improvisation, sans être pour autant comique.

■ Avec ce théâtre moderne **disparaissent l'intrigue et le personnage** tandis que **le langage se dérègle**, ce qui aboutit à un nouveau tragique.

La commedia dell'arte



Farceurs français et italiens, peintre anonyme (1670)

On situe généralement l'apparition de la *commedia dell'arte* au xvi^e siècle. Le jeu des comédiens est caractérisé par l'**improvisation**, les comédiens brochant à partir d'un canevas. Les acteurs ne jouent pas des personnages mais des **types fixes**. Ainsi, le vieillard Pantalon est un riche et avare marchand, *Il Dottore*, un docte pédant et ridicule, les **serviteurs** ou *zanni* sont tantôt balourds, tantôt ingénieux. Les **soubrettes** s'appellent Zerbinetta ou Colombina.

Dans le tableau ci-dessus, les personnages traditionnels de la *commedia dell'arte* sont représentés au milieu de comédiens français. On distingue : Le Capitan ou Matamore (4^e personnage en partant de la gauche), Arlequin (au centre), Polichinelle, Pantalon et Scaramouche (à droite).

B Les structures dramatiques

a. La structure externe

■ Une pièce classique est le plus souvent divisée en **actes** sur le modèle des pièces de l'Antiquité latine. Elle en compte généralement cinq, en application du précepte contenu dans l'*Art poétique* d'Horace (65 ? - 8 av. J.-C.). Mais les exceptions sont nombreuses parmi les comédies, qu'il s'agisse de celles de Molière ou de celles de Marivaux. Chaque acte, centré sur un événement majeur, forme un tout et marque une progression par rapport au précédent.

■ Les actes sont subdivisés en **scènes**. Il y a un changement de scène à chaque fois qu'entre ou sort un personnage. Le nombre de personnages est variable et renseigne sur le rythme de l'action : plus les scènes sont nombreuses, plus les apparitions sont courtes. À l'inverse, un petit nombre de scènes indique que le nombre et les mouvements de personnages sont limités.

■ À partir du drame romantique, les pièces sont parfois divisées en **tableaux**, ce qui représente un assouplissement par rapport à la division en scènes.

■ Dans le théâtre moderne, le découpage en actes n'existe souvent plus.



Les grandes comédies de Molière (par exemple *L'École des femmes*, *Le Tartuffe*, *Le Misanthrope*) sont composées en cinq actes, comme le veut Horace, et traitent de sujets graves.

b. La structure interne

■ **L'exposition.** Elle commence à la scène 1 de l'acte I et se prolonge au maximum jusqu'à la fin de cet acte. Elle fournit au spectateur les éléments d'informations nécessaires à la compréhension de l'histoire : le cadre spatio-temporel, les personnages et leurs liens, l'action qui se met en place. Grâce à elle, le spectateur situe immédiatement la pièce par rapport aux codes théâtraux : la pièce est-elle tragique ou comique ; en vers ou en prose ?



Le Tartuffe de Molière est une des exceptions puisque son exposition ne s'achève qu'au troisième acte.

L'exposition peut se faire sous la forme du **monologue** d'un personnage ou d'une **conversation** selon le cas : entre le héros et son confident, entre deux héros, entre deux personnages secondaires, entre tous les personnages de la pièce.

■ **Le nœud.** Ce terme - synonyme d'intrigue - désigne la relation qui s'établit entre la volonté, les désirs d'un personnage et les obstacles qui s'opposent à leur réalisation. Le nœud s'étend de la fin de l'exposition jusqu'à la fin du quatrième acte. Il comporte des péripéties, appelées également coups de théâtre. Les péripéties provoquent des changements dans la situation créée précédemment par les obstacles.


■ **Le dénouement.** Il commence quand finit le nœud, au moment où le dernier obstacle disparaît. Il doit être :

- **nécessaire** : il doit découler naturellement et logiquement de la situation ;
- **complet** : il faut que le spectateur soit fixé sur le sort de tous les personnages et qu'aucune question ne soit laissée en suspens ;
- **rapide** : il doit se mettre en place à l'extrême fin de la pièce.

■ Les pièces modernes ont des structures différentes. Le rejet d'une progression dramatique exprime une **vision du monde pessimiste**, comme dans *Huis clos* (1944) de Jean-Paul Sartre.

C La parole théâtrale

a. La double énonciation

 L'aparté est une réplique prononcée par un personnage pour les spectateurs et supposée ne pas être entendue des autres personnages.

■ Les paroles prononcées sont d'abord des messages que les personnages échangent entre eux mais à un second niveau, elles s'adressent au spectateur.

■ Cette double énonciation justifie le recours à l'**aparté** et aux **scènes d'exposition** qui ne visent en fait qu'à renseigner le spectateur.

b. Les didascalies

■ Ce terme désigne toutes les **indications données par le dramaturge** : découpage du texte (actes, scènes, tableaux...), noms et conditions des personnages, lieux, temps, manière dont l'acteur doit dire sa réplique.

■ L'**importance des didascalies** a varié au fil du temps. Rares dans la tragédie classique et souvent contenues dans les propos des personnages, elles sont nombreuses et généralement fort longues dans les pièces modernes. Cette évolution montre l'importance accordée non pas tant au texte lui-même qu'à sa **mise en scène**.

c. Les paroles prononcées par les personnages

■ **Le dialogue.** Il est constitué par l'échange de **répliques** prononcées par les personnages en présence. Ces répliques peuvent être de longueurs variables : si elles sont longues, ce sont des **tirades** ; si ce sont des répliques vers à vers ou hémistiche à hémistiche, il s'agit alors de **stichomythies**, comme dans l'exemple ci-dessous (lignes 5 à 10).

« SCAPIN. – Il faut, pour son honneur, et pour le vôtre, qu'il dise dans le monde que c'est de bon gré qu'il l'a épousée.
ARGANTE. – Et je veux moi, pour mon honneur et pour le sien, qu'il dise le contraire.
SCAPIN. – Non, je suis sûr qu'il ne le fera pas.
5 ARGANTE. – Je l'y forcerai bien.
SCAPIN. – Il ne le fera pas, vous dis-je.
ARGANTE. – Il le fera, ou je le déshériterai.
SCAPIN. – Vous ?
ARGANTE. – Moi.
10 SCAPIN. – Bon. »

Molière, *Les Fourberies de Scapin*, I, 4 (1671).

■ **Le monologue.** Il est constitué par l'ensemble des paroles que profère un personnage qui se parle à lui-même, ou bien qui s'adresse à une entité ou à un être invisible.

Dans le **théâtre classique**, il est pour le personnage l'occasion de s'analyser et donc de clarifier sa situation.

Dans le **théâtre moderne**, à l'inverse, le monologue devient souvent l'expression d'une impossibilité à s'analyser et à communiquer.

D Les éléments non verbaux

a. L'espace scénique

- L'espace où la représentation a lieu peut être une salle en rond, à l'italienne, un cabaret, un cirque, ou encore la rue (sur des tréteaux).
- L'espace scénique a évolué depuis la Grèce antique jusqu'à nos jours. Il n'est pas neutre et commande un mode de relations entre la scène et le public.

b. L'espace dramatique

Il s'agit du lieu imaginé par le dramaturge, celui où se déroule l'intrigue représentée, par exemple une chambre du palais de Néron, dans *Britannicus* de Racine.

c. Le décor

Le décor a toujours un sens que le spectateur doit décrypter.

Voici le début d'Oh les beaux jours. La pièce s'ouvre sur une longue didascalie.

« Étendue d'herbe brûlée s'enflant au centre en petit mamelon. Pentes douces à gauche et à droite et côté avant-scène. Derrière, une chute plus abrupte au niveau de la scène. Maximum de simplicité et de symétrie. Lumière aveuglante.

Une toile de fond en trompe-l'oeil très pompier représente la fuite et la rencontre au loin d'un ciel sans nuages et d'une plaine dénudée.

Enterrée jusqu'au dessous de la taille, dans le mamelon, au centre précis de celui-ci, WINNIE [...]. »

Samuel Beckett, *Oh les beaux jours*, © Éditions de Minuit (1962).

Les termes soulignés suggèrent que le décor représente un univers hostile ; le personnage à demi enterré semble abandonné dans un lieu de solitude totale, sorte d'antichambre de la mort.

d. Les costumes

- Selon le cas, ils renvoient à une époque précise ou intemporelle. Souvent, ils indiquent le **rang social** du personnage ou renseignement sur **son caractère**.
- Quand le costume est en contradiction avec ce que disent les personnages, il **modifie le sens de l'action**.

Ainsi, dans *L'Avare*, le costume d'Harpagon souligne son avarice car il est vêtu, en 1670, selon la mode des années 1610. Quand la servante Frosine fait l'éloge de ce costume, à l'acte II, scène 5, cela ne pouvait que faire rire les contemporains de Molière.

e. Les accessoires

- Ils sont révélateurs de ce que sont les personnages, de la situation dans laquelle ils se trouvent. Par exemple, dans *En attendant Godot* de Beckett, le pliant de Pozzo a un double rôle, utilitaire et symbolique : siège du personnage, il symbolise aussi le pouvoir, la supériorité absolue qu'il a sur les autres personnages et particulièrement sur Lucky qu'il ne cesse d'opprimer.
- Le bruitage, les chansons, l'accompagnement musical, les onomatopées et les cris jouent également un rôle non négligeable.

A Petit tour d'horizon du siècle

L'époque baroque renvoie à une situation de crise et se traduit par une certaine exubérance dans les arts ; l'époque classique se veut plus apaisée et ordonnée.

a. La période baroque

La période baroque se situe entre la fin du XVI^e siècle et la première moitié du XVII^e siècle.

Le terme « baroque » provient du portugais *barroco* et désigne une perle de forme imparfaite.

■ **Le contexte religieux et politique.** Le baroque se développe en Europe dans le contexte religieux de la **Contre-Réforme**, vaste mouvement catholique qui vise à empêcher l'expansion du protestantisme. Sur le plan politique, les assassinats de Henri III et Henri IV, et la succession de régence favorisent des complots et oppositions violentes. Cette instabilité politique et religieuse évoque un monde en perpétuel mouvement. L'esthétique baroque traduit l'inquiétude qu'il suscite.

■ **Les caractéristiques baroques.** Les dramaturges baroques multiplient les lieux de l'action des intrigues et privilégient des sujets sanglants. La représentation de viols, de meurtres ou de suicides n'est pas rare : ce chaos évoque le **désordre du monde**.

L'illusion et le songe sont des thèmes souvent exploités. L'homme ne serait en effet qu'une marionnette sur le grand théâtre du monde. **Corneille**, avec sa pièce *L'illusion comique*, est l'un des maîtres du théâtre baroque.

b. La période classique

■ **Le terme « classique ».** Il sert à caractériser une période particulière de l'histoire de la littérature. Il désigne la génération d'auteurs des années 1661-1715 : les dramaturges **Corneille** (1606-1684), **Molière** (1622-1673), **Racine** (1639-1699), mais aussi des écrivains tels que **La Fontaine** (1621-1695), **Pascal** (1623-1662), **La Rochefoucauld** (1613-1680), **Madame de La Fayette** (1634-1693).

■ **Le contexte politique.** L'année 1661 marque le début du **règne personnel de Louis XIV**, lequel durera jusqu'en 1715. La monarchie telle que Louis XIV la conçoit est absolue. Il est roi de droit divin et n'a de compte à rendre qu'à Dieu. Louis XIV donne un **éclat extraordinaire** à sa cour par souci de sa gloire et par calcul politique : réunir autour de lui les nobles lui permet de les surveiller. Il crée Versailles qui devient sa résidence officielle ainsi que celle de sa cour. **L'absolutisme** de ce roi s'exerce dans le gouvernement et l'administration mais également dans le domaine religieux ; il lutte féroce contre tout ce qui paraît menacer l'ordre et son pouvoir. En 1685, il révoque ainsi l'édit de Nantes qui accordait la liberté de culte aux protestants.

■ **Les principes classiques.** Les classiques veulent **imiter les Anciens** (les Grecs et les Latins) qui, selon eux, auraient atteint la perfection. Ils veulent créer des **œuvres universelles**, dans lesquelles les hommes de toutes les époques puissent se reconnaître. Leur objectif est d'**instruire** et de **plaire**.

B La comédie de Molière

La comédie est un genre qui remonte à l'Antiquité. Les auteurs de comédie les plus fameux sont alors **Ménandre** (342-292), **Aristophane** (450-386), **Plaute** (254-184), **Térence** (190-159). Le genre se développe au XVI^e siècle avec la *commedia dell'arte*. Mais c'est Molière (1622-1673) qui, au XVII^e siècle, lui donne ses lettres de noblesse.

➔ Molière était dramaturge mais aussi acteur, metteur en scène et directeur de troupe. Il mourut sur scène en interprétant Argan, le rôle-titre de la pièce *Le Malade imaginaire*.



© Lee/Leemage

Molière le soir de sa mort, Maurice Lenoir (1904)

a. Les farces

■ Ces pièces font appel au **comique de situation** – lors d'une dispute, par exemple – ou au comique de **mots**, à travers l'emploi de jargons, de termes grossiers...

Dans cette scène de la pièce Les Fourberies de Scapin, le valet fait croire au père de son maître qu'il est poursuivi par des tueurs. Il le persuade alors de se cacher dans un sac.

« SCAPIN. – Cachez-vous : voici un spadassin¹ qui vous cherche. (*En contrefaisant sa voix.*) "Quoi ? Jé n'aurai pas l'abantage dé tuer cé Geronte, et quelqu'un par charité né m'enseignera pas où il est ?" (*à Géronte avec sa voix ordinaire.*) Ne branlez pas. (*Reprenant son ton contrefait.*) "Cadédis, jé lé trouverai, sé cachât-il au centre dé la terre." (*à Géronte avec son ton naturel.*) Ne vous montrez pas. [...] "Qui, cé fat dé Geronte, cé maraut, cé velître ?" [...] (*Il donne plusieurs coups de bâton sur le sac.*) "Tiens. Boilà cé qué jé té vaille pour lui." Ah, ah, ah ! Ah, Monsieur ! Ah, ah, Monsieur ! Tout beau. Ah, doucement, ah, ah, ah ! [...] (*En se plaignant et remuant le dos, comme s'il avait reçu les coups de bâton.*) »

Molière, *Les Fourberies de Scapin*, III, 2 (1671).


1. *Spadassin* : tueur à gages ; homme se battant en duel.

Le valet insolent Scapin est un personnage hérité de la *commedia dell'arte*. Dans cette scène de farce, le comique de situation résulte de la ruse employée par Scapin qui lui permet d'enfermer Géronte dans un sac et de le frapper en toute impunité. Le comique de mots apparaît dans l'emploi de l'accent gascon.

■ Les farces de Molière les plus connues sont : *La Jalousie du barbouillé* (1660), *Le Médecin volant* (1645), *Les Précieuses ridicules* (1659), *Les Fourberies de Scapin* (1671).

b. Les grandes comédies

■ Molière, décidé à explorer toutes les possibilités offertes par la comédie, a créé ce qu'on appelle la grande comédie ; elle est généralement **en cinq actes et en vers** et traite de sujets importants voire graves, mais sur le registre comique.

 Certaines pièces possèdent les caractéristiques de plusieurs genres ; ainsi *Le Malade imaginaire* (1673) relève à la fois de la farce, de la grande comédie et de la comédie-ballet.

■ Molière met en scène des caractères comme l'hypocrite religieux (*Le Tartuffe*), le mari jaloux (*L'École des femmes*) ou l'hypochondriaque (*Le Malade imaginaire*) ; il aborde aussi des questions de société comme la religion (*Le Tartuffe*), le mariage (*L'École des femmes*), le rapport à la maladie et à la mort (*Le Malade imaginaire*). Ces **comédies**, qui sont **de caractère** ou **de mœurs** – le plus souvent les deux en même temps –, critiquent les travers de la société et les vices des hommes. Le rire est au service de la satire sociale et vise à

instruire les hommes par la représentation de leurs défauts.

Dans cette scène du Misanthrope, le courtisan, Oronte, après avoir récité devant Alceste un sonnet médiocre et ridicule de sa composition, veut connaître son jugement.

« ORONTE
Mais, pour vous, vous savez quel est notre traité ;
Parlez-moi, je vous prie, avec sincérité.

ALCESTE
Monsieur, cette matière est toujours délicate,
Et, sur le bel esprit, nous aimons qu'on nous flatte :
Mais un jour, à quelqu'un, dont je tairai le nom,
Je disais, en voyant des vers de sa façon,
Qu'il faut qu'un galant homme ait toujours grand empire
Sur les démangeaisons qui nous prennent d'écrire ;
Qu'il doit tenir la bride aux grands empressements
Qu'on a de faire éclat de tels amusements ;
Et que, par la chaleur de montrer ses ouvrages,
On s'expose à jouer de mauvais personnages. »

Molière, *Le Misanthrope*, II, 1 (1666).

Les grandes comédies déclenche un rire beaucoup plus subtil que le rire immédiat de la farce. Ici, puisqu'Oronte cherche les compliments, Alceste passe par un subterfuge – le cas d'une connaissance qui écrit de mauvais vers – pour lui dire qu'il n'a pas apprécié son poème. Le courtisan est ridiculisé.

■ Les grandes comédies les plus célèbres de Molière sont : *L'École des femmes* (1662), *Le Misanthrope* (1666), *L'Avare* (1668), *Le Tartuffe* (1664), *Les Femmes savantes* (1672)...

c. Les comédies-ballets

■ Les comédies-ballets font appel, comme leur nom l'indique, **à la musique et à la danse**. Ces séquences ou intermèdes sont intercalés dans la pièce entre les actes ou bien liés à l'intrigue.

■ Dans *Le Bourgeois gentilhomme*, par exemple, la fin de chaque acte est ponctuée par un intermède de danse et de musique. De plus, au cours des différentes scènes, monsieur Jourdain apprend à chanter et à exécuter des pas de danse. Les deux arts font partie de la comédie qu'ils illustrent et amplifient.

■ Les comédies-ballets les plus connues de Molière sont : *Les Fâcheux* (1661), *L'Amour médecin* (1665), *Le Bourgeois gentilhomme* (1670), *Georges Dandin* (1668)...

C La tragédie

a. Les caractéristiques de la tragédie classique

Pour réagir contre les excès de la tragédie baroque qui laissait une grande place à l'exubérance et à la fantaisie, des règles sont progressivement mises en place.

■ La règle des trois unités

- **L'unité d'action** ne signifie pas que l'action est unique. On dit qu'il y a unité d'action quand aucun des éléments de l'action ne peut être supprimé à moins d'entraîner l'incompréhension partielle de l'intrigue. Dès l'exposition, tous les éléments de l'intrigue doivent être posés et trouver leur conclusion dans le dénouement.
- **L'unité de temps** impose que l'action de la tragédie s'étende sur une durée maximale de vingt-quatre heures. Au XVII^e siècle, au nom de la vraisemblance, il est exigé que la durée de l'action coïncide avec la durée de la représentation, soit environ deux heures et demie.
- **L'unité de lieu** impose un espace unique : le palais du roi, un camp militaire, etc.

Appliquées strictement, ces règles d'unité de temps et de lieu tuent toute vraisemblance, comme le dénoncera Victor Hugo dans la préface de *Cromwell* (1827). L'épuisement de la tragédie classique donnera naissance au drame romantique.

■ Les règles de vraisemblance et de bienséance

Le respect de la **vraisemblance** et l'acceptation des bienséances témoignent de la volonté de **ne pas choquer** les hommes de l'époque. Le dramaturge doit également respecter les **bienséances**, c'est-à-dire qu'il ne doit pas heurter les idées morales du public.

b. Les deux grands dramaturges tragiques : Corneille et Racine

■ **Pierre Corneille** appartient à la génération des dramaturges qui assurent la transition entre la tragédie baroque et la tragédie classique. Par ses dates (1606-1684), il appartient à la fois aux périodes **baroque** et **classique**. À cet égard, *Le Cid* (1637) est très représentatif puisque c'est une pièce classique qui conserve quelques irrégularités propres au théâtre baroque. Le succès du *Cid* déclenche une intense campagne de dénigrement, c'est ce qu'on appelle « la querelle du *Cid* » : certains confrères de Corneille, jaloux de son succès, parmi lesquels Scudéry (1601-1667), lui reprochent d'avoir emprunté son sujet à l'auteur espagnol Guilhem de Castro (1569-1631) ou bien encore de ne pas avoir respecté la règle des trois unités.

■ **Jean Racine** est le jeune rival du vieux Corneille. Mais alors que celui-ci met en scène des conflits politiques, Racine présente des **personnages dévorés par la passion**. Sous son empire, le héros racinien n'est pas libre, et se sent irrémédiablement coupable. Par ailleurs, parce qu'il souffre sans cesse, il se montre d'une extrême cruauté.

Sur le plan formel, la tragédie de Racine est plus dépouillée que celle de Corneille. En effet, le vocabulaire est restreint si on le compare à celui de son rival. D'autre part, l'action est minimaliste : « L'invention, affirme Racine dans la préface de *Bérénice*, consiste à faire quelque chose de rien ».

👉 La Bruyère, auteur du XVII^e siècle, a dit en parlant des personnages des deux dramaturges : « Corneille peint les hommes comme ils devraient être ; Racine les peint tels qu'ils sont. »

Dissertation

Un critique littéraire a déclaré : « L'objet du théâtre a été dès l'origine, et demeure encore, de présenter [...] au siècle même et à la société de son temps quels sont leur aspect et leur caractère. »

Cette affirmation vous paraît-elle fondée ? Vous répondrez à cette question sous la forme d'un plan détaillé en n'omettant pas de l'illustrer par des exemples.

CORRIGÉ

Introduction

Un critique affirme que « l'objet du théâtre a été dès l'origine, et demeure encore, de présenter [...] au siècle même et à la société de son temps quels sont leur aspect et leur caractère. » Cette réflexion pose la question de la **fonction du théâtre**. Pour tenter d'y répondre, nous entreprendrons successivement de voir dans quelle mesure le théâtre peut être considéré ou défini comme un miroir de la société de son temps, puis nous nous demanderons dans quelle mesure le théâtre dépasse les préoccupations d'une époque pour atteindre à l'universel et à l'intemporel.

1. Le théâtre, miroir de la société contemporaine de l'auteur

■ La pièce, reflet de la société

Même si l'intention initiale du dramaturge n'est pas de décrire la société de son temps, la pièce la reflète. Par exemple, les tragédies de Corneille de *Cinna* à *Suréna*, qui sont des réflexions sur le pouvoir royal, évoquent la monarchie absolue à travers la figure d'un empereur ou d'un roi.

La « cabale des dévots » désigne le groupe de pression (formé de religieux et de laïcs) qui, au nom de la religion, voulait empêcher Molière, par tous les moyens, de démasquer leur hypocrisie religieuse.

■ Le dramaturge, un observateur avisé de son temps

Parfois, en évoquant sa propre histoire, le dramaturge **peint la société** dans laquelle il vit. Par exemple, Molière dénonce dans *Le Tartuffe* la cabale des dévots qui s'obstinent à l'empêcher de jouer ce qu'il veut.

■ Le dramaturge engagé

Certains dramaturges choisissent de peindre des aspects particuliers de la société de leur temps, par **volonté politique**. Par exemple, dans *Les Mains sales*, Sartre pose la question de l'engagement politique.

[Transition] Qu'il y ait intention avouée ou non des dramaturges, le théâtre semble bien un miroir qui réfléchit la société de son temps. Mais peut-on pour autant affirmer que le théâtre se réduit à cette fonction ?

2. Le théâtre, spectacle universel et intemporel

■ Des types universels

Le théâtre crée des **types** qui se retrouvent dans toutes les époques. Par exemple, dans le théâtre de Molière, le personnage de Tartuffe est devenu un nom commun désignant un hypocrite, celui d'Harpagon le nom désignant un avare. Dans *L'Île des esclaves*, les personnages d'Iphicrate et d'Arlequin sont représentatifs des maîtres et des valets posant le problème du rapport des hommes dans une société inégalitaire.

■ Des thèmes existentiels

La parole théâtrale exprime les **préoccupations profondes** de l'homme. Par exemple, *En attendant Godot* fait écho à nos angoisses, au sentiment de vide que l'on éprouve parfois devant le tragique de l'existence.

La **beauté d'un texte** dépasse l'époque à laquelle la pièce a été écrite. Par exemple, aujourd'hui encore, certains vers de Corneille ou de Racine sont célèbres pour leur harmonie. Ils font partie d'un patrimoine culturel dont nous sommes fiers.

■ **L'intemporalité révélée par la mise en scène**

Les choix de mise en scène peuvent souligner la dimension intemporelle d'une pièce. Par exemple, pour *L'Île des esclaves*, on pourrait imaginer des personnages portant des costumes de notre époque, ce qui montrerait que la question des rapports maître et valet n'a rien perdu de son actualité.

L'adaptation « flamenco » du *Cid* par Thomas Le Douarec est très surprenante. Renouant avec ses origines, l'Espagne, *Le Cid* se veut plus rythmé et coloré que la pièce imaginée à l'époque classique. Ici, les acteurs dansent le flamenco et les guitaristes jouent pendant les scènes les plus troublantes.

Conclusion

L'existence de liens étroits entre théâtre et société est indéniable, mais on ne saurait réduire le théâtre à n'être que son miroir. Le théâtre dépasse souvent les préoccupations de son époque pour atteindre à l'intemporel et à l'universel. C'est dans cette double fonction que l'on trouve l'origine d'un succès qui ne se dément pas. La force du théâtre, à travers toute nouvelle mise en scène, réside ainsi dans sa capacité à pouvoir s'adapter à l'actualité, aux nouvelles préoccupations et sensibilités des spectateurs.



LE MOT « POÉSIE » vient du grec *poiein* qui signifie « fabriquer, créer » : la poésie possède avant tout un pouvoir de création puisqu'elle explore les virtualités du langage (sonorités, mots, images, formes, mise en page). Par ce biais, elle renouvelle notre perception du monde.

Au XIX^e siècle, la poésie s'affirme comme un moyen d'expression privilégié. C'est aussi à cette époque qu'elle connaît de grands changements que le XX^e siècle se chargera d'amplifier et de généraliser.

1 La poésie : formes, images et rythme

A Le vers et la strophe

a. Le décompte des syllabes

■ Le **mètre** de chaque vers se définit en fonction du nombre de syllabes. Il faut faire attention au *e* muet qui n'est pas comptabilisé en fin de vers ni devant une voyelle. En revanche, il est prononcé devant une consonne. Attention à la **diérèse** qui permet de prononcer distinctement deux voyelles réunies dans la langue courante (la prononciation normale s'appelle **synérèse**).

« Des/clo/ches/tout/à/coup/sau/tent/a/vec/fu/rie
Et/lan/cent/vers/le/ciel/un/af/freux/hur/le/ment
Ain/si/que/des/es/prits/er/rants/et/sans/pa/trie
Qui/se/met/tent/à/gein/dre o/pi/ni/à/tre/ment¹. »

Charles Baudelaire, « Spleen », *Les Fleurs du mal* (1857).

1. *Opiniâtement* : avec obstination.

Ces vers contiennent douze syllabes, ce sont des alexandrins. La diérèse contenue dans « opiniâtement » est indispensable à la régularité du mètre ; en accentuant la voyelle *i*, elle donne à entendre le gémissement des esprits auxquels sont comparées les cloches.

b. Les différents types de vers

■ **Les vers traditionnels.** Les **vers pairs** sont le tétrasyllabe (4 syllabes), l'hexasyllabe (6 syllabes), l'octosyllabe (8 syllabes), le décasyllabe (10 syllabes), l'alexandrin (12 syllabes). Les **vers impairs** sont le trisyllabe (3 syllabes), le pentasyllabe (5 syllabes), l'heptasyllabe (7 syllabes).

Afin de créer un effet de rupture ou de surprise, le poète peut choisir de faire alterner les vers courts et longs.

« Un octogénaire plantait.
 “Passe encor de bâtir, mais planter à cet âge !”
 Disaient trois jouvenceaux¹, enfants de voisinage ;
 Assurément il radotait². »

Jean de La Fontaine,
 « Le Vieillard et les Trois jeunes hommes », *Fables* (1678).

1. *Jouvenceaux* : jeunes gens. 2. *Radotait* : perdait la raison.

L'alternance d'octosyllabes et d'alexandrins permet d'opposer le vieillard aux jeunes gens, ce qui est déjà perceptible dans le titre de la fable.

■ **Les vers libres.** Comme son nom l'indique, ce type de vers s'émancipe des règles traditionnelles. Il n'a pas de longueur régulière et ne rime pas.

« La porte qui ne s'ouvre pas
 La main qui passe
 Au loin un verre qui se casse
 La lampe fume
 Les étincelles qui s'allument
 Le ciel est plus noir
 Sur les toits »

Pierre Reverdy, « Nomade », *Plupart du temps*,
 © Gallimard, Collection Poésie (1969).

c. La strophe

La strophe est une forme qui se répète dans le poème. Elle peut contenir de deux à douze vers.

On distingue : le **distique** (2 vers), le **tercet** (3 vers), le **quatrain** (4 vers), le **quintil** (5 vers), le **sizain** (6 vers), le **huitain** (8 vers), le **neuvain** (9 vers), le **dizain** (10 vers), le **onzain** (11 vers) et le **douzain** (douze vers).

Les formes les plus couramment utilisées sont le tercet et le quatrain.

👉 **Forme fixe prédominante, le sonnet est formé de deux quatrains suivis de deux tercets.**

B Le rythme

a. La césure et la coupe

■ La **césure** (/) est la coupe essentielle qui sépare un vers d'au moins huit syllabes en deux **hémistiches** (moitié de vers).

■ La **coupe** (/) correspond à une pause brève après une syllabe accentuée, généralement la dernière syllabe d'un mot ou groupe de mots, ou l'avant-dernière si la dernière syllabe est un *e* muet.

■ L'étude du **rythme** (souvent binaire ou ternaire) fait apparaître la force des effets produits sur le lecteur grâce à la musicalité émanant du poème.

« Mon cœur, / lassé de tout, // même de l'espérance, /
 N'ira plus / de ses vœux // importuner le sort »

Alphonse de Lamartine, « Le Vallon »,
Méditations poétiques (1820).

b. Rejet, contre-rejet et enjambement

Le rythme est également défini par le décalage entre la phrase et le vers.

■ **Le rejet.** Un mot ou un court groupe de mots est rejeté au vers suivant.

« Le loup, par ce discours flatté,
S'approcha. Mais sa vanité
Lui coûta quatre dents ; le cheval lui desserre
Un coup ; et haut le pied. Voilà mon loup par terre,
Mal en point, sanglant et gâté. »

Jean de La Fontaine, « Le Renard, le Loup et le Cheval »,
Fables (1692).

Les deux rejets imposent un rythme rapide et mouvementé à la fable ; le second est savoureux car il imite la violence du coup inattendu décoché par le cheval.

■ **Le contre-rejet.** Un mot ou un court groupe de mots est rejeté au vers précédent.

« Car elle me comprend, et mon cœur, transparent
Pour elle seule hélas ! cesse d'être un problème.

Paul Verlaine, « Mon rêve familial », *Poèmes saturniens* (1866).

■ **L'enjambement.** La phrase déborde le cadre du vers et se poursuit sur le vers suivant.

« En quelque endroit que j'aïlle, il faut fendre la presse
D'un peuple d'importuns qui fourmillent sans cesse. »

Nicolas Boileau, « Les Embarras de Paris », *Satires*, VI (1666).

L'auteur choisit l'enjambement afin de restituer le parcours chaotique du piéton pris aux pièges du rythme frénétique de la capitale.

C La rime

a. Nature et alternance des rimes

Les différents exemples ci-dessous sont issus du sonnet de Du Bellay « Déjà la nuit en son parc amassait » (intégré au recueil *L'Olive*, paru en 1550), dans l'ordre d'apparition des strophes.

■ Les rimes **féminines** se finissent par un *e* muet, toutes les autres sont appelées **masculines**.

« Déjà la nuit en son parc amassait
Un grand troupeau d'étoiles vagabondes,
Et pour entrer aux cavernes profondes,
Fuyant le jour, ses noirs chevaux chassait ; »

Les rimes des vers 1 et 4 sont masculines ; celles des vers 2 et 3 sont féminines.

■ **L'alternance** des rimes féminines et masculines constitue l'une des règles les plus respectées jusqu'au XIX^e siècle.

b. La qualité des rimes

Une rime est **pauvre** si les mots qui riment n'ont qu'un son commun. Une rime est **suffisante** si les mots qui riment ont deux sons communs. Une rime est **riche** si les mots qui riment ont trois sons communs ou plus.

« Déjà le ciel aux Indes rougissait,
Et l'Aube encor de ses tresses tant blondes,

Faisant grêler mille perlettes rondes,
De ses trésors les prés enrichissait : »

Les rimes des vers 5 et 8 sont riches ; celles des vers 6 et 7 sont suffisantes.

c. La disposition des rimes

Les rimes **plates** ou **suivies** se suivent selon le schéma AABB. Les rimes **croisées** se croisent selon le schéma ABAB. Les rimes **embrassées** sont disposées selon le schéma ABBA.

« Quand d'occident, comme une étoile vive,
Je vis sortir dessus ta verte rive,
Ô fleuve mien ! une nymphe en riant.

Alors voyant cette nouvelle Aurore,
Le jour honteux d'un double teint colore
Et l'Angevin et l'Indique orient. »

Les rimes 9 et 10 sont plates, et les rimes 11 à 14 sont embrassées.

D Les jeux de sonorités

Le genre poétique cherche à exploiter la richesse du mot, dans ses significations comme dans son matériau sonore. La musicalité du poème provient du rythme et de la combinaison des sons.

■ L'étude des **allitérations** et **assonances** est essentielle mais inséparable des répétitions d'ordre lexical et syntaxique.

■ On dit qu'il y a une **harmonie imitative** lorsque des sons imitent le bruit de ce dont on parle, de façon à avoir un impact réel sur la sensibilité du lecteur.

« Ils se battent – combat terrible ! – corps à corps.
Voilà déjà longtemps que leurs chevaux sont morts ;
Ils sont là seuls tous deux dans une île du Rhône.
Le fleuve à grand bruit roule un flot rapide et jaune,
Le vent trempe en sifflant les brins d'herbe dans l'eau. »

Victor Hugo, « Le Mariage de Roland »,
La Légende des siècles (1859-1877).

Les allitérations en [k] et en [r] évoquent la violence du combat. L'harmonie imitative due aux sons [fl] reproduit le vacarme d'une nature déchaînée. L'angoisse est manifeste.

👉 De nombreux poèmes ont été mis en musique. Léo Ferré, Serge Gainsbourg ou Jean-Louis Murat ont ainsi chanté des textes de Baudelaire.

E Les créations lexicales

a. Les jeux sur les mots

■ Parmi les **homophonies**, on distingue :

– le **calembour**, jeu de mots fondé sur l'homophonie ou l'homonymie ;

« Comme on voit sur la branche au mois de Mai la rose
En sa belle jeunesse, en sa première fleur
Rendre le ciel jaloux de sa vive couleur,
Quand l'Aube de ses pleurs au point du jour l'arrose »

Pierre de Ronsard, « Sur la mort de Marie »,
Second Livre des Amours (1578).

– les **vers holorimes**.

Gal, amant de la reine, alla, tour magnanime
Galamment de l'arène à la tour Magne, à Nîmes.

Vers attribués à Victor Hugo.

■ Les **néologismes** (nouveaux mots) comme le **mot-valise** permettent de fabriquer un terme à partir de deux autres. Dans *Le Parti-pris des choses*, Francis Ponge s'amuse à faire de « cageot » un mot-valise « à mi-chemin de la cage au cachot ».

■ Le **zeugme** associe deux termes dont l'un est concret et l'autre abstrait.

« Sous le pont Mirabeau coule la Seine/Et nos amours »

Guillaume Apollinaire, « Le Pont Mirabeau », *Alcools* (1912).

b. La force des images

La parole poétique peut concevoir des images pour exprimer une émotion que le langage ordinaire peine à traduire. Elle s'aventure dans des territoires inexplorés : associations de mots insolites, rapprochements incongrus... Les figures d'analogie sont très exploitées ; elles participent de ce nouveau regard sur le monde que le poète nous invite à adopter (voir p. 240).

« Le matin s'écroule comme une pile d'assiettes

En milliers de tessons de porcelaine et d'heures

Et de carillons

Et de cascades

Jusque sur le zinc de ce bistrot très pauvre

Où les étoiles persistent dans la nuit du café »

Robert Desnos, « À l'aube », *Destinée arbitraire*,

© Gallimard (1975).

La comparaison entre le matin et la pile d'assiettes est singulière, car elle associe une dimension temporelle, donc abstraite (celle du matin ou des « heures ») et une réalité triviale et matérielle (celle de la pile d'assiettes et des « tessons de porcelaine »). Elle permet de matérialiser cette irruption de la vie quotidienne et bruyante quand la nuit laisse place au jour.

2 L'évolution de la poésie, du romantisme au surréalisme

A La poésie romantique (1820-1848)

a. Les thèmes de prédilection

■ **Le lyrisme ou l'expression intime des sentiments personnels**

Le moi romantique est passionné, souvent inquiet, voire révolté. Il aime à s'épancher dans ses écrits, à combler sa solitude en partageant ses états d'âme avec son lecteur.

■ **Les relations étroites avec la nature**

Le poète considère la nature comme un refuge, **une confidente**. Il préfère les lieux propices à l'exaltation et à la quête d'infini, comme les forêts, les montagnes, les océans tumultueux...

■ L'idéalisation de la femme

La passion amoureuse est vitale pour le romantique ; elle est une source d'élévation et d'inspiration unique.

■ L'évasion à travers l'exotisme, le fantastique, le goût du passé

Pour oublier son insatisfaction et ses souffrances, le poète tend à fuir le monde qui l'entoure. L'imagination, le surnaturel, les rêves lui offrent une matière illimitée à explorer.

b. La fonction du poète

■ Chez les romantiques, la poésie n'est plus seulement un art, elle devient un moyen de connaissance, le moyen idéal d'**accéder à la vérité**. L'univers est rempli de signes, de voix que le poète est en effet le seul à pouvoir percevoir et déchiffrer. Véritable interprète, le poète offre au lecteur des clés pour comprendre le monde et ses mystères. Pour Victor Hugo, le poète romantique a pour mission de **guider le peuple**, il est un mage et un voyant, un intermédiaire entre Dieu et les hommes.

■ La poésie romantique relève donc du **sacré** : elle est à la fois intime et universelle, cosmique et inspirée.

■ Rien de surprenant donc à ce que le poète romantique s'engage dans son temps, et même en politique.

➔ Après avoir été élu député, Lamartine se présenta à l'élection présidentielle (décembre 1848). Quant à Hugo, il fut pair de France puis député de la II^e République.

Victor Hugo, la représentation du poète romantique



© adoc-photo

Victor Hugo sur le rocher des proscrits, à Jersey (été 1853)

L'écrivain est ici représenté dans la posture du poète romantique, entre terre et ciel, le rocher matérialisant ce statut bien particulier de guide ou d'intermédiaire.

c. Les innovations formelles

■ L'assouplissement de l'alexandrin

L'expression des sentiments passionnés est incompatible avec le carcan formel de la poésie classique. Les poètes romantiques disloquent « ce grand niais d'alexandrin » (Victor Hugo) en multipliant les rejets et les enjambements. Pour éviter la césure automatique à la sixième syllabe (hémistiche), ils préconisent l'emploi du trimètre (rythme ternaire 4/4/4).

« Il vit un œil / tout grand ouvert / dans les ténèbres. »

Victor Hugo, « La Conscience », *La Légende des siècles* (1859).

■ L'usage d'une versification audacieuse

Tout en restant partiellement fidèles aux contraintes de l'écriture poétique, les romantiques explorent les potentialités du vers. Ils diversifient les rythmes en multipliant les **ruptures** et n'hésitent pas à recourir à des vers extrêmement courts (deux ou trois syllabes).

■ L'invention du poème en prose

- En 1842, un recueil est publié, qui participe de la naissance d'une forme poétique. Publié un an après la mort de son auteur **Aloysius Bertrand**, *Gaspard de la nuit* est composé de poèmes en prose.
- Le poème en prose possède son unité propre et forme un tout cohérent. C'est un texte court, structuré à l'aide de paragraphes distincts grâce aux alinéas.
- Du poème, il conserve les images, la brièveté, la mise en page. À la prose, il emprunte l'absence de vers et de rimes, un lexique courant, voire trivial, des thèmes peu poétiques. Il raconte d'ailleurs parfois une histoire. L'absence de vers et de rimes est palliée par un jeu accru sur les sonorités et le recours fréquent aux figures de la répétition (anaphore, parallélisme).

d. Quelques recueils de poésie romantique

■ *Méditations poétiques* (1820) d'Alphonse de Lamartine

Dans ses *Méditations*, Lamartine veut atteindre l'**Idéal**, s'élever vers une consolation divine. Grâce au lyrisme, à l'exaltation de son moi, le poète exprime sa subjectivité, son émotion toute personnelle. « Je n'imitais plus personne, je m'exprimais pour moi-même, ce n'était pas un art, c'était un soulagement de mon propre cœur, qui se berçait de ses propres sanglots. Je ne pensais à personne en écrivant ces vers si ce n'est à une ombre et à Dieu » (Préface des *Méditations*).

■ *Les Nuits* (1835-1837) d'Alfred de Musset

Dans ce recueil, le poète évoque la violence des sentiments que lui impose la passion amoureuse ainsi que le rôle de la souffrance dans la création poétique. C'est à sa muse qu'il confie ses tourments.

■ *Les Châtiments* (1853) de Victor Hugo

Dans ce recueil, Hugo se révolte contre Napoléon III et dénonce son coup d'État. Sous la plume du poète, l'empereur devient Napoléon le Petit. À cause de lui, Hugo est obligé de s'exiler. Toutefois, le poète continue d'écrire, et ce recueil, qui se veut un **pamphlet**, est une arme pour combattre la politique de Napoléon III. À travers le poète, **c'est le peuple qui parle**.

■ *Les Contemplations* (1856) de Victor Hugo

Le recueil est un **hommage à sa fille**, Léopoldine, morte noyée. Il est empreint de chagrin et de nostalgie. Hugo invite son lecteur à une réflexion universelle sur la mort : « **Prenez donc ce miroir et regardez-vous-y.** »

B La poésie symboliste (1857-1900)

a. La doctrine

■ Le symbolisme correspond à une réaction contre le réalisme, le naturalisme et l'apologie du progrès scientifique. L'artiste symboliste refuse de se limiter à une connaissance rationnelle du monde, il prône au contraire ce qui relève d'un **univers supérieur et invisible**. Comme les romantiques, les poètes symbolistes se considèrent comme des intermédiaires entre les hommes et les secrets de l'univers, comme des **guides inspirés**.

■ À la différence des romantiques, ils s'élèvent au-dessus du commun des mortels et se distinguent par un véritable **élitisme**. C'est la raison pour laquelle ils aiment employer un vocabulaire précieux et rare, des phrases à la syntaxe élaborée, de nombreux symboles. Leur poésie est parfois qualifiée d'hermétique, d'obscur car elle est difficile à comprendre.

b. La prédominance des correspondances

■ L'étymologie du mot « symbolisme » signifie « être en rapport » : l'**analogie** est donc une notion-clé de ce mouvement qui se propose de rapprocher une idée abstraite de l'image sensible qui la matérialise.

■ **Baudelaire** est perçu comme le précurseur du symbolisme, puisqu'il s'est intéressé aux **synesthésies**. Dans son poème « Correspondances », un vers célèbre résume cette théorie : « Les parfums, les couleurs et les sons se répondent ».

■ Par sa puissance évocatrice, la poésie exerce un **pouvoir ensorcelant** sur le lecteur et lui offre un accès au monde des symboles.



La synesthésie désigne un jeu de correspondances entre plusieurs sensations.

c. Les précurseurs : Baudelaire, Verlaine, Rimbaud

■ Charles Baudelaire

• Son œuvre majeure, *Les Fleurs du mal* (1857), s'inscrit dans la modernité, qu'il définit comme « intimité, spiritualité, couleur, aspiration vers l'infini exprimées par tous les moyens que contiennent l'art ». Obsédé par la perfection formelle, il voue un **culte à la beauté**, comme le feront ses contemporains, les parnassiens, adeptes de « l'art pour l'art ».

• Son œuvre traduit l'opposition, qui le hante, entre le **Spleen**, cet état dépressif propre à la nature humaine, et l'**Idéal**, un monde rêvé, gouverné par la pureté et l'harmonie.

■ Paul Verlaine

• Dans son « Art poétique » (1884), Verlaine sa vision de la poésie. Le poète couche sur le papier les tourments de son âme qu'il matérialise sous la forme d'un paysage poétique.

• La **mélodie**, la **musicalité des vers** jouent un rôle essentiel, restituant les émotions et sentiments personnels. Le **vers impair** constitue également l'une des spécificités de l'écriture verlainienne.

« De la musique encore et toujours !
Que ton vers soit la chose envolée
Qu'on sent qui fuit d'une âme en allée
Vers d'autres cieux à d'autres amours. »

Paul Verlaine, « Art poétique »,
Jadis et naguère (1884).



En 1884, Verlaine publie *Les Poètes maudits*, une œuvre qu'il consacre à ces poètes incompris et provocateurs, qui rejettent la société et n'hésitent pas à se mettre en danger en se plongeant dans des « paradis artificiels » (alcool, drogue).

■ Arthur Rimbaud

- Ce jeune prodige rebelle se fixe un objectif révolutionnaire et ambitieux : « **se faire voyant** » et inventer un **nouveau langage** « de l'âme pour l'âme, résumant tout, parfums, sons, couleurs, de la pensée accrochant la pensée et tirant » (*Lettre du voyant*, 1871).
- **Peu soucieux de rigueur formelle**, contrairement à Baudelaire, il brasse les mots et les images dans des poèmes nourris de violence et de délires. Certains titres de recueils comme *Une saison en enfer* ou *Illuminations* évoquent clairement cette aventure humaine aux confins de la folie.

d. Le maître : Stéphane Mallarmé

■ Profondément marqué par Baudelaire, il voue un **culte à la perfection formelle** et transcrit dans ses poèmes la contradiction entre le Spleen et l'Idéal.

■ Sa poésie évolue ensuite vers l'**hermétisme** : il cherche une écriture suffisamment impersonnelle, épurée, éloignée du réel, pour exprimer l'idéal dont il rêve. Ce désir utopique d'une langue désincarnée, il l'exprime ainsi dans son « Sonnet en yx » dont voici les deux premiers quatrains :

« Ses purs ongles très haut dédiant leur onyx,
L'angoisse ce minuit, soutient, lampadophore,
Maint rêve vespéral brûlé par le Phénix
Que ne recueille pas de cinéraire amphore.

Sur les crédences, au salon vide : nul ptyx,
Aboli bibelot d'inanité sonore,
(Car le Maître est allé puiser des pleurs au Styx
Avec ce seul objet dont le Néant s'honore). »

Stéphane Mallarmé, *Poésies* (1899).

C La poésie surréaliste (1913-1966)

a. Aux origines du surréalisme : Guillaume Apollinaire

■ **L'inventeur du mot.** En 1917, le terme « surréalisme » naît sous la plume de Guillaume Apollinaire. En 1922, André Breton, Louis Aragon et Philippe Soupault le reprennent pour baptiser leur nouveau mouvement artistique : « en hommage à Guillaume Apollinaire qui venait de mourir [...], Soupault et moi nous désignons sous le nom de surréalisme le nouveau mode d'expression pure que nous tenions à notre disposition » (André Breton, *Manifeste du surréalisme*).

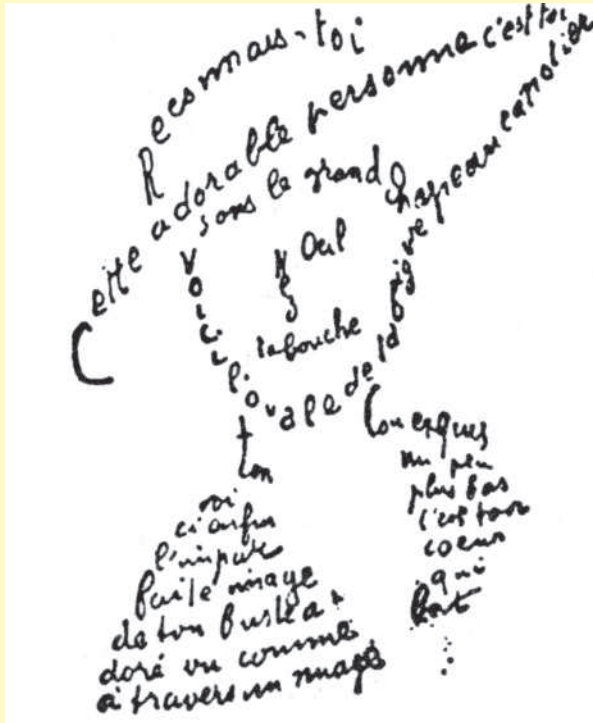


Le titre du recueil *Alcools* (1913) évoque l'ivresse – recherche d'excitant ou fièvre inspiratrice – mais rappelle aussi que la vie et la poésie suscitent une même intensité : « Et tu bois cet alcool brûlant comme ta vie/Ta vie que tu bois comme une eau de vie » (« Zone »).

■ **Un poète entre deux mondes.** Apollinaire cristallise au début du xx^e siècle le vif intérêt que la poésie porte à la nouveauté, tant dans le choix des sujets abordés que dans celui des formes. Dans « Zone » (1913), il célèbre le **monde moderne** en évoquant l'effervescence des rues de Paris ou les moyens de transport modernes comme l'avion ou l'autobus.

■ En **supprimant la ponctuation** et en inventant le **calligramme**, il renouvelle l'écriture poétique.

Une forme poétique originale, le calligramme



© Gallimard Poème du 9 février 1915, *Poèmes à Lou*, Guillaume Apollinaire

Créé en 1918 par le poète Guillaume Apollinaire, le calligramme est un mot-valise formé à partir des termes « calligraphie » et « idéogramme ». Le premier désigne l'art de l'écriture élégamment formée. Le second désigne un symbole graphique chinois représentant un mot ou une idée.

■ Entre symbolisme et surréalisme, entre tradition et modernité, il s'attache également à des **thèmes lyriques** aussi classiques que la fuite du temps, les amours malheureuses, la mélancolie du poète.

■ À travers son œuvre, il joue avec toutes les potentialités de la langue poétique, des formes les plus classiques aux plus modernes telles que le **vers libre**.

b. L'aventure surréaliste

■ Ce mouvement est né du cataclysme que fut la Première Guerre mondiale.

■ Avant de fonder le surréalisme, André Breton rejoint le **mouvement dadaïste** créé en 1916 par Tristan Tzara. Ce groupe prône le renversement de l'ordre établi en multipliant provocations et scandales.

■ En 1922, Breton décide de réunir autour de lui de nombreux artistes pour « **changer la vie** ». Rejoindront les rangs du surréalisme des poètes comme Paul Eluard, Louis Aragon, Robert Desnos mais aussi des peintres tels que Salvador Dali, Max Ernst ou René Magritte.

■ L'histoire du surréalisme, brève mais intense, est émaillée de désaccords, de conflits multiples qui aboutissent à de nombreux départs. Le mouvement adhère temporairement au **Parti communiste**. La Seconde Guerre mondiale disperse le groupe, mais c'est la mort de son fondateur, André Breton, qui lui donnera le coup de grâce.

c. Les thèmes essentiels

👉 **L'inconscient est ce qui échappe au contrôle de la raison, à la conscience. En 1915, Breton, étudiant en médecine, s'initie aux travaux de Freud sur ce sujet. Il s'appuiera sur ceux-ci pour proclamer l'importance du hasard dans la création artistique.**

■ **L'inconscient.** Les surréalistes croient en la puissance de l'inconscient qui s'exprime à travers les récits investis par la magie, la folie et le rêve. Certains textes sont conçus sous hypnose. Des œuvres résultent de l'arbitraire ou d'une rencontre hasardeuse, tel **le cadavre exquis**, un jeu consistant à faire écrire une phrase ou un texte par plusieurs personnes sans qu'aucune d'elles ne sache ce qui a été écrit par les autres.

■ **Le culte voué à la femme.** La femme est considérée comme un **intermédiaire entre l'homme et le monde**, un passeur qui offre un accès à une réalité supérieure, au surréel.

L'amour est également célébré par la poésie surréaliste, puisqu'il représente ce qui force l'individu à se dépasser, l'objet d'une quête absolue et merveilleuse.

■ **L'expérience poétique au quotidien.** La poésie est partout et doit être **accessible à tous**. C'est elle qui enchante le quotidien, transfigure le réel. Parce qu'elle **échappe à la raison**, elle est le genre de prédilection des surréalistes. Elle permet en effet au poète de laisser s'exprimer ce qu'il a de caché, de plus enfoui en lui.

■ **La liberté sous toutes ses formes.** Les surréalistes se veulent libres pour **révolutionner la société** et anéantir l'ordre bourgeois. Éléments perturbateurs, ils **refusent la soumission**.

d. Les innovations formelles

■ Les **images insolites** privilégient des rapprochements fortuits, fruits du hasard. Après s'être imposées au poète, elles surprennent le lecteur, d'autant qu'elles échappent à toute explication logique.

« Sur le pont à la même heure
Ainsi la rosée à tête de chat se berçait »

André Breton, « Au regard des divinités »,
Clair de terre © Gallimard, 1923.

■ Les collages ou **associations libres d'images et de mots** engendrent un nouveau langage débarrassé de toute norme et contrainte. Ce n'est plus la pensée qui dicte les mots, mais les mots qui dictent la pensée.

■ **L'écriture automatique** permet d'écrire, sans aucune censure, ce que dicte l'inconscient.

SUJET DE TYPE BAC

Commentaire

En quoi réside l'originalité de ce poème que Baudelaire adresse à sa maîtresse, Jeanne Duval, la Vénus noire ?

Lorsque tu dormiras, ma belle ténébreuse,
 Au fond d'un monument construit en marbre noir,
 Et lorsque tu n'auras pour alcôve et manoir
 Qu'un caveau pluvieux et qu'une fosse creuse ;

5 Quand la pierre, opprimant ta poitrine peureuse
 Et tes flancs qu'assouplit un charmant nonchaloir,
 Empêchera ton cœur de battre et de vouloir,
 Et tes pieds de courir leur course aventureuse,

10 Le tombeau, confident de mon rêve infini
 (Car le tombeau toujours comprendra le poète),
 Durant ces grandes nuits d'où le somme est banni,
 Te dira : « Que vous sert, courtisane imparfaite,
 De n'avoir pas connu ce que pleurent les morts ? »
 – Et le ver rongera ta peau comme un remords.

Charles Baudelaire, « Remords posthumes »,
Les Fleurs du mal (1857).

CORRIGÉ

Introduction

Ce sonnet original renouvelle le thème de la fuite du temps souvent exploité en poésie. Il surprend le lecteur dans sa forme – puisqu'il mêle discours et récit – mais surtout dans sa manière de traiter le sujet avec noirceur et provocation.

1. Une méditation sur la mort

■ La femme est montrée dans sa dernière demeure, son cercueil, grâce à un enchaînement de **propositions temporelles** introduites par « Lorsque », « Et lorsque », « Quand », « Durant ». Ces deux quatrains détaillent les circonstances dans lesquelles se déroule l'action principale, tandis que le discours du tombeau occupe les deux derniers tercets.

■ Le poème est saturé de termes appartenant au **champ lexical de la mort**, ce qui accentue cette représentation macabre insolite. Si le premier vers utilise l'euphémisme « dormiras », le dernier vers – la chute mise en valeur par un tiret – introduit un détail horrible et cru, celui du cadavre en décomposition, mangé par les vers.

■ Certaines **rimes** déclinent cette dimension funeste, comme celle en -oir tirée de « noir » ou la rime suivie « morts/remords ». Notons aussi que l'adjectif « ténébreuse » à la rime connote également la noirceur et la mort.

■ L'inconfort de cette situation est exprimé par un sentiment d'oppression, de lourdeur propre à l'enfermement. L'**allitération en [p]** du vers :

« Quand la pierre, opprimant ta poitrine peureuse »
 imite la pesanteur du marbre.

■ Le **Spleen** envahit ce texte où règne le tragique. Il n'y a pas d'espoir, ni de lumière, puisque l'évocation de la terre et de ses entrailles prédomine. Toute vie est anéantie, comme le suggèrent les **métonymies** de la femme (« empêchera ton cœur de battre », « et tes pieds de courir »), manifestations de vie.

2. Une condamnation de la femme

■ Le destinataire du sonnet est bien entendu Jeanne Duval, la maîtresse de Baudelaire. Dans un effet de boucle, le poème commence et finit pratiquement par une marque de tutoiement :

➔ Pour Baudelaire, Jeanne Duval est la « maîtresse des maîtresses » (« Le Balcon ») et sa principale muse. Elle incarne la femme sensuelle et séductrice, infidèle et toxique, pour laquelle le poète éprouvera une passion charnelle irrépressible.

« tu dormiras »/« ta peau ». Ce poème de facture classique pourrait ressembler à un aveu amoureux traditionnel. Pourtant, même si le poète rappelle les charmes physiques de la maîtresse dans l'apostrophe « belle ténébreuse », il lui reproche sa frivolité, sa vie de débauche dans une apostrophe finale critique (« courtisane imparfaite »).

■ Ce poème retentit comme une **prédiction fatale**, comme le prouvent les futurs tels que « dormiras », « empêchera », « dira », « rongera ». L'amour du poète se mue en véritable haine, tandis que la beauté de la femme subit les ravages du temps. Les vers 3 et 4 insistent sur le **retourne-ment de situation** : ce qui était une « alcôve » dédiée à l'amour devient « un caveau pluvieux », alors que le riche « manoir » laisse place à une dérisoire « fosse creuse ».

■ Personnifié et doté de parole, **le tombeau devient le complice du poète** qu'il semble venger, dans le premier tercet. Le discours direct accusateur de la fin est d'autant plus virulent qu'il n'est pas énoncé par le poète, mais par ce qui pourrait bien être une **allégorie de la Mort**, le tombeau.

➔ Faire parler une chose personnifiée, comme ici un tombeau, relève d'une figure de style appelée prosopopée. Baudelaire en utilise souvent pour faire parler le Temps ou la Mort, et leur donner l'apparence de divinités intraitables et cruelles.

■ La « mise à mort » de la femme aimée s'accompagne d'une **destruction du lyrisme amoureux traditionnel**. Comme dans le titre oxymorique des *Fleurs du mal*, la beauté et la mort paraissent inextricablement liées, d'autant que c'est de leur évocation que le poète tire sa création artistique.



Articles de journaux, débats à la télévision, négociations, affaires judiciaires, tant à l'écrit qu'à l'oral, le genre argumentatif est partout présent. Il est important d'en connaître le fonctionnement pour être à son tour capable de l'utiliser, que ce soit dans le cadre de travaux scolaires ou dans la vie quotidienne.

1 Les différents textes argumentatifs

A L'essai

■ Le terme « essai » désigne un texte en prose de longueur moyenne qui exprime des idées sur un sujet sans prétendre le traiter de manière exhaustive.

Montaigne est le premier à employer ce terme pour intituler ses écrits. Les *Essais* (1572-1592) sont construits autour de chapitres abordant des thèmes divers sans souci d'organisation. « Mes fantaisies se suivent, [...] et se regardent mais d'une vue oblique. [...] J'aime l'allure poétique, à sauts et à gambades. » (*Essais*, III, IX)

■ La forme de l'essai est **très peu contraignante**. L'essai, en effet, n'est pas assujéti à des lois strictes de composition comme le traité ou la dissertation ; tout dépend des choix faits par l'auteur. Certains, comme Pierre Bayle dans les *Pensées diverses sur la comète* (1680), optent pour un **mode d'exposition très libre**, semblable à celui de la lettre ; à l'inverse, d'autres, comme Montesquieu, dans son ouvrage *De l'esprit des lois* (1748), organisent leur propos selon un **plan structuré**.

■ L'auteur intervient souvent en **son propre nom**. Modalisateurs, termes connotés et registres ironique, polémique, voire lyrique, engageant sa prise de position, caractérisent l'essai.

■ L'auteur propose à ses contemporains une réflexion sur divers sujets, qu'il argumente **à partir de son savoir, de son expérience** mais aussi de **ses observations**.

Ainsi Montesquieu, juriste de formation, étudie, dans *De l'esprit des lois*, les différents régimes politiques.

B Le dialogue philosophique

■ Forme mise à l'honneur dans l'Antiquité par Platon, le dialogue est à nouveau extrêmement utilisé au XVIII^e siècle par les philosophes des Lumières, notamment par Diderot (1713-1784) dans *Le Neveu de Rameau* (1762-1773) ou *Le Rêve de d'Alembert* (1769).

■ Le dialogue philosophique a pour modèle la **conversation** dont il doit conserver les qualités : liberté, simplicité, naturel.

- Il a pour objectif d'atteindre le vrai.
- L'intérêt de ce genre est double : il permet de faire entendre deux voix, celle du défenseur de l'idée et celle d'un contradicteur. Par ailleurs, la forme dialoguée rend plus vivante et attrayante la confrontation des idées.

C L'apologue

■ Ce terme vient du mot grec *apologos* signifiant « récit ». Pris dans un sens restrictif, il est alors un synonyme du mot « **fable** ». Dans un sens plus large, il désigne toute forme de récit allégorique, comme la fable ou le conte philosophique, visant à illustrer une leçon ou une question morale. Il s'agit d'une **argumentation par l'exemple**.

■ Le but de l'apologue est de plaire et d'instruire en même temps. Les *Fables* de La Fontaine, par exemple, amusent tout en apportant un enseignement.

👉 Pour détourner la censure qui sévit au XVII^e et au XVIII^e siècles, les auteurs dissimulaient leurs critiques derrière un conte ou une fable.

D L'argumentation dans les autres genres littéraires

■ Dans le **roman** peuvent exister, plus ou moins nombreux, des passages de nature argumentative, comme lorsque le personnage de Jacques, dans *Jacques le Fataliste*, entretient son maître au sujet de la destinée.

■ De même, les **dialogues théâtraux** se prêtent parfaitement à la confrontation d'idées différentes et offrent de nombreux exemples de passages argumentatifs, comme les dialogues entre les valets et les maîtres dans *L'Île des esclaves* de Marivaux, quand ceux-ci confrontent leurs points de vue qui sont antagonistes.

■ Les **poèmes** peuvent aussi se prêter à l'argumentation. Par exemple, *Les Tragiques* (1616) d'Agrippa d'Aubigné offrent de nombreux passages de type argumentatif qui critiquent sévèrement la religion catholique et font l'éloge de la religion protestante. Voltaire, dans *Le Mondain* (1736), fait l'éloge de son époque et critique ceux qui lui préfèrent le passé.

Pascal, un penseur majeur du XVII^e siècle



© Bridgeman/Giraudon

Blaise Pascal, Philippe de Champaigne, collection privée

Blaise Pascal (1623-1662), mathématicien et philosophe, occupe une place à part au XVII^e siècle. Mû par une foi religieuse sincère, il est l'adversaire des jésuites et des philosophes libertins. Contre les jésuites, il écrit *Les Provinciales* (1656-1657), texte théologique polémique. Il aborde également la difficile question de la grâce divine et critique le relâchement moral qui marque la pratique religieuse des jésuites. Son projet de ramener les libertins à Dieu est à l'origine de ses *Pensées* (1670).

E Les discours

Depuis l'Antiquité, on considère qu'il existe **trois grands genres de discours**, sous une forme écrite ou orale : les discours judiciaire, épideictique et délibératif.

a. Le discours judiciaire

■ L'activité du locuteur consiste à juger ce qui a été fait, c'est-à-dire à accuser ou à défendre. Ses valeurs sont **le juste et l'injuste**. Ce genre est centré sur la narration car il faut exposer les faits, accuser ou défendre.

■ Cette démarche se retrouve dans le **réquisitoire** et dans le **plaidoyer**. À l'origine, ces termes appartiennent au vocabulaire judiciaire.

Le terme « réquisitoire » désigne le discours du procureur, de l'avocat général qui accuse le coupable et, par extension, tout discours accuse quelqu'un ou qui incrimine quelque chose.

Le terme « plaidoyer » désigne le discours prononcé pour défendre le droit d'une partie.

■ Discours satirique, le **pamphlet** appartient lui aussi à ce genre ; de même, le **manifeste** qui vise à critiquer certaines idées et à en promouvoir de nouvelles.

b. Le discours épideictique

L'activité du locuteur consiste à louer ou à blâmer.

■ À travers l'**éloge**, l'auteur exprime un jugement favorable sur une personne, une chose. L'oraison funèbre, les discours de réception dans des institutions prestigieuses appartiennent à cette catégorie de discours.

« Elle [La princesse Henriette-Anne d'Angleterre] étudiait ses défauts ; elle aimait qu'on lui en fît des leçons sincères : marque assurée d'une âme forte, que ses fautes ne dominent pas, et qui ne craint point de les envisager de près, par une secrète confiance des ressources qu'elle sent pour les surmonter. »

Bossuet, *Oraison funèbre d'Henriette-Anne d'Angleterre* (1644).

■ Le **blâme** est un jugement défavorable porté sur une personne ou une chose.

c. Le discours délibératif

L'activité du locuteur consiste à **peser le pour et le contre**. Ce type de discours est utilisé dans tous les genres littéraires, toutes les fois qu'une situation présente deux personnages en train de débattre d'une action à accomplir ou un seul personnage, placé devant un **dilemme**.

« RODRIGUE
[...]
Oui, mon esprit s'était déçu.
Je dois tout à mon père avant qu'à ma maîtresse :
Que je meure au combat, ou meure de tristesse,
Je rendrai mon sang pur comme je l'ai reçu.
Je m'accuse déjà de trop de négligence ;
Courons à la vengeance ;
Et tout honteux d'avoir tant balancé,
Ne soyons plus en peine,
Puisqu'aujourd'hui mon père est l'offensé,
Si l'offenseur est le père de Chimène. »

Pierre de Corneille, *Le Cid*, I, 6 (1637).

Rodrigue est face à un dilemme : venger un père et perdre sa maîtresse ou bien vivre dans le déshonneur en choisissant Chimène.

2

Le fonctionnement du texte argumentatif

A Convaincre et persuader

- Le propre de tout texte argumentatif est de mettre en œuvre des **stratégies** visant à convaincre et à persuader le destinataire du bien-fondé ou non d'une idée.
- Lorsque le locuteur cherche à **convaincre** son destinataire, il emploie toutes les ressources de la pensée logique et du raisonnement. Quand il cherche à le **persuader**, il s'adresse à la sensibilité, aux sentiments de son destinataire.

B L'énonciation

- Le texte argumentatif est un énoncé qui met en scène un **locuteur**, celui qui argumente, et un **destinataire**, celui qu'il s'agit de convaincre et de persuader.
- Le locuteur ne se limite jamais à donner des informations ; il prend position par rapport à celles-ci et cherche à faire adhérer le destinataire à son point de vue.
Il faut distinguer ce qui relève de la stricte information de ce qui est l'expression de la présence et de la subjectivité du locuteur.
- La **présence du locuteur** se manifeste à travers les marques de la première personne, les connotations... (voir p. 238)
- L'**implication du destinataire** est essentielle. Il doit se sentir concerné. D'où la présence de marques de la 2^e personne, apostrophes, questions rhétoriques...

C Le thème et la thèse

- Le **thème** est le **sujet** du texte. Pour le repérer, on peut se servir du paratexte, plus précisément du titre et/ou relever le champ lexical dominant du texte.
- La **thèse** est l'**opinion**, le jugement de quelqu'un sur un sujet. Un même texte peut contenir **plusieurs thèses**, celle défendue par le locuteur et celle qu'il réfute.
La thèse défendue par le locuteur peut être **explicite** ou **implicite** (sous-entendue). Dans les deux cas, le repérage des indices et des marques de l'énonciation aide à l'identifier. Lorsque la thèse est explicite, elle se trouve souvent exprimée clairement dans le premier ou le dernier paragraphe du texte.

- Le locuteur peut choisir de discuter, de réfuter ou d'étayer un thèse.

Discuter implique la présence de deux thèses ; généralement, le texte commence par la thèse réfutée et se poursuit par la thèse défendue.

- Certains textes se contentent de **réfuter** une ou plusieurs thèses et ne présentent aucune thèse défendue.

- D'autres textes exposent seulement une ou plusieurs thèses défendues et ne donnent que les arguments qui viennent les **étayer**.

👉 Au Moyen Âge existait à l'université un exercice appelé la *disputatio* (dispute) ; il consistait en une discussion organisée sous la forme d'un débat oral. À l'issue d'un échange d'arguments et de contre-arguments énoncés chacun par un étudiant, le maître proposait une solution argumentée.

La littérature d'idées au XVIII^e siècle



© La Collection/Arthotek

**Voltaire au cabinet de lecture chez Procope,
Claudius Jacquand (1842), collection privée**

Au XVIII^e siècle, ceux que l'on appelle les philosophes des Lumières ont en commun un certain nombre d'idées : tous les sujets (régime politique, religion, etc.) doivent être examinés à la lumière de la raison ; le progrès est une valeur, d'où le rejet de tout ce qui pourrait l'entraver (tradition, principe d'autorité, superstition) ; la vulgarisation des savoirs scientifiques ainsi que la lutte contre les injustices et toutes les formes d'oppression font partie de leurs combats : en ce sens, ce sont des écrivains engagés.

Voici quelques noms de philosophes des Lumières : Montesquieu (1689-1755), Voltaire (1694-1778), Diderot (1713-1784), Rousseau (1712-1778).

D Les exemples et les types d'arguments

a. Les arguments

Un argument est une idée qui sert à justifier une thèse. Il en existe plusieurs sortes : rationnel, d'autorité, analogique.

■ L'argument **rationnel** établit la véracité d'une idée.

« Mais supposons pour un moment que les passions fassent plus de malheureux que d'heureux, je dis qu'elles seraient encore à désirer, parce que c'est la condition sans laquelle on ne peut avoir de grands plaisirs. »

Madame du Châtelet, *Discours sur le bonheur* (1746).

Madame du Châtelet utilise un argument rationnel ; elle donne une raison qui explique que l'on doit désirer avoir des passions. En effet, leur absence signifierait l'impossibilité de connaître de grands plaisirs.

👉 **Aristote (384-322), philosophe grec de l'Antiquité, était particulièrement révéru au Moyen Âge. Personne n'osait contredire sa pensée. Quand on voulait refuser d'argumenter, on se réfugiait derrière son autorité au moyen de la formule latine : « *Aristoteles dixit* » (Aristote a dit).**

■ L'argument **d'autorité** est une justification de la thèse par le recours à l'idée, à l'action d'un personnage, en invoquant une institution célèbre, l'opinion commune, un témoin fictif (par exemple, « toute personne convenablement informée sait que... »).

« Il le fallait absolument ; car Aristote avait trouvé que la solidité était une chose attachée à la noblesse de leur nature. »

Fontenelle, *Entretiens sur la pluralité des mondes* (1686).

■ L'argument **analogique** consiste à faire admettre une opinion en la rapprochant d'une autre, déjà admise par le destinataire.

« L'univers m'embarrasse, et je ne puis songer que cette horloge existe et n'ait point d'horloger. »

Voltaire, *Les Cabales* (1772).

Voltaire utilise un argument par analogie. Ce qui vaut pour une horloge est vrai pour l'univers : l'un et l'autre ont eu un concepteur, un horloger pour l'horloge, Dieu pour l'univers.

b. Les exemples

L'exemple est un fait, une anecdote qui vient illustrer l'argument. Il ne fait pas preuve. Il est seulement un moyen de rendre plus compréhensible et accessible une idée.

« Il [Le principe de la monarchie] se corrompt lorsque le prince change sa justice en sévérité ; lorsqu'il met, comme les empereurs romains, une tête de Méduse sur sa poitrine ; lorsqu'il prend cet air menaçant et terrible que Commode¹ faisait donner à ses statues. »

Montesquieu, *De l'esprit des lois*, livre VIII (1748).

1. *Commode* : empereur romain, régnant entre 180 et 192, est connu pour sa cruauté.

E Les modes de raisonnement

Il existe différentes manières d'organiser les arguments. Le raisonnement peut être explicatif, fonctionner par supposition, par syllogisme, par sophisme ou paralogisme.

■ **Le raisonnement explicatif.** La thèse est justifiée par un argument énonçant une explication ou une cause.

« [...] dans un État populaire, il faut un ressort de plus, qui est la vertu. Ce que je dis est confirmé par le corps entier de l'histoire, et est très conforme à la nature des choses. Car il est clair que, dans une monarchie, où celui qui fait exécuter les lois se juge au-dessus des lois, on a besoin de moins de vertu que dans un gouvernement populaire, où celui qui fait exécuter les lois sent qu'il y est soumis lui-même, et qu'il en portera le poids. »

Montesquieu, *De l'esprit des lois*, livre III (1748).

■ **Le raisonnement par supposition.** On émet une hypothèse ou supposition à partir de laquelle on tire une conséquence. Si cette dernière est convaincante, cela signifie que l'hypothèse, ou supposition, est recevable. Au contraire, si les conséquences sont illogiques, l'hypothèse est à rejeter, il s'agit alors de ce qu'on appelle un **raisonnement par l'absurde**.

« Ce pays est à nous. Ce pays est à toi ! Et pourquoi ? Parce que tu y as mis le pied ? Si un Tahitien débarquait un jour sur vos côtes et qu'il gravât sur une de vos pierres ou sur l'écorce de l'un de vos arbres : ce pays appartient aux habitants de Tahiti, qu'en penserais-tu ? »

Denis Diderot, *Supplément au voyage de Bougainville* (1773).

La supposition introduite par « Si » entraîne une conséquence qui est formulée implicitement à travers la question rhétorique : « qu'en penserais-tu ? ». Il faut comprendre : « tu trouverais cela intolérable ». Ceci montre que l'attitude de Bougainville et de ses hommes envers les Tahitiens n'est pas acceptable.

■ **Le raisonnement par syllogisme.** Il comporte trois étapes qui correspondent à trois propositions. La première, que l'on appelle **majeure**, énonce une vérité générale et contient l'attribut de la conséquence. La deuxième, que l'on appelle **mineure**, énonce un cas particulier et contient le sujet de la conséquence. La troisième, qui est la **conclusion**, tire les conséquences de la confrontation entre les propositions majeure et mineure.

Tous les hommes sont mortels. (majeure)
Or Socrate est un homme. (mineure)
Donc Socrate est mortel. (conclusion)

Mais le plus souvent, les syllogismes que l'on trouve dans les textes sont **simplifiés** ; le lecteur doit les reconstituer.

« La naissance n'est rien où la vertu n'est pas. »

Molière, *Dom Juan*, IV, 4 (1665).

Cette maxime correspond à la majeure d'un syllogisme dont la suite serait : « or vous n'avez pas de vertu, donc votre naissance n'est rien. »

■ **Le sophisme et le paralogisme.** Le sophisme, de même que le paralogisme, sont des **raisonnements faux** malgré une apparence de vérité due à l'énoncé de vérités générales et à la présence de connecteurs logiques. Il existe toutefois une différence entre les deux termes. Le paralogisme est une faute de raisonnement d'un locuteur qui est de bonne foi, tandis que le sophisme est un faux raisonnement destiné à tromper le destinataire.

« Tous les chats sont mortels, Socrate est mortel donc Socrate est un chat. »

Eugène Ionesco, *Rhinocéros*, acte I, © Gallimard (1959).

3

Les différents procédés littéraires au service de l'argumentation

A Les moyens lexicaux

■ Le locuteur peut infléchir l'opinion du destinataire et l'amener à considérer positivement ou négativement tel ou tel argument. Il peut utiliser des **termes valorisants ou dévalorisants** et des termes exprimant des sentiments.

La réponse de Voltaire à Rousseau, inutilement agressive, n'a guère contribué à élever le débat philosophique.

L'adverbe « inutilement » et l'adjectif « agressive » sont dévalorisants et montrent que le locuteur n'apprécie pas la réponse de Voltaire.

■ Le choix du **niveau de langue** soutenu ou familier est important, le premier suggérant l'estime du locuteur et le second son mépris.

Ce somptueux spécilège donne une idée très complète de la production poétique actuelle.

L'adjectif « somptueux » et le terme « spécilège », qui appartient au langage soutenu, expriment l'estime, l'appréciation du locuteur sur le livre considéré.

Ce recueil poétique n'est qu'un ramassis de textes sans intérêt.

Le terme « ramassis » exprime le mépris du locuteur envers le recueil.

■ Les **connecteurs logiques** jouent un rôle essentiel. Ils assurent l'enchaînement des idées.

B Les différents registres

Tous les registres peuvent être utilisés mais les plus fréquents, dans les textes argumentatifs, sont les registres polémique et pathétique.



Rousseau (1712-1778) écrit le *Discours sur l'origine de l'inégalité parmi les hommes* en réponse à une question posée par l'académie de Dijon : « Quelle est l'origine de l'inégalité des conditions parmi les hommes ? »

■ Le **registre polémique** dévalorise les idées de l'adversaire.

« Il prend envie de marcher à quatre pattes quand on lit votre ouvrage. Cependant comme il y a plus de soixante ans que j'en ai perdu l'habitude, je sens malheureusement qu'il m'est impossible de la reprendre. »

Lettre de Voltaire à Rousseau en réponse à son *Discours sur l'origine de l'inégalité parmi les hommes* (1755).

Voltaire utilise ici l'ironie, typique du registre polémique, afin de ridiculiser la thèse de Rousseau, celle d'un homme vivant à l'état de nature. Il feint de ne pas comprendre qu'il ne s'agissait chez Rousseau que d'une hypothèse philosophique visant à critiquer la société.

■ Le **registre pathétique** est là pour susciter la pitié du destinataire.

« Quel crime, quelle faute ont commis ces enfants
Sur le sein maternel écrasés et sanglants ? »

Voltaire, *Poème sur le désastre de Lisbonne* (1755).

La modalité interrogative qui sollicite le lecteur, les termes « écrasés », « sanglants » et la métonymie « le sein maternel » évoquant les mères de manière charnelle, provoquent la pitié du lecteur.

C Les procédés rhétoriques

Pour persuader son lecteur, le locuteur dispose des procédés rhétoriques suivants :

- l'utilisation répétée du **pronom de la 1^{re} personne du pluriel** (*nous*) a souvent pour fonction d'associer le lecteur au point de vue exprimé par le locuteur ; des **pronoms de la 2^e personne** (*tu* et *vous*) soulignent que le propos s'adresse bien à celui qui en prend connaissance ;
- l'**apostrophe** sollicite encore directement le lecteur et, d'une certaine manière, le force à s'impliquer dans la question débattue ;
- les **phrases exclamatives et interrogatives** interpellent le lecteur et tentent de l'amener à partager l'idée exprimée par le locuteur. Encore plus persuasives sont les **questions rhétoriques** qui visent à forcer l'adhésion du lecteur puisqu'elles sont en réalité des affirmations déguisées ;
- les **figures de style**, principalement les figures d'opposition, d'exagération et d'atténuation (voir p. 240).

SUJET DE TYPE BAC

Écriture d'invention

Imaginez que vous êtes député à l'Assemblée nationale. Un conflit est sur le point d'éclater entre votre pays et un pays voisin. Vous prononcez à la Chambre un discours pour convaincre et persuader les partisans de la guerre d'y renoncer et rallier les indécis à votre idée.

CORRIGÉ

👉 Au cours de votre discours, n'oubliez pas d'insérer des indications qui renseignent sur les réactions que vos paroles suscitent dans l'Assemblée, du type « murmure générale d'approbation dans l'auditoire » ou « applaudissement provenant des bancs des centristes », « cris de protestation de la partie droite de l'hémicycle », etc.

■ Comme il s'agit d'un discours officiel, vous devez vous adresser de manière **très solennelle** à votre auditoire : « Mesdames et Messieurs les députés, Mesdames et Messieurs les membres du Gouvernement... »

■ Vous pouvez commencer par un **bref rappel des faits** (l'origine de cette dégradation des relations entre les deux pays).

■ Vous pouvez ensuite appuyer l'idée que la guerre est un mal, en choisissant des exemples tirés des réalités économiques, politiques, sociales de notre siècle. C'est le moment de vous rappeler ce que vous appris lors de vos cours d'histoire-géographie et d'économie !

■ Vous pouvez enchaîner par l'évocation des traumatismes physiques et moraux qu'entraîne toute guerre. Vous pouvez alors évoquer à ce sujet une **anecdote** et user du **registre pathétique**. Vous pouvez aussi parler du risque d'extension de la guerre, ce qu'on appelle l'effet domino.

■ Dans un **registre polémique**, vous pouvez ensuite attaquer les partisans de la guerre en dénonçant le fait qu'ils ne pensent qu'à leurs propres intérêts et non à l'intérêt commun ; vous pouvez rappeler la phrase de Paul Valéry et la commenter brièvement « La guerre, un massacre de gens qui ne se connaissent pas, au profit de gens qui se connaissent mais ne se massacrent pas ».

■ La dénonciation des « va-t-en guerre » peut être un autre angle d'attaque ; certains, prompts à vouloir la guerre au nom, par exemple, de valeurs nationalistes, sont aussi prompts à se mettre à l'abri pour éviter les conséquences de leur choix.

👉 Rythmes ternaires, comparaisons ou métaphores dévalorisantes, anaphores, accumulations et antiphrases sont quelques-uns des procédés que vous pouvez utiliser pour donner un tour oratoire à votre discours.

■ L'évocation des bienfaits liés à la paix peut être rapidement esquissée avant de passer à la conclusion.

■ Vous pouvez **conclure** en prônant, par exemple, le recours à une solution diplomatique qui permet de trouver un consensus.

HISTOIRE

1. La place des populations de l'Europe dans le peuplement de la Terre 298
2. L'invention de la citoyenneté dans le monde antique 302
3. Sociétés et cultures de l'Europe médiévale du ^{xi}^e au ^{xiii}^e siècle 307
4. Nouveaux horizons géographiques et culturels des Européens à l'époque moderne 318
5. Révolutions, libertés, nations, à l'aube de l'époque contemporaine 333

GÉOGRAPHIE

6. Du développement au développement durable 347
7. Gérer les ressources terrestres 352
8. Villes et développement durable 368
9. Gérer les espaces terrestres 373

La place des populations de l'Europe dans le peuplement de la Terre



Présents sur le continent européen depuis environ deux millions d'années, les Européens sont le produit de multiples brassages de populations. Comment, de l'Antiquité au XIX^e siècle, les Européens contribuent-ils à la croissance de la population mondiale, d'abord en Europe du fait de leur accroissement quantitatif, puis dans le reste du monde ?

1 Le foyer de peuplement européen



Le peuplement correspond à la répartition de la population sur un espace géographique, tandis que la *population* est l'ensemble des individus qui habitent en un lieu donné.

Dans l'évolution de la population à l'échelle mondiale, sur le temps long, la part de la **population** européenne se révèle importante et relativement stable.

A L'Europe, un foyer de peuplement ancien

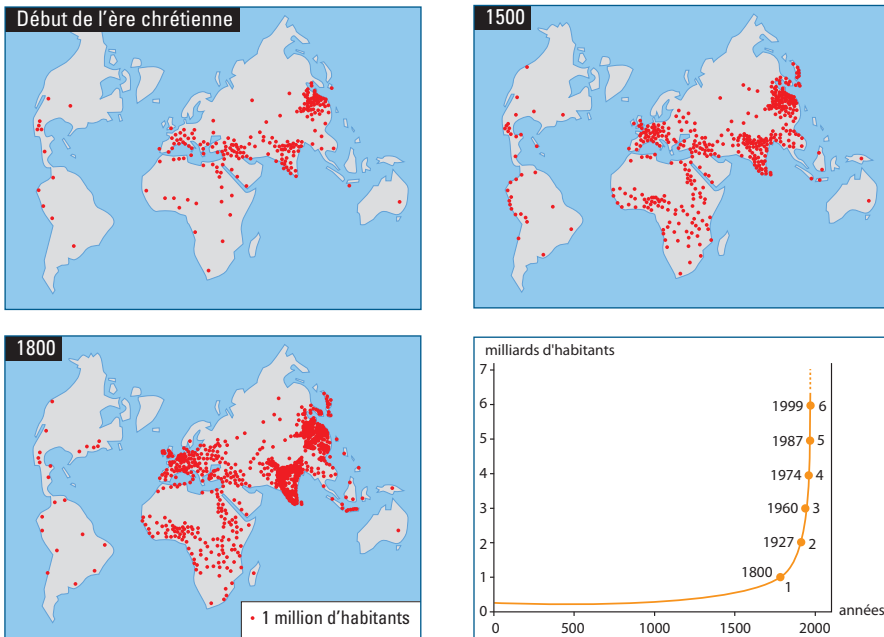
■ Depuis l'Antiquité, **trois foyers de peuplement majeurs** se distinguent : l'Asie de l'Est (Chine), l'Asie du Sud (Inde) et l'Europe. Entre le début de l'ère chrétienne et 1500, la population mondiale est presque multipliée par deux. En 1500, l'Europe compte 78 millions d'habitants, le sous-continent indien 95 millions et la Grande Chine 84 millions.

■ À partir de 1600, les trois foyers majeurs connaissent une remarquable croissance de la population. Entre 1800 et 1900, les densités de population augmentent dans le monde, surtout en Europe et aux États-Unis, qui deviennent le quatrième foyer de peuplement.

■ Au cours de la période **néolithique**, à partir de 7000 av. J.-C., des populations venues du Proche-Orient s'installent peu à peu en Europe. Vers 4000 av. J.-C., celle-ci compte peut-être 2 millions d'habitants. À partir de cette date, les **peuples indo-européens**, venus des steppes au nord de la mer Noire, s'établissent dans toute l'Europe. Ils y propagent leur culture, leurs croyances, leur langue, qui est à l'origine de la plupart des langues européennes actuelles.

■ Vers 400 av. J.-C., la Terre est peuplée d'environ 150 millions d'habitants, dont 30 millions en Europe.

Le peuplement de la Terre sur deux millénaires



B Une croissance démographique lente et irrégulière jusqu'au XVIII^e siècle

■ L'évolution **démographique** est marquée par l'**alternance de périodes de croissance et de périodes de crise**, ou accidents démographiques. Entre 500 et 1500, le nombre des Européens double cependant, passant de 39 millions à 78 millions.

■ Les périodes de croissance de la population européenne s'expliquent surtout par des **progrès agricoles** (ex. : au Moyen Âge, entre le XI^e et le XIII^e s.). Les périodes de crise (stagnation voire diminution de la population) sont dues au surgissement de « **fléaux** ». Les **épidémies** se propagent rapidement : la plus célèbre est la **peste noire** de 1348-1349, qui décime un tiers de la population européenne. Les **famines** reviennent régulièrement, surtout en cas de mauvaises récoltes. Les **guerres** provoquent de nombreux morts.

📌 La **démographie** est l'étude scientifique des populations, de leur évolution quantitative et qualitative, et de leurs mouvements.

C Un nouveau régime démographique à partir du XVIII^e siècle

■ L'Europe voit sa population doubler entre 1800 et 1900. Elle représente, à la fin du XIX^e siècle, **un quart de l'humanité** (420 millions sur 1 610 millions) contre environ 15 % auparavant.

La **transition démographique** est le passage d'une période d'équilibre démographique, où natalité et mortalité sont élevées, à une autre période d'équilibre démographique, où natalité et mortalité sont faibles. Durant cette transition, la population croît rapidement.

■ La France et l'Angleterre sont les premiers pays, dès 1750, à entamer leur **transition démographique**. Au XVIII^e siècle, si la hausse de la population française est importante (+ 33 %), elle l'est beaucoup moins que celle de l'Irlande (+ 110 %), de la Russie d'Europe (+ 80 %), de l'Angleterre (+ 61 %)...

■ Le **recul de la mortalité** est lié à plusieurs facteurs :

- les progrès techniques dans l'agriculture, qui permettent d'accroître les rendements ;
- la raréfaction des famines et des épidémies ;
- les progrès de la santé (Jenner invente le vaccin contre la variole à la fin du XVIII^e siècle) et de l'hygiène.

■ Parallèlement, jusqu'au XIX^e siècle, la natalité se maintient à un taux élevé. À l'exception de la France, où elle diminue dès la fin du XVIII^e siècle, les premiers signes d'une baisse de la natalité n'apparaissent qu'à la fin du XIX^e siècle. Les couples limitent alors le nombre de naissances (abstinence, pratiques contraceptives, abandon d'enfants) afin d'offrir de meilleures conditions de vie à leurs enfants. Ils intériorisent ainsi les **théories malthusiennes** (du nom de l'économiste Thomas R. Malthus, 1766-1834), qui préconisent la limitation des naissances.

2 La contribution des Européens au peuplement du monde

A Les déplacements forcés : le cas des traites négrières

■ La traite négrière est le transport et le commerce d'**esclaves noirs**. Elle est apparue avec les traites orientales (VI^e s.) au profit du monde musulman, à travers le Sahara.

■ Entre 1500 et 1600, la conquête de l'Amérique est suivie d'un **effondrement de l'effectif des populations autochtones** (de 80 à 4,5 millions), victimes des maladies infectieuses introduites par les Européens et du travail forcé imposé par les *conquistadores*.

■ Entre le XVI^e et le XIX^e siècle, **les Européens déportent 11 millions d'Africains**. Cette traite donne lieu au commerce triangulaire au profit de l'Espagne et du Portugal, puis de l'Angleterre et de la France. Des marchandises de faible valeur, chargées dans les ports de l'Atlantique, sont échangées contre des esclaves africains, qui sont transportés dans des conditions épouvantables à travers l'Atlantique. Les navires négriers rapportent ensuite des produits tropicaux en Europe. À cause de la traite négrière, la population africaine chute de l'ordre de 10 % entre 1700 et 1800.

B L'émigration européenne vers d'autres continents au XIX^e siècle

■ De 1820 à 1914, environ 55 millions d'Européens (dont 12 millions d'Anglais, 11 millions d'Irlandais et 7 millions d'Italiens) quittent leur pays d'origine pour s'installer sur un autre continent.

■ Dans un contexte de pression démographique et de bouleversement économique accompagnant le processus d'industrialisation, les migrations européennes s'expliquent en premier lieu par le **surpeuplement** et la **misère**. En effet, les progrès de l'agriculture, réduisant les besoins en main-d'œuvre dans les campagnes, alimentent un **exode rural** d'autant plus fort que la population augmente du fait de la transition démographique en cours. Or, le développement industriel ne permet pas de fournir un emploi à tous les nouveaux venus. Les migrants sont d'abord surtout originaires d'Europe du Nord (Britanniques à partir de 1830) ; après 1880, ils viennent principalement d'Europe de l'Est et du Sud.

📌 On appelle **exode rural** la migration des habitants des campagnes vers les villes.

■ L'émigration relève également de la fuite devant les **persécutions** dont sont victimes certaines populations (ex. : Juifs d'Europe de l'Est victimes de pogroms).

■ Les puissances européennes créent des **colonies de peuplement** en Afrique et en Asie (ex. : Algérie à partir de 1830). De leur côté, les « pays neufs » qui, comme les États-Unis, connaissent un fort développement économique, accueillent l'immigration européenne pour satisfaire leurs **besoins de main-d'œuvre**. Ils contrôlent cependant étroitement les flux d'immigration à leur arrivée (complexe douanier d'Ellis Island à New York, ouvert en 1892).

📌 Une **colonie de peuplement** est une colonie dans laquelle la métropole favorise l'implantation de populations nouvelles afin de mettre en valeur le territoire.

■ Les **progrès de la navigation** (*clippers* puis *steamers*) facilitent de telles migrations.

C Le cas de l'émigration irlandaise au XIX^e siècle

a. Une émigration massive, principalement vers les États-Unis

■ Au XIX^e siècle, les Irlandais émigrent en masse : plus de 5 millions d'entre eux quittent le pays, dont 3 millions vers les États-Unis et 1 million vers le Canada. Leurs destinations privilégiées sont les **pays anglophones d'Amérique du Nord et d'Océanie** (Australie et Nouvelle-Zélande). Vers 1850, ils constituent la première nation d'immigrants entrant aux États-Unis.

■ L'émigration irlandaise démarre dès les années 1830, mais la **Grande Famine** de la fin des années 1840 lui impulse une accélération brutale et spectaculaire. La surmortalité et l'émigration de masse font perdre au pays le tiers de sa population en quelques années. Puis, dans les années 1880, les grands propriétaires terriens (souvent des protestants anglais) expulsent les petits paysans (souvent des catholiques irlandais) des terres qu'ils exploitaient jusque-là. Enfin, l'émigration s'alimente d'elle-même, les premiers migrants invitant les autres à les suivre.

b. Les difficultés de l'intégration

■ Les immigrés irlandais sont confrontés à plusieurs problèmes à leur arrivée aux États-Unis, à commencer par le **chômage**. Les emplois disponibles ne sont pas suffisants pour occuper tous les immigrants qui, pour la plupart, se concentrent dans les grandes villes.

■ Les Irlandais – comme les autres immigrés – sont d'abord peu intégrés à la société américaine. Ils sont **regroupés entre eux** et vivent dans les quartiers les moins agréables, sans égouts et à proximité des usines. De plus, ils doivent souvent faire face à l'**hostilité de la population**.

■ Malgré ces difficultés, le brassage des populations (*melting pot*) finit peu à peu par s'opérer. Signe d'intégration des Irlandais, la **fête de la Saint-Patrick** devient avant la fin du XIX^e siècle l'une des grandes fêtes new-yorkaises, puis américaines.



La cité d'Athènes, aux ^v^e et ^{iv}^e siècles avant J.-C., puis l'Empire romain, entre le ⁱ^{er} et le ⁱⁱⁱ^e siècle après J.-C., ont mis en place deux systèmes politiques centrés sur le citoyen. Qui sont les citoyens à Athènes et à Rome ? Quel rôle jouent-ils dans ces deux contextes très différents ?

1 Citoyenneté et démocratie à Athènes (^v^e-^{iv}^e siècle av. J.-C.)

A La démocratie, une invention athénienne

Appelée en grec *polis* (qui a donné « politique » en français), la *cité* grecque est un mode d'organisation politique constitué d'une communauté humaine rassemblée sur un petit territoire, comprenant une ville principale et les campagnes environnantes.

Depuis le ^{vii}^e siècle av. J.-C., la Grèce est composée de plusieurs centaines de **cités** indépendantes les unes des autres. Athènes est l'une des plus peuplées et des plus puissantes.

a. Les législateurs du ^{vi}^e s. av. J.-C.

Deux hommes jouent un rôle décisif dans la mise en place de la démocratie, c'est-à-dire un régime où le pouvoir est exercé par le peuple.

■ **Solon**, archonte en 594-593 av. J.-C., instaure l'égalité devant la loi (**isonomie**) et la participation de tous aux décisions concernant la cité.

■ En 508-507 av. J.-C., **Clisthène** décide que tout membre du *demos* (peuple des citoyens) peut accéder aux fonctions politiques. Un citoyen n'est plus défini par son appartenance à une famille mais par un lieu de naissance et de résidence. Un système territorial reposant sur l'organisation de dix tribus, chacune répartie entre trois ensembles (la ville, la côte, l'intérieur), devient le cadre des institutions de la cité.

b. Les guerres médiques (début ^v^e s. av. J.-C.)

■ À la tête d'un puissant empire, les **Perses** (ou Mèdes) veulent se rendre maîtres des cités grecques. Mais ils sont battus à **Marathon** (- 490) puis à **Salamine** (- 480) par une coalition de cités, dont Athènes qui combat en première ligne.

■ Dans l'esprit des Athéniens, cette victoire témoigne de l'**efficacité de la démocratie**. Le régime en sort renforcé, et Athènes établit sa prééminence parmi les cités grecques.

c. Périclès

■ Périclès (495-429 av. J.-C.) est élu **stratège** chaque année entre – 443 et – 429 (soit 14 fois). Orateur remarquable, il contribue au développement de la puissance et du rayonnement de la démocratie athénienne, en puisant largement dans le trésor de la **ligue de Délos**.

■ Périclès crée le *misthos*, une **indemnité** journalière dans l'exercice de certaines charges publiques. Il limite l'accès à la citoyenneté en réservant ce statut aux hommes nés de père et de mère athéniens (– 451).

📌 Créée en –477, la **ligue de Délos** rassemble de nombreuses cités grecques autour d'Athènes, afin d'organiser la défense contre les Perses. Elle entretient une flotte commune.

B Le citoyen athénien

■ Seul un petit nombre d'Athéniens possède le statut de citoyen : sur une population estimée à environ 400 000 personnes, c'est le cas de **40 000 à 50 000 hommes environ**. Le reste de la population est constitué de 140 000 femmes et enfants de citoyens, d'environ 50 000 étrangers libres (femmes et enfants compris) appelés métèques, et de 130 000 à 150 000 esclaves.

	Citoyen	Non-citoyen
Sexe	Homme	Femme
Origine	Né de père et de mère athéniens à partir de – 451 Inscrit sur les registres d'un dème	Étranger
Âge	18 ans	Enfant
Liberté	Homme libre	Esclave

■ Le statut de citoyen ne recouvre pas une différenciation sociale : il existe des citoyens pauvres. Néanmoins, la citoyenneté s'accompagne d'un certain nombre de droits, comme celui de pouvoir posséder des terres. Elle impose aussi des obligations :

- **obligations militaires** : avoir été éphebe (avoir accompli une sorte de service militaire) et se consacrer à la défense de la cité, en fonction de ses moyens (cavalier, hoplite, rameur), de 18 à 60 ans ;
- **obligations politiques** : se rendre à l'Ecclésià et participer à la décision politique ;
- **obligations religieuses** : participer aux fêtes en l'honneur des dieux, en particulier d'Athéna. La religion grecque possède une **dimension civique** : elle contribue à la cohésion de la cité.

C Le fonctionnement de la démocratie athénienne

a. Les institutions

■ L'**Ecclésià**, assemblée de tous les citoyens, se réunit quarante fois par an sur la colline de la Pnyx, avec un ordre du jour précis. Elle désigne les **magistrats**, sortes de « ministres » (dix par fonction, mandat d'un an). Les dix **archontes** s'occupent des questions religieuses. Les magistrats les plus importants sont les dix **stratèges**, en charge des affaires militaires.

■ Les magistrats sont contrôlés par la **Boulè**, organe délibératif constitué de cinq cents « bouleutes », citoyens de plus de 30 ans tirés au sort à raison de cinquante par tribu.

■ Les citoyens les plus riches financent les dépenses publiques : il existe différentes charges ou **liturgies** (armer les trières, recruter les acteurs et les chœurs, etc.).

b. Le rôle central de l'Éclésia

Une **démocratie directe** est un régime dans lequel chaque citoyen prend part aux décisions politiques.

■ L'Éclésia est le lieu d'exercice d'une **démocratie directe** : tous les citoyens sont appelés à se prononcer pour ou contre une loi et sur l'entrée en guerre de la cité. Ils peuvent également décider l'exil pour dix ans (appelé « ostracisme ») de tout citoyen dont l'ambition personnelle est soupçonnée d'être un danger pour le régime démocratique.

■ Dans le processus de décision, le rôle du **discours** long est primordial. Chacun des citoyens détermine sa position à la suite des discours des **orateurs** (hommes politiques).

D La démocratie mise en question

a. Débats et limites

■ Les discussions entre citoyens à l'Éclésia amènent souvent à voter des décrets contradictoires, ce qui **paralyse** le système démocratique. La démocratie est également l'objet de **débats** : à qui revient le pouvoir ? à tous ou aux meilleurs (les *aristoi*) ? Participer aux délibérations suppose-t-il des compétences particulières, ou est-ce accessible à tout citoyen ? Le tirage au sort est-il valable pour toutes les fonctions ?

■ Dans ce contexte, celui qui maîtrise la parole et le discours s'impose : ainsi, les **sophistes** se font payer généreusement pour enseigner l'art de persuader.

b. Des critiques d'origines diverses

■ L'historien **Thucydide** (460-395 av. J.-C.) dénonce l'impérialisme de Périclès, la démocratie ne fonctionnant que parce qu'Athènes puise dans le trésor de Délos.

■ Selon le philosophe **Platon** (428-347 av. J.-C.), seul le philosophe peut détenir le pouvoir, les autres hommes étant aliénés par leurs illusions. **Aristote** (384-322 av. J.-C.), son disciple, dénonce les excès de la démocratie directe, sources de démagogie.

■ **Aristophane** (v. 458-v. 385 av. J.-C.) tourne en dérision les pratiques de la démocratie dans nombre de ses comédies (*Les Guêpes*, *L'Assemblée des femmes*). En revanche, **Euripide** (480-406 av. J.-C.), défend la liberté inhérente à la démocratie malgré les dérives de celle-ci, dans des pièces comme *Iphigénie à Aulis* ou *Hécube*.

c. Des menaces internes et externes

Contestant l'impérialisme athénien, Sparte et ses alliées déclenchent la **guerre du Péloponnèse** (431-404 av. J.-C.). Celle-ci s'achève par la défaite d'Athènes.

■ La **guerre du Péloponnèse** favorise deux « révolutions » contre la démocratie, qui se soldent toutefois par un échec :

– en – 411, les adversaires de la démocratie tentent d'instaurer une **oligarchie** (régime dans lequel le pouvoir est détenu par un petit nombre de personnes) ;


– en – 404, le gouvernement des Trente exerce un pouvoir tyrannique après la défaite d'Athènes.

■ L'émergence du **royaume de Macédoine** sous le règne de Philippe II (382-336 av. J.-C.) est consacrée par la bataille de Chéronée (– 338), qui met fin à l'indépendance des cités grecques. En – 322, les Macédoniens imposent une **réforme** qui prive la moitié des citoyens de leurs droits civiques.

2 Citoyenneté et Empire à Rome (I^{er}-III^e siècle)

A De la République à l'Empire

- En 27 av. J.-C., **Auguste** réorganise la vie politique de Rome et des provinces au profit de son pouvoir personnel et dynastique : le **principat**. Il met un terme à la République et institue l'Empire.
- Cependant, l'empereur n'abolit pas les traditions et les **institutions de la République**, même s'il les vide de leur substance (il contrôle le recrutement du Sénat).

 Petit-neveu puis fils adoptif de Jules César, Octave devient le premier empereur romain sous le nom d'*Auguste*, de 27 av. J.-C. à 14 apr. J.-C.

B Le citoyen romain

- Le citoyen est un homme libre de plus de 17 ans qui appartient à la cité : Rome, puis l'ensemble de l'Italie à partir de la fin du I^{er} siècle av. J.-C.. Il a des **droits**, des **obligations**, des **avantages** :

- droit de participer à la vie publique, qui procède du droit de suffrage (vote et éligibilité) ; droit de mariage et de propriété, accompagné de certains avantages fiscaux ; droit de porter la toge et d'utiliser la dénomination constituée du prénom, du nom et du surnom ;
- obligations de service militaire (dix années) et d'assistance ;
- avantage de ne relever que d'une juridiction romaine, plus favorable.

- Toutefois, depuis l'institution de l'Empire, les droits politiques des citoyens sont réduits à rien : les assemblées n'ont plus le pouvoir de voter les lois ni d'élire les magistrats. Les citoyens sont désormais des **sujets**, et la citoyenneté devient avant tout une **dignité**.

- Héréditaire, la citoyenneté peut aussi s'acquérir :

- par **affranchissement**, pour un esclave ;
- en reconnaissance du **service dans l'armée**, pour un soldat. À partir du règne de l'empereur Claude (41-54), tous les soldats ayant effectué 25 ans de service obtiennent automatiquement la citoyenneté romaine.

- Cependant, il existe une hiérarchie entre citoyens. Certains droits (ex. : faire partie du Sénat) sont réservés à une **élite**, les *honestiores* (les plus honorables) qui se différencient des *humiliores* (les plus humbles).

- Les **femmes** n'ont aucun droit politique mais transmettent la citoyenneté à leurs enfants. Les **esclaves** sont nombreux dans les mines, l'agriculture et les charges domestiques.

C L'extension de la citoyenneté

a. Une diffusion d'abord limitée à certaines cités et aux élites...

- Les conquêtes romaines s'accompagnent d'une diffusion de la citoyenneté : le **droit de cité romaine** (qui donne aux hommes libres le statut de citoyen romain) est octroyé à certaines cités. Les autres, appelées cités pérégrines, conservent leurs propres lois.

■ Néanmoins, ce n'est qu'à partir du règne de Claude que les notables des provinces conquises peuvent accéder au Sénat, l'empereur répondant favorablement à une sollicitation en ce sens des notables de Gaule chevelue. Les **tables claudiennes** portent la retranscription du discours prononcé à ce sujet par Claude devant le Sénat romain, en 48. Cette faveur entraîne peu à peu une ouverture du Sénat aux notables des provinces.

b. ... puis généralisée à tous les hommes libres de l'Empire

👉 **L'évergétisme est une pratique consistant, pour un notable fortuné, à financer des dépenses publiques (construction d'édifices, fêtes, spectacles, etc.).**

■ L'octroi de la citoyenneté aux élites est considéré comme un moyen d'**intégrer les populations conquises** à l'Empire. Les notables peuvent ainsi faire carrière dans l'administration et dans l'armée, et faire bénéficier leurs concitoyens de leurs richesses à travers l'**évergétisme**.

■ En rupture avec cette logique d'extension élitiste, le droit de cité romaine (sans droit de suffrage) est accordé en 212 par l'empereur **Caracalla** à tous les hommes libres de l'Empire (édit de Caracalla ou Constitution antonine). Cette universalisation de la citoyenneté accroît encore l'intégration des populations. Mais elle permet aussi d'augmenter les revenus fiscaux de l'empereur (les citoyens doivent verser des taxes sur les successions).

L'expansion de la citoyenneté dans l'Empire romain



c. La romanisation

La romanisation désigne l'adoption progressive du **modèle culturel et politique romain** par les populations de l'Empire. Elle s'appuie sur :

👉 **Mis en place par Auguste, le culte impérial est le culte rendu à chaque empereur, divinisé, ainsi qu'à sa famille.**

- l'**urbanisme**, qui se développe sur le modèle de Rome : plan orthogonal (*cardo* et *decumanus*), construction de temples, forums, marchés, aqueducs, théâtres, thermes, ces édifices traduisant également une diffusion du **mode de vie à la romaine** ;
- le **culte impérial**, qui témoigne de l'adhésion des populations à l'empereur ;
- l'usage du **latin**, qui se répand (le grec est réservé à l'élite).



ENTRE LE XI^e ET LE XIII^e SIÈCLE, l'Europe occidentale connaît des transformations majeures. Tandis que l'Église renforce son encadrement sur les populations, le monde rural, encore largement dominé par les communautés paysannes et par le système féodal, évolue parallèlement à l'essor des villes, monde pourtant encore très minoritaire mais porteur d'importantes évolutions, annonciatrices de la modernité.

1 La chrétienté médiévale

À l'exception des royaumes musulmans du sud de l'Espagne, l'Europe médiévale est chrétienne. L'influence de l'Église s'exerce dans les domaines spirituel et temporel. Ses institutions et ses rites structurent la vie quotidienne. Sa puissance lui assure un rôle social et politique fondamental.

A La puissance de l'Église

a. Réformes et schisme

Entre le XI^e et le XIII^e siècle, l'Église est animée par un puissant mouvement de réforme.

■ Celle-ci concerne d'abord les **monastères**, sous l'impulsion notamment de l'abbaye de Cluny, fondée en 910. Cette réforme dite « clunisienne » est marquée par une application stricte de la règle bénédictine, qui définit l'organisation et le fonctionnement de la vie monastique, et repose notamment sur un équilibre entre prière, travail et sommeil. Elle vise à garantir l'indépendance vis-à-vis des seigneurs laïcs : Cluny se place directement sous l'autorité du pape.

■ Le mouvement réformateur est également mené par le pape, avec la **réforme grégorienne** (du nom de Grégoire VII, pape de 1073 à 1085). Celle-ci restaure la discipline dans l'Église (lutte contre le mariage des prêtres, contre la vente de charges ecclésiastiques, etc.) ainsi que l'autorité du pape, qui doit primer sur celle des souverains.

■ Toutefois, l'autorité du pape ne s'étend pas à toute la chrétienté : avec le **grand schisme de 1054**, la rupture entre catholiques, qui reconnaissent l'autorité de l'évêque de Rome, et orthodoxes, fidèles au patriarche de Constantinople, est définitivement consommée.



Le mot *église*, du grec *ekklêsia* (assemblée), a désigné d'abord la communauté des croyants, puis l'édifice dans lequel se rassemblent les fidèles pour célébrer le culte. Ce terme finit par désigner également le clergé, ainsi que l'institution elle-même.


b. L'organisation de l'Église catholique

■ Une institution hiérarchisée

- À la tête de l'Église se trouve le **pape**, élu par les cardinaux. Il siège à Rome, dont il est l'évêque.
- Les fonctions ecclésiastiques sont exercées par les **clercs**. Ils constituent le **clergé**, divisé en deux ensembles :
 - les membres du **clergé séculier** vivent parmi les laïcs. La communauté de base est la paroisse, dirigée par un curé ; les paroisses sont groupées dans un diocèse, administré par un évêque ;
 - les membres du **clergé régulier** (moines et moniales) obéissent à une règle ; ils vivent en communauté dans des abbayes, à l'écart du monde.

■ Les grandes abbayes bénédictines

- Les **abbayes de Cluny et de Cîteaux** exercent leur influence dans l'Europe entière en créant chacune un réseau de monastères.
- **Pierre le Vénérable** (v. 1092-1156), neuvième abbé de Cluny, fait traduire le Coran en latin (pour mieux combattre la religion musulmane) et rédige un traité contre les Juifs.

 **Abélard (1079-1142), philosophe et théologien français, est l'un des plus brillants représentants de la renaissance intellectuelle du XII^e siècle. Il est plusieurs fois condamné par l'Église.**


- Il s'oppose à **Bernard de Clairvaux** (1090-1153), qui dénonce le luxe de l'abbaye de Cluny et fait excommunier **Abélard**, protégé par Pierre le Vénérable. Après être entré à Cîteaux, Bernard de Clairvaux donne une impulsion décisive à l'**ordre cistercien**, fondé en 1098. Défenseur d'une spiritualité tout intérieure, il prône le dénuement et le travail manuel. Il joue un rôle politique en conseillant les papes.

c. L'Église encadre la société

- Omniprésente, l'Église possède des **terres**, sur lesquelles elle perçoit un impôt (la **dîme**). Les laïcs lui versent des dons, moyens d'intercession entre Dieu et les hommes. Ce patrimoine foncier suscite la **convoitise** des seigneurs laïcs.
- En dirigeant le culte, en diffusant la parole divine et en distribuant les sacrements, le clergé assure la **reproduction spirituelle de la société**. Il modèle également les représentations du message évangélique par la sculpture et la statuaire.
- Le clergé s'occupe de l'**enseignement** dans les monastères et les écoles urbaines dépendant de la cathédrale. Il prend en charge **les pauvres et les malades** dans les hôpitaux ou dans les hospices de monastère.

B La vie du chrétien et la quête du salut

La religion chrétienne est une religion du Salut : le fidèle croit qu'après sa mort, son âme, immortelle, ira, si elle est sauvée, au **Paradis** (éventuellement après un passage au **Purgatoire**), ou bien, si elle est damnée, en **Enfer**. Pour guider les fidèles sur le chemin du Salut, l'Église encadre les étapes de la vie et les comportements : respecter le dogme et participer à la vie religieuse, accomplir de bonnes actions et éviter le péché.

 **Dans le christianisme, les sacrements sont des actes rituels qui apportent la grâce de Dieu à ceux qui les accomplissent. L'Église catholique en reconnaît sept.**

a. La naissance, le mariage et la mort

- Le baptême, premier des **sacrements**, fait entrer le nouveau-né dans la communauté chrétienne.

■ Le mariage est un sacrement que les **époux** se donnent l'un à l'autre et qui établit entre eux un lien indissoluble. Interdit entre membres d'une même famille, il encadre la sexualité et la procréation.

■ L'**extrême-onction** est administrée aux mourants qui se repentent de leurs fautes. Elle épargne au pécheur, réconcilié avec Dieu, les feux de l'Enfer.

b. L'église paroissiale, centre de la vie religieuse

■ La religion rythme le temps : cloches de l'église, repos dominical, **fêtes** (Toussaint, Noël, Pâques, etc.). Le dimanche et les jours de fête, la **messe** rassemble les fidèles dans l'église paroissiale. Lectures extraites de l'Écriture sainte, prières et homélie (sermon au ton familial) précèdent l'eucharistie, consécration par le prêtre du pain et du vin qui, pour les chrétiens, sont changés en corps et sang du Christ, en commémoration du dernier repas de Jésus avec les apôtres.

■ Les fidèles sont conviés à partager ce pain et ce vin consacrés : c'est la **communion**. Tout fidèle doit communier au moins une fois l'an, à Pâques ; il aura reçu, auparavant, le sacrement de **pénitence**, en confessant ses péchés à un prêtre qui lui aura accordé l'absolution.

c. Les autres formes de piété

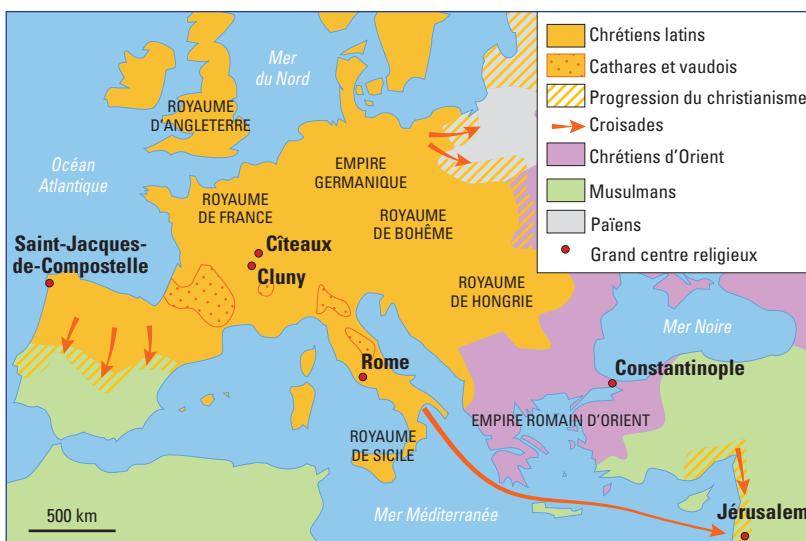
■ Le **culte marial** se répand en Occident à partir des IX^e-X^e siècles. La Vierge est considérée comme l'intercesseur le plus puissant, car son Fils ne peut rien lui refuser.

■ Les **saints** ont également un pouvoir d'intercession. Leur culte est au cœur de la piété médiévale. À partir du XIII^e siècle, ils sont présentés comme des modèles de vertu, de piété, et l'art met l'accent sur leur vie et les miracles qu'ils ont accomplis.

■ L'**aumône** (don de nourriture ou d'argent) et l'assistance aux pauvres contribuent à assurer le salut éternel du chrétien. Au cours de l'année ont lieu des **processions** destinées à honorer un saint ou à implorer de bonnes récoltes.

■ Par piété ou pour expier ses péchés, le chrétien se rend parfois en **pèlerinage** vers des lieux saints : Jérusalem, Rome, Saint-Jacques-de-Compostelle et le Mont-Saint-Michel.

La chrétienté aux XI^e-XIII^e siècles



C La christianisation

a. Conquêtes et luttes externes

La *croisade* est une expédition militaire lancée par la papauté et dont les participants (les *croisés*) bénéficient d'un statut particulier (rémission de péchés, etc.).

■ Au début du XI^e siècle, les missionnaires convertissent au christianisme les **populations encore païennes** d'Europe du Nord et de l'Est. À partir du XIII^e siècle, les moines-soldats de l'ordre des chevaliers Teutoniques prennent le relais, non sans brutalité, sur les rives orientales de la mer Baltique.

■ Entre 1095 et 1291, l'Église catholique et les puissances occidentales mènent huit **croisades** contre le monde musulman. Elles ont pour but de reconquérir les Lieux saints, d'affirmer l'autorité du pape et de canaliser la violence féodale, en la dirigeant contre les musulmans.

■ La première croisade (1095) aboutit à la **prise de Jérusalem** (1099) et à la constitution des États latins d'Orient. Mais en 1187, le sultan Saladin reprend Jérusalem et les États latins, sauf la côte. Ni la deuxième croisade (1147-1149) ni la troisième (1187-1192) ne permettent de restaurer la domination franque. La quatrième (1202-1204) aboutit au pillage de Constantinople par les Vénitiens, et les quatre dernières se soldent par des échecs.

■ La **Reconquista** (reconquête militaire de l'Espagne sur la présence musulmane) s'effectue à partir du XI^e siècle. Les combattants chrétiens, qui obtiennent au XII^e siècle le statut de croisés, reprennent la majeure partie de la péninsule, à l'exception du royaume de Grenade qui ne cédera qu'en 1492.

■ L'évangélisation et les croisades s'accompagnent du refoulement, voire de la **persécution des communautés juives** installées en Europe, jusque-là protégées par les pouvoirs civils et religieux. Peu à peu, les Juifs sont exclus de la société chrétienne : ils sont **expulsés** de certains royaumes dès la fin du XI^e siècle ou contraints de **porter un signe distinctif** à partir de 1215 (concile du Latran). Les fonctions d'autorité et la possession de terres leur sont défendues ; en revanche, eux seuls peuvent exercer les métiers liés à l'argent.

b. Contrôle et luttes internes

L'*hérésie* est la contestation des dogmes officiels de l'Église.

■ Seule autorité indiscutée d'une Europe morcelée politiquement, l'Église impose ses articles de foi (les **dogmes**) et sa morale. Elle lutte contre les **hérésies** par l'excommunication, c'est-à-dire l'exclusion de la communauté chrétienne. Elle condamne ainsi les vaudois (dans la région lyonnaise) et les cathares (dans le Sud-Ouest de la France) qui se regroupent en communautés attachées à l'idéal de pauvreté des premiers chrétiens. Les tribunaux de l'Inquisition sont créés en 1231-1233 pour punir ces déviances.

■ L'Église cherche à contenir la violence par la **trêve de Dieu**, qui interdit le combat à certains moments de la semaine et de l'année (Noël, Carême...), et par la **paix de Dieu**, qui défend de s'attaquer aux non-belligérants, aux lieux de culte, aux bâtiments d'utilité publique et au bétail.

■ Au XIII^e siècle, saint François d'Assise et saint Dominique créent de nouveaux ordres religieux : les franciscains et les dominicains. Voués à la **pauvreté**, ces ordres dits mendiants se destinent à vivre non plus à l'écart, mais **au milieu des populations** (notamment en ville) pour leur apporter la bonne parole, les préparer spirituellement, contrôler leurs comportements et surveiller leurs mœurs. Ils contribuent ainsi à la lutte contre les hérésies.

Saint François d'Assise (1182-1226)



© Luisa Ricciarini/Leemage

Saint François recevant les stigmates (détail),
peinture sur bois de Bonaventura Berlinghieri
(actif v. 1228-1274), galerie des Offices, Florence.

c. L'art chrétien

■ À partir du ^x^e siècle, les **images, sculptées ou peintes**, sont constitutives de l'identité chrétienne, mais elles demandent une grande culture théologique pour être comprises. Dans les églises, scènes tirées de l'Écriture sainte, prodiges, Christ en majesté, saints, monstres et images du démon sont autant de représentations dont les clercs expliquent la signification aux fidèles.

■ Le renforcement du sentiment religieux est favorisé par la **construction d'églises**. À partir du ^x^e siècle, le **style roman** se répand en lien avec l'essor des ordres monastiques de Cluny et de Cîteaux, et avec la multiplication des étapes sur les routes de **pèlerinage** (ex. : église Sainte-Foy de Conques sur la route de Saint-Jacques-de-Compostelle). L'art roman se caractérise par sa **dimension de mystère** : les églises sont sombres, car les fenêtres sont peu nombreuses et de faible dimension. Si les édifices cisterciens se distinguent par leur sobriété, les églises urbaines et les monuments **clunisiens** arborent un décor très riche : chapiteaux qui coiffent les colonnes, tympans qui surmontent les porches, fresques.

■ Le **style gothique**, né en Île-de-France à la fin du ^{xii}^e siècle, se substitue peu à peu au style roman. Célébrant la lumière intérieure et la légèreté de l'architecture, il donne lieu à la construction de vastes cathédrales (Saint-Denis, Amiens, Cologne, etc.). L'art gothique correspond à une **modification de la spiritualité religieuse** : le Verbe se fait lumière. À l'aide de nouveaux procédés techniques – la **croisée d'ogives** et les arcs-boutants –, l'architecture favorise l'entrée des rayons lumineux par de hautes fenêtres munies de vitraux colorés, transformant ainsi l'intérieur de l'édifice en « Jérusalem céleste » faite de pierres précieuses.

➤ Remplaçant la clé de voûte utilisée dans l'architecture romane, la **croisée d'ogives** répartit la poussée sur quatre piliers porteurs, et non plus sur des murs épais. Cela permet l'élévation de l'espace intérieur et le percement de grandes fenêtres.

L'organisation de la société et l'exercice du pouvoir sont régis par le système féodal, où le seigneur occupe une place centrale : **seigneur foncier et banal**, il domine les paysans qui cultivent ses terres ; **seigneur féodal**, il protège ses vassaux et s'assure de leur fidélité en leur concédant un fief.

A La terre, source de richesse et de pouvoir

a. Le système seigneurial

■ À partir de l'an Mil, presque toutes les terres sont entre les mains de **seigneurs**, laïcs ou ecclésiastiques. L'Église possède entre le quart et le tiers des terres cultivées. La seigneurie est à la fois un système d'**exploitation des terres** (seigneurie foncière) et de **domination des hommes** (seigneurie banale), les deux se recoupant souvent.

■ En tant que domaine foncier, la seigneurie est divisée en deux parties :

- la **réserve** est destinée au seigneur : les terres y sont cultivées par des paysans et des ouvriers salariés, qui accomplissent la corvée ;
- les **tenures** sont accordées aux paysans (les tenanciers) en échange de corvées et de redevances en nature ou en argent, fixes (le cens) ou proportionnelles à la récolte (le champart).



Une charte de franchise est un document écrit qui détaille les obligations des paysans envers leur seigneur et s'accompagne pour eux de la reconnaissance de certains avantages.

■ Le seigneur banal dispose de **pouvoirs très étendus** : il commande, juge et assure la sécurité de la population de son domaine. Il exige des **taxes** : la taille, en échange de sa protection, les « banalités », pour l'usage obligatoire du four, du moulin et du pressoir.

■ À partir du XII^e siècle, dans certaines régions, les tenanciers obtiennent que les redevances soient fixées dans des **chartes de franchise**, de façon à se soustraire à l'arbitraire du seigneur.

b. Une économie rurale peu productive malgré quelques progrès

■ Les outils (houe, faucille, fléau) et les techniques agricoles, rudimentaires, ne permettent qu'un faible rendement. Celui-ci est toutefois meilleur sur les terres cultivées par les moines des **abbayes**, mieux organisées et mieux mises en valeur.

■ Jusqu'au XII^e siècle, la faible productivité agricole et le système d'exploitation seigneurial font de la **misère rurale** un mal endémique. Le **commerce des grains** est entravé par le manque de routes et de moyens de transport, ainsi que par les taxes.

■ Toutefois, l'outillage en fer se répand à partir du XI^e siècle : la **charrue** munie d'un soc dissymétrique permet de labourer des terres lourdes. En outre, le **collier d'épaule** permet une meilleure utilisation de la force de traction des animaux ; et la généralisation des **moulins** permet de mouler le grain plus vite qu'avec les meules à bras.

B La vie des communautés paysannes

Les seigneurs organisent le regroupement des paysans en villages autour du château ou de l'église et du cimetière. Ce mouvement est appelé **encellulement**.

a. Le village, lieu de sociabilité

■ Les villages sont entourés de terres cultivées. La vie des paysans est rythmée par les **travaux agricoles** : semailles, moisson, vendanges, etc. Les paysans se plient aux pratiques communautaires de la **rotation des cultures** et du troupeau communal. Depuis le concile de Latran IV (1215), ils ont l'obligation d'assister à la **messe dominicale** et de participer aux fêtes religieuses. Ils participent également à l'entretien de l'église.

■ Ainsi, des liens de sociabilité et un sentiment d'**appartenance communautaire** se créent. Ils peuvent déboucher sur l'expression de revendications communes donnant lieu à la rédaction d'une charte de franchise.



La **rotation des cultures** est l'alternance, sur une même parcelle, d'une ou deux années de mise en culture avec une année sans culture (jachère).

b. Les grands défrichements

■ Entre le X^e et le XIV^e siècle, l'Europe occidentale connaît un net **essor démographique** (de 22 à 54 millions d'habitants), qui s'accompagne de la **mise en culture de nouvelles terres**. Pour ce faire, la communauté villageoise, souvent sur l'initiative du seigneur, défriche la forêt ou assèche les zones marécageuses.

■ Le défrichement des terres se fait aussi par la fondation de **villages neufs** au milieu de terres incultes : bourgs dans l'Ouest de la France, bastides dans le Sud-Ouest...

c. Deux catégories de paysans

■ Les **laboureurs** sont des hommes libres, auxquels sont concédées les tenures. À partir du XI^e siècle, celles-ci deviennent héréditaires et les paysans peuvent les vendre, ce qui est un facteur d'émancipation par rapport au pouvoir du seigneur.

■ Les **serfs**, non libres, sont attachés à une terre qu'ils ne peuvent quitter. Ils s'acquittent chaque année d'une taxe personnelle, le chevage, et sont astreints à des corvées. Toutefois, on ne trouve pas de serfs dans toutes les régions, et leur nombre tend à diminuer.

C La féodalité : réalités et symbolique

a. Le contexte géopolitique

■ L'Europe médiévale se caractérise par un **morcellement politique**. Les États qui la composent ont des statuts variés : un empire (le Saint Empire romain germanique), des royaumes, des villes indépendantes (Gênes, Venise), etc.

■ Les invasions (« barbares », arabes, vikings...), entre le V^e et le IX^e siècle, font **reculer partout l'autorité centrale**, favorisant l'émiettement du pouvoir et le développement du **système féodal**. Le pouvoir passe entre les mains des seigneurs qui « règnent » sur leur domaine.

■ Dans le Saint Empire, Othon I^{er} le Grand redonne son lustre au pouvoir impérial dès 962. En France, le renforcement du pouvoir royal est confirmé par la **victoire de Bouvines** (1214) sur une coalition de l'empereur Othon IV et de princes. En Angleterre, la puissance acquise par le roi depuis Guillaume le Conquérant, venu de Normandie en 1066, est limitée par la Grande Charte imposée par les seigneurs et les évêques en 1215.



Au sens restreint, le **système féodal** est l'ensemble des liens entre suzerains et vassaux (liens féodo-vassaliques) ; au sens large, c'est l'organisation globale de la société occidentale entre le XI^e et le XIII^e siècle.

b. Suzerains et vassaux

■ Le sommet de la société féodale est organisé autour des relations d'homme à homme. Tout seigneur est pris dans un réseau de **liens féodo-vassaliques** : vassal d'un seigneur plus puissant, il est également seigneur de vassaux. Le roi est au sommet de la pyramide vassalique, mais il a du mal à se faire obéir des plus grands seigneurs.

👉 Lors de la **cérémonie de l'hommage**, le vassal s'agenouille, met les mains dans celles de son seigneur, échange avec lui un baiser de paix, puis lui jure fidélité ; le seigneur lui fait don d'un objet (motte de terre, bâton, etc.), qui symbolise le fief qu'il lui octroie.

■ La subordination du vassal envers son seigneur, symbolisée par la **cérémonie de l'hommage**, repose sur des **obligations réciproques** : le seigneur concède une terre, le fief, à chacun de ses vassaux, et assure leur protection ; chaque vassal doit au seigneur aide militaire, aide financière et conseil. Si le vassal manque à ses devoirs, il est considéré comme perfide et parjure.

c. La vie des seigneurs et des chevaliers

■ Le seigneur et ses vassaux vivent dans un **château fort**, qui sert aussi de refuge aux paysans du domaine en cas de danger. D'abord en bois, il est ensuite construit en pierres afin de résister au feu et aux nouvelles techniques de siège. Le donjon, protégé par les fortifications, sert de demeure et d'entrepôt pour la nourriture et les armes.

■ **L'éducation des garçons** s'effectue généralement chez un oncle. Les seigneurs pratiquent la chasse, font la guerre et participent à des tournois, qui incarnent les valeurs de la chevalerie : habileté, sens de la cohésion, jeu, profit économique et dimension festive.

■ Le **métier des armes** prenant de l'importance, les seigneurs, laïcs ou ecclésiastiques, recrutent des soldats. Les plus vaillants constituent l'escorte ou le service armé du seigneur : ce sont les chevaliers, qui obtiennent ce statut par la **cérémonie de l'adoubement**, au cours de laquelle ils reçoivent solennellement leurs armes et jurent fidélité. Souvent de petits seigneurs à l'origine, les chevaliers diffusent leurs valeurs à l'ensemble des puissants. Ils possèdent un armement spécifique, à la fois défensif (heaume, haubert, écu) et offensif (épée, lance, éperons).

La cérémonie de l'adoubement



© Détail de la tapisserie de Bayeux - XI^e siècle.
Avec autorisation spéciale de la ville de Bayeux

« Guillaume arme Harold chevalier », extrait de la tapisserie de Bayeux (1066-1082).

3 Sociétés et cultures urbaines

A L'essor des villes

a. Des causes multiples

■ Entre le XI^e et le XIII^e siècle, l'Occident médiéval est animé par une dynamique de transformation : la population double tandis que **les échanges commerciaux s'intensifient** et bouleversent une société féodale organisée autour de l'exploitation de la terre.

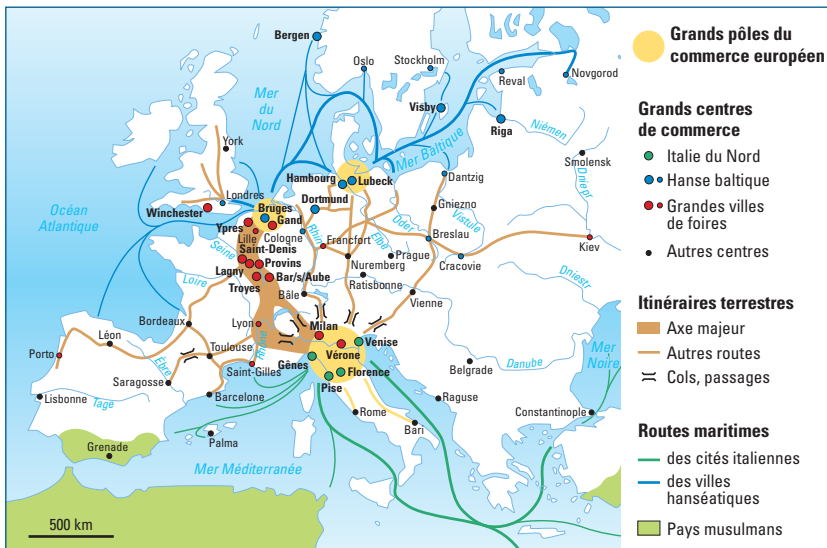
■ Plus que par le nombre de ses habitants, la ville médiévale se définit par la **présence d'un certain nombre d'activités** : artisanat, commerce et activités financières.

■ Le commerce européen s'organise autour de trois grands pôles :

- les **cités maritimes italiennes**, maîtrisant le commerce méditerranéen, amènent en Europe de l'Ouest les produits orientaux (soieries, coton, épices, etc.) ;
- les **villes « drapantes » de Flandre** (Gand, Ypres...) fabriquent des draps à partir de la laine importée d'Angleterre, via Bruges ;
- la **Hanse**, association de villes commerçantes et de comptoirs, assure l'activité commerciale entre la mer du Nord, la mer Baltique, l'Europe du Nord et l'Europe centrale (bois, fourrures, ambre).

■ Le commerce favorise le développement de **villes de foire**, notamment celles de Champagne (Bar-sur-Aube, Troyes, Provins, Lagny) où s'échangent les produits en provenance du Nord et du Sud.

Les grands courants commerciaux européens au XIII^e siècle



b. Des formes diverses

■ Certaines cités antiques retrouvent leur dynamisme et s'entourent de **bourgs** qui, construits à l'extérieur des murailles, sont peu à peu intégrés à la ville ancienne.



Les foires sont des rassemblements de marchands qui se tiennent de façon temporaire, mais à échéance régulière (une ou deux fois par an).

■ Des **villes neuves** apparaissent, surtout à partir du XIII^e siècle, dans le sud ou l'est de l'Europe. Leur fondation, souvent sur initiative seigneuriale, est liée à l'extension de la chrétienté. Cette urbanisation procède également de la **volonté politique** de souverains qui cherchent à en tirer enrichissement et prestige.

■ Les villes se dotent de **murailles** et souvent de **places** propices aux rassemblements, marchés et **foires**.

B La société urbaine

a. De plus en plus autonome

■ Placées à l'origine sous la domination des seigneurs, nombre de villes cherchent à s'en émanciper. Elles obtiennent par des **chartes de franchise** la reconnaissance d'un statut particulier et certains privilèges, notamment commerciaux.



Le mot « *bourgeois* » a plusieurs sens au Moyen Âge : il peut désigner l'ensemble des habitants d'un bourg ou d'une ville, ou plus précisément ceux qui ont obtenu des privilèges par le biais d'une charte.

■ Une administration urbaine, dirigée par **des échevins ou des consuls**, se met en place. Pour manifester son autonomie, celle-ci se dote d'un sceau et érige un **hôtel de ville** surmonté d'un beffroi avec son horloge : la mesure du temps n'appartient plus à la cloche de l'église. Elle se choisit un saint patron, dont les représentations (statues, blasons, etc.) deviennent des éléments d'identité.

■ Cette conquête de l'autonomie donne naissance à une **vie politique** où le pouvoir est aux mains des « **bourgeois** ».

b. Inégalitaire

■ Les plus riches détiennent le pouvoir : dans les villes du Sud, ils forment le **patriciat**, alliance entre les nobles urbains et le *popolo grasso* (« peuple gras ») composé des propriétaires, des marchands et des maîtres des corporations de métiers. Les travailleurs salariés et les compagnons constituent quant à eux le *popolo minuto* (« peuple menu »). Au XIII^e siècle, pour évincer ses alliés nobles, le *popolo grasso* prend appui sur le *popolo minuto*.

■ Un nouveau type de **pauvreté** apparaît dans les villes, où l'on doit acheter sa nourriture au lieu de la produire, et la misère matérielle s'accompagne d'un mépris social pour les plus démunis. Les habitants les plus pauvres (manouvriers, brassiers) ne participent pas à la vie politique des villes. Certaines catégories sont **mises à l'écart** : les lépreux, les Juifs.

c. Organisée en communautés diverses

■ Les artisans sont organisés en **corps de métiers ou corporations**, qui regroupent tous ceux (maîtres, valets, apprentis) qui travaillent dans un même domaine et réglementent le fonctionnement de chaque activité (tanneurs, teinturiers, etc.). Ces communautés professionnelles se doublent de **confréries** placées sous la protection d'un saint patron et assurant l'entraide.

■ Opposée au prêt à intérêt, **l'Église se heurte parfois aux marchands**. Mais son emprise sur les villes se maintient : les nouveaux ordres religieux (dominicains, franciscains, carmes) élaborent une pastorale (discours à destination des fidèles) pour les milieux urbains.

■ Au XIII^e siècle, l'Europe se couvre d'**universités**, étroitement contrôlées par l'Église. Avant même la fondation de la Sorbonne (1257), Paris était célèbre pour ses écoles de théologie.

ANALYSER UN DOCUMENT ICONOGRAPHIQUE

La musique profane et le démon de l'impureté. L'église abbatiale de Vézelay (XII^e siècle) est située en Bourgogne, sur un des chemins du pèlerinage de Saint-Jacques-de-Compostelle. Ce chapiteau (1125-1130) coiffe la sixième colonne engagée du bas-côté sud.



© J.-P. Dumontier/La Collection

CORRIGÉ

■ Étape 1 : identifier et localiser

Ce chapiteau est l'un de ceux qui décorent l'intérieur de l'église abbatiale de Vézelay, en Bourgogne, sur un des **chemins du pèlerinage** de Saint-Jacques-de-Compostelle. Couronnant la sixième colonne engagée du bas-côté sud, ce chapiteau est à hauteur d'homme : il est facile d'en voir les détails. Il s'agit d'un exemple de **sculpture bourguignonne** datant du début du XII^e siècle (1125-1130).

■ Étape 2 : décrire

La photographie montre un **jongleur**, muni d'un instrument en bandoulière (une gigue à trois cordes), soufflant dans une corne. Il joue une musique profane, qui a des effets pernicioeux : elle fait surgir un **démon**, représenté comme un monstre aux cheveux de flammes et à la bouche grimaçante, qui, mordu au ventre, est en train de caresser une femme nue.

■ Étape 3 : interpréter

Comme bien d'autres chapiteaux de Vézelay, celui-ci vise à entretenir la **peur du démon**. Il met en garde les fidèles : toute musique n'est pas bonne à écouter. Pour s'assurer le **salut éternel** et éviter les flammes de l'Enfer lors du Jugement dernier, il est impératif de n'être réceptif qu'à la musique sacrée, celle qui est jouée dans le cadre de la liturgie à l'intérieur de l'église - l'autre musique, celle des jongleurs et des ménestrels, entraîne dans le péché. Ce chapiteau a donc une **fonction édificatrice**.

On dit d'une œuvre qui cherche à enseigner un comportement pieux qu'elle a une **fonction édificatrice**.

Nouveaux horizons géographiques et culturels des Européens à l'époque moderne



À PARTIR DU XV^e SIÈCLE, les Européens élargissent peu à peu leur horizon géographique jusqu'à découvrir le continent américain. Expression de leur dynamisme démographique, économique, technique, intellectuel, cette expansion entraîne une nouvelle perception du monde en rupture avec le Moyen Âge ainsi qu'une nouvelle forme d'économie, qui s'effectue désormais à l'échelle du monde. C'est le temps de l'Humanisme et de la Renaissance.

1 L'élargissement du monde (xv^e-xvi^e siècle)

Longtemps centrés sur la Méditerranée, les Européens élargissent peu à peu leur horizon géographique : à partir de l'exploration des côtes africaines, ils expérimentent de nouvelles voies de commerce maritime vers les Indes et la Chine, puis découvrent le continent américain. Expression de leur dynamisme démographique, économique, technique et intellectuel, cette expansion modifie leur perception du monde, grâce au contact avec des civilisations jusque-là inconnues, et se traduit par l'émergence d'échanges commerciaux à l'échelle mondiale.

A Les Européens et l'Empire ottoman

La fascination mêlée d'inquiétude des Européens pour l'Empire ottoman atteste que la scène méditerranéenne conserve pour eux une place de première importance, même après la découverte de l'Amérique en 1492.

a. Une vision du monde encore centrée sur la Méditerranée

La *Géographie* du grec Ptolémée (vers 100-170) est traduite en latin en 1406 et réimprimée à plusieurs reprises. Cet ouvrage présente le globe constitué de trois continents : l'Europe, l'Asie et l'Afrique.

■ Jusqu'à la fin du xv^e siècle, les Européens ont **une représentation très imprécise du monde**, forgée par les récits bibliques et la *Géographie* de Ptolémée.

■ La *Reconquista* s'achève en 1492 avec l'intégration à la couronne d'Espagne du royaume de Grenade. Parallèlement, l'islam progresse en

Europe orientale aux dépens de la chrétienté : après la prise de Constantinople par les Turcs en 1453, la **puissance de l'Empire ottoman** vient contester la volonté de domination de l'Europe sur l'espace méditerranéen.

b. De Constantinople à Istanbul

■ La capitale de l'Empire ottoman

- Située sur le détroit du Bosphore, Constantinople occupe une position de **carrefour entre l'Europe et l'Asie**. Fondée au IV^e siècle par l'empereur Constantin, elle devient la nouvelle capitale de l'Empire romain, puis, avec le partage de l'Empire en 395, celle de l'Empire romain d'Orient.
- Très **convoitée**, Constantinople est **régulièrement menacée** au cours de son histoire : tour à tour, les Huns, les Avars, les Slaves, les Vikings et les Arabes tentent de s'en emparer. En 1204, lors de la quatrième croisade, elle est mise à sac par les croisés. Tandis que les villes italiennes (Gênes, Venise) l'asservissent économiquement, l'avancée des forces turques en Anatolie affaiblit les Byzantins. En 1453, les troupes turques de Mehmet II (sultan de 1451 à 1481) provoquent la **chute de Constantinople** et de l'Empire byzantin. Conquise, la ville est renommée Istanbul et devient la capitale de l'Empire ottoman.
- Istanbul est la **vitrine de la puissance des sultans ottomans**. Dès 1459, Mehmet II fait construire le palais Topkapi, véritable ville dans la ville, résidence du sultan et siège du gouvernement. **Soliman le Magnifique** enrichit la capitale d'édifices, dont la grande mosquée qui porte son nom.

📌 **Sultan de 1520 à 1566, Soliman le Magnifique poursuit l'extension de l'Empire ottoman, qui atteint alors son apogée territorial (1529 : siège de Vienne).**

■ Un lieu de contacts entre différentes cultures et religions

- Istanbul compte environ 400 000 habitants en 1550, ce qui en fait la **ville la plus peuplée d'Europe**. Pendant des siècles, son or et sa pourpre fascinent voyageurs et commerçants. Dans cette ville cosmopolite, se côtoient Turcs, Grecs, Arméniens, Syriens, Génois, Vénitiens, Anglais...
- Istanbul est également un **lieu de cohabitation** entre la majorité musulmane et les autres religions monothéistes. Une partie des juifs chassés d'Espagne à la fin du XV^e siècle s'y réfugient. La ville abrite aussi des chrétiens, orthodoxes et catholiques, que les Ottomans ne cherchent pas à convertir à l'islam.

Sainte-Sophie



© Paul Kujawski

Construite au VI^e siècle à la demande de l'empereur Justinien, cette basilique est transformée en mosquée par le sultan Mehmet II, comme en témoignent les quatre minarets.

B Les Européens et l'Empire chinois

Sous la dynastie Ming (1368-1644), la Chine s'ouvre lentement aux Européens.

a. L'intérêt des Européens pour la Chine

■ L'Europe est depuis longtemps en relation commerciale avec l'Afrique et l'Asie. La Méditerranée est le lieu d'**échanges commerciaux** des produits d'Extrême-Orient (épices, métaux précieux, soie), d'Afrique (or, ivoire, esclaves) et du Grand Nord (céréales, fourrures, bois, esclaves). Avec le déclin de la **route de la soie** au XIV^e siècle, les produits échangés empruntent d'autres routes : les marchands indiens, perses ou arabes passent par l'océan Indien et par l'Inde, avant d'être relayés par les marchands génois et vénitiens pour la traversée de la Méditerranée.

📌 La route de la soie est la voie commerciale terrestre passant par l'Asie centrale qui reliait, depuis l'Antiquité, l'Extrême-Orient au bassin méditerranéen.

■ Dès le XIII^e siècle, le diplomate Jean du Plan Carpin (v. 1180-1252) et le marchand **Marco Polo** (1254-1324) atteignent la Mongolie et la Chine, laissant des récits de leurs voyages qui mêlent observations et affabulations. Les **richesses** de la Chine, comme la porcelaine, ainsi que la fascination pour une **civilisation différente** suscitent un intérêt croissant chez les Européens.

■ Cet intérêt n'est pas réciproque. Aux XV^e et XVI^e siècles, la Chine n'a rien à envier à l'Europe sur les plans économique, technique, scientifique ou administratif, mais elle est d'abord préoccupée par son **développement intérieur** et la menace mongole au nord.

■ Toutefois, la Chine ne reste pas totalement extérieure au processus d'ouverture sur le monde. Les **marchands chinois** sont actifs dans le commerce en Asie du Sud-Est. Au début du XV^e siècle, l'**amiral Zheng He** conduit plusieurs expéditions maritimes en mer de Chine et dans l'océan Indien.

■ Au XVI^e siècle, l'argent des Amériques est introduit en Chine par les Espagnols. Les Portugais fondent un **comptoir commercial** à Macao en 1557 et le jésuite italien Matteo Ricci (1552-1610) y crée la **première église catholique** en 1605.

b. Pékin, capitale de l'Empire chinois

■ Les territoires administrés directement par le « **royaume du Milieu** » s'étendent jusqu'à la mer de Chine, au Tibet et à la Grande Muraille. Sans cesse renforcée, celle-ci atteint 6 700 km d'ouest en est.

■ Pékin occupe une **position stratégique** comme avant-poste sur les marches du Nord de l'Empire. Sa fonction de capitale de la Chine est confirmée par les Ming à partir de 1403 : la ville est reconstruite *ex nihilo* par la volonté de l'empereur Yongle (1403-1424). Elle ne cesse de s'agrandir et devient, dès 1450, la **plus grande ville du monde** (entre 700 000 et un million d'habitants).

📌 Dans les nombreux temples, trois formes de spiritualité religieuse se mêlent : le confucianisme, le bouddhisme et le taoïsme.

■ À Pékin, Yongle fait construire des **enceintes** massives ainsi que des rues et des avenues très larges selon un plan orthogonal. Des **temples**, des autels et des édifices administratifs sont consacrés au rituel d'État. Le ravitaillement est assuré par le **Grand Canal**, artère nourricière de 2 000 km qui achemine les marchandises venues du sud.

■ Yongle fait également édifier la **Cité interdite** entre 1406 et 1420. L'architecture de ce palais impérial, qui s'étend sur 72 hectares au centre de Pékin, reflète la conception du pouvoir en Chine. L'empereur, « Fils du Ciel », est un souverain absolu. Tout ce qui le concerne est « céleste ». Autocrate, il s'appuie sur des fonctionnaires recrutés par concours, les **mandarins**, qui constituent une élite administrative et culturelle. Conformément à la pensée de Confucius (551-479 av. J.-C.), la mission sacrée de l'État est d'éduquer pour civiliser.

C Les Européens et le Nouveau Monde

La découverte de l'Amérique marque le début d'une transformation de la place des Européens dans le monde.

a. Les Grandes Découvertes

■ Les Grandes Découvertes sont motivées par la **recherche de richesses**, l'attrait pour l'aventure, le souhait d'étendre les connaissances et l'élan missionnaire. Les souverains ibériques soutiennent ces entreprises, facilitées par les progrès de la cartographie et de la navigation. La **caravelle**, navire à voiles rapide conçu par les Portugais au xv^e siècle, permet de traverser les océans.

■ Cherchant à atteindre les Indes en contournant l'Afrique par le sud, les **Portugais** explorent les côtes atlantiques du continent noir, sous l'impulsion du prince Henri le Navigateur (1384-1460). Ils atteignent Madère en 1418 et les Açores en 1431, les côtes du Sénégal en 1443 et l'archipel du Cap-Vert en 1457, puis l'équateur en 1469, jusqu'à ce que **Bartolomeu Dias** double le cap de Bonne-Espérance en 1488. **Vasco de Gama** (1469-1524) contourne ensuite l'Afrique et parvient jusqu'en Inde entre 1497 et 1498.

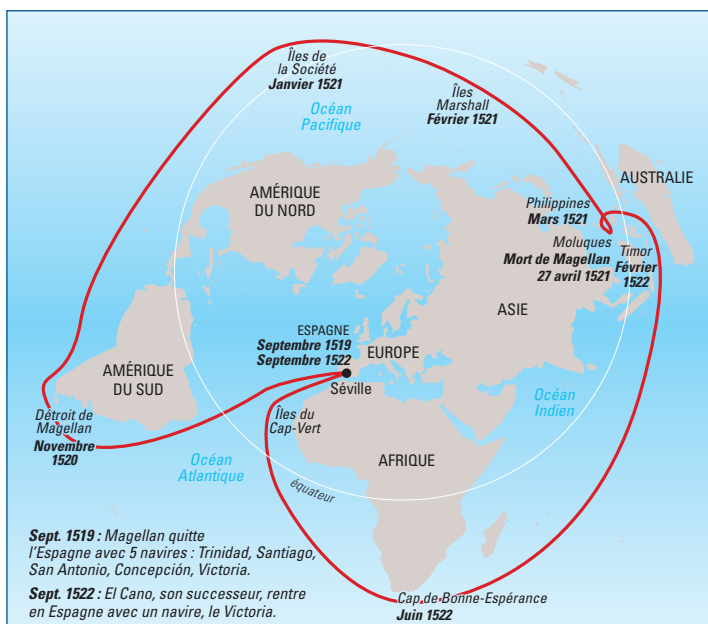
■ Isabelle de Castille (1451-1504) et Ferdinand d'Aragon (1452-1516) soutiennent le navigateur génois **Christophe Colomb** (1451-1506) qui a l'idée de rechercher une nouvelle route vers les Indes par l'ouest (puisque la Terre est ronde). Parti en août 1492 avec trois caravelles, il parvient le 12 octobre sur une île des Bahamas puis découvre Cuba. Il mourra sans savoir qu'il a découvert le **Nouveau Monde**.

📍 **Amerigo Vespucci (1454-1512), navigateur florentin dont le prénom sera donné au Nouveau Monde, découvre le Venezuela en 1497, puis explore la baie de Rio en 1502.**

■ Les Portugais réclamant leur part du Nouveau Monde, le pape établit une ligne séparant les possessions espagnoles des portugaises : c'est le **traité de Tordesillas** (1494).

■ En disgrâce dans son pays d'origine, le navigateur portugais **Fernand de Magellan** (v. 1480-1521) part à la recherche d'un **passage entre l'océan Atlantique et l'océan Indien** pour le compte du roi d'Espagne Charles I^{er} (1500-1558), futur Charles Quint (1519-1556). Parti de Séville avec 265 hommes et cinq navires en septembre 1519, Magellan franchit en novembre 1520 le détroit qui porte aujourd'hui son nom, puis se lance dans la traversée du « Pacifique » (océan ainsi nommé par Magellan). Il meurt au cours du périple ; seuls un navire et dix-huit hommes reviennent en Espagne 3 ans plus tard. Cette première circumnavigation apporte la **preuve expérimentale de la sphéricité de la Terre**.

La circumnavigation du monde ou le périple de Magellan



b. Tenochtitlán, capitale de l'Empire aztèque confrontée à la conquête européenne

■ Capitale de l'Empire aztèque (XIV^e-début XVI^e s.), Tenochtitlán est fondée en 1325. Au XVI^e siècle, c'est **le plus grand centre urbain d'Amérique centrale** (150 000 à 200 000 habitants, conurbation de près de 400 000 habitants). Construite sur un ensemble d'îlots naturels et artificiels du lac de Texcoco, traversée de canaux et de rues à angle droit, elle témoigne d'une grande maîtrise de l'urbanisme.

■ Le palais impérial, très vaste (200 m de côté), comprend plusieurs bâtiments distribués autour d'un jardin : appartements impériaux, tribunaux, magasins, trésor, jardin zoologique, salles de musique... L'**empereur**, qui y réside, est **tout-puissant**. Il est choisi par élection à l'intérieur d'une même famille. Le dernier empereur avant la chute de l'Empire aztèque est Mocetzuma II (1468-1520).

■ L'empereur est au sommet de la **hiérarchie sociale** dont les hommes du peuple, soumis à l'impôt et aux corvées, constituent la base ; entre ces deux extrémités, les prêtres, très puissants, et les seigneurs. L'Empire aztèque est une confédération de tribus soumises mais impatientes de retrouver leur liberté, ce qui facilite la conquête espagnole.

■ Le grand nombre de temples traduit l'**ouverture religieuse** de Tenochtitlán. Des sacrifices humains, destinés à assurer la bonne marche du monde, sont effectués au pied des pyramides. La **puissance économique** de la capitale se manifeste par la richesse de ses marchés : denrées précieuses, céramiques, objets d'or et de pierre fine...

🔥 **Les conquistadores sont les nobles castillans et andalous partis à la conquête du Nouveau Monde. Ils n'hésitent pas à recourir à la violence pour parvenir à leurs fins.**

■ Tenochtitlán est conquise et détruite en 1521 par les **conquistadores** menés par **Hernán Cortès** (1485-1547), qui fonde **Mexico** sur les ruines de la ville. La rapidité de cette conquête résulte de plusieurs facteurs : supériorité de l'armement ibérique, impact des maladies infectieuses, dissensions politiques locales...

c. Les conséquences de la découverte de l'Amérique

■ La colonisation et la réorientation de l'économie européenne vers l'Atlantique

- La domination européenne s'étend. Les pays colonisateurs, Espagne et Portugal, s'enrichissent. Ils organisent de **grands empires coloniaux** au détriment des anciennes civilisations amérindiennes, qui sont détruites. Dans les Andes, **Francisco Pizarro** (1475-1539) s'empare de Cuzco, la capitale inca, en 1533.
- Pour mettre en valeur ces nouvelles régions sources d'immenses **richesses** (métaux précieux, puis sucre et bientôt café), les rois d'Espagne et du Portugal mettent en place une administration très hiérarchisée, favorisent l'**immigration** (240 000 colons espagnols au XVI^e siècle) et finissent par autoriser l'**importation d'esclaves** d'Afrique noire.
- En Europe, l'activité économique se déplace des rives de la Méditerranée vers les côtes atlantiques, où de grands ports se développent. En Espagne, **Séville** détient le monopole du trafic de l'or puis de l'argent venu d'Amérique. Au Portugal, **Lisbonne** s'enrichit par le commerce des esclaves. Aux Pays-Bas espagnols, **Anvers** devient une grande place financière grâce à sa position de carrefour entre les voies maritimes du nord et du sud, et les voies terrestres qui relient la mer du Nord et l'Italie.
- Cet **essor de la façade atlantique** n'empêche pas les ports méditerranéens, Venise et Gênes, de s'intégrer aux nouvelles voies du commerce international, mais l'espace méditerranéen perd de son importance au profit de l'Atlantique.

Lisbonne, un grand port européen



© A. Dagli Orti/The Picture Desk (Coll. Bibliothèque nationale Marciane, Venise)

Vue de Lisbonne depuis le Tage (atlas de G. Braun et F. Hogenberg, XVI^e siècle)

■ Un nouveau regard sur le monde

- La **découverte d'autres civilisations** permet de relativiser l'héritage de l'Antiquité et du christianisme. Les Grandes Découvertes modifient le regard des Européens sur le monde, sans pour autant remettre en question la conviction de leur supériorité, comme en témoignent les missions d'évangélisation et la volonté de convertir les autres peuples au christianisme.
- Certains Européens se demandent si les Amérindiens ont une âme et donc s'il est envisageable de les convertir au christianisme. Le moine dominicain et missionnaire espagnol

Grâce au système de l'*encomienda*, les *conquistadores* sont reconnus, par le roi d'Espagne, propriétaires de terres, dont ils doivent évangéliser la main-d'œuvre d'origine autochtone. Ils doivent aussi verser 5 % de leurs revenus au trésor royal.

Bartolomé de Las Casas (1474-1566) défend les Amérindiens, dénonce les cruautés commises par les *conquistadores* et plaide pour la suppression de l'*encomienda*.

- La **controverse de Valladolid** montre la difficulté que représente, pour les Européens, la rencontre avec l'Autre, incarné par les civilisations amérindiennes jusqu'alors inconnues. Dans un contexte de violence infligée aux Amérindiens considérés comme des barbares sanguinaires et idolâtres, des théologiens et des juristes se réunissent à Valladolid en 1550 pour discuter de la nature humaine des Amérindiens. La question « indienne » devient l'enjeu d'un débat : est-il légitime de les maltraiter ? Ne font-ils pas partie, eux aussi, du peuple de Dieu ?

2 Les hommes de la Renaissance (xv^e-xvi^e siècle)

A Le livre et la diffusion de l'humanisme

a. L'invention de l'imprimerie

- Gutenberg (v. 1400-1468), inventeur des **caractères mobiles**, met au point la presse à imprimer en 1450, à Mayence. Il s'appuie sur des inventions antérieures, le papier et la gravure. Le premier livre imprimé par Gutenberg est la « Bible à quarante-deux lignes » en 1454.

- Par rapport aux contraintes et au coût de la copie manuscrite, l'imprimerie constitue une avancée considérable : **la fabrication des livres prend une autre dimension**, ce qui révolutionne le mode de diffusion des lettres et du savoir.

- Les ateliers d'imprimerie se multiplient rapidement : en 1500, plus de 250 villes européennes en sont dotées. Certains **imprimeurs** acquièrent une grande réputation, comme Christophe Plantin à Anvers, Robert Étienne à Paris ou Alde Manuce à Venise.

- Humaniste italien, auteur de grammaires et de traductions, **Alde Manuce** (1450-1515) fonde à Venise en 1494 une imprimerie qui édite des classiques (Aristote, Aristophane...) et des auteurs modernes. Il lance la publication de livres en plus petit format (in-octavo), plus maniables.

b. L'humanisme

Le terme « **humanisme** » a été forgé au **xix^e siècle** pour désigner le courant de pensée qui naît en Italie au **xv^e siècle**, et qui prend vite une ampleur européenne.

- Les imprimeurs contribuent à la diffusion d'une nouvelle conception de l'homme, de l'art, de la religion et du monde : l'**humanisme**. Fondé sur l'étude des textes antiques, l'humanisme place l'**homme au centre de l'univers**. Il associe une aspiration au progrès et une nostalgie du passé antique, considéré comme un âge d'or.

- Rejetant la culture médiévale, les humanistes cherchent à **relire les textes de l'Antiquité dans leur langue d'origine** (grec, latin, hébreu...). Cet intérêt pour les textes anciens résulte d'un concours de circonstances : renouveau de la curiosité, développement de l'esprit scientifique, multiplication des bibliothèques et contact avec des savants byzantins, venus en Europe de l'Ouest après la prise de Constantinople par les Ottomans en 1453.

■ La multiplication des livres favorise le **développement de la lecture et de l'esprit critique**. Imprimée, la Bible, jusqu'alors monopole de l'Église, devient un objet d'étude pour les humanistes désireux de retrouver le texte original. L'imprimerie incite à la lecture directe des textes sacrés, ce qui favorise la Réforme religieuse.

■ Les humanistes réfléchissent aussi au **rôle des souverains** dans le maintien de la cohésion de la société. Ainsi, tandis que **Thomas More** (1478-1535) critique l'organisation politique de son époque en proposant une vision idéale de la société dans *l'Utopie* (1516), **Machiavel** (1469-1527) rédige *Le Prince* (1513) pour défendre l'autonomie de la sphère politique par rapport au pouvoir religieux, et pour poser les bases de l'État moderne.

c. Éducation, correspondance et voyages des humanistes

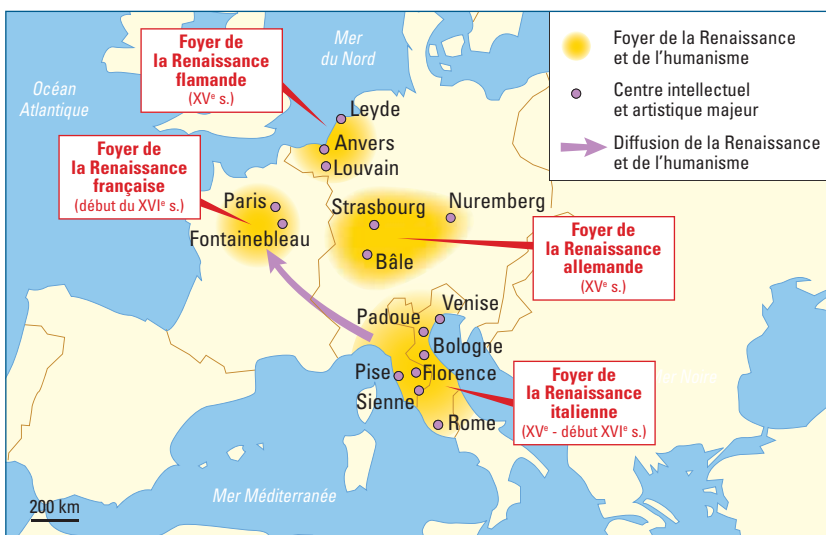
■ Avec le retour aux valeurs de l'Antiquité, l'homme, et non plus Dieu, est placé au centre du monde ; il devient « mesure de toute chose ». Les humanistes considèrent que **l'homme peut s'améliorer** en développant ses facultés intellectuelles. Ils attachent donc une grande importance à **l'éducation**.

■ L'éducation doit développer les **qualités propres à l'être humain** et faire de l'enfant un individu complet, « un esprit sain dans un corps sain », conscient de sa place dans l'univers, sans pour autant oublier Dieu : « science sans conscience n'est que ruine de l'âme », affirme Rabelais (1494-1553). **Rabelais** exige des connaissances encyclopédiques, comme l'atteste la *Lettre de Gargantua à son fils Pantagruel* (1532) : langues anciennes, histoire, géométrie, arithmétique, médecine, art militaire... **Montaigne** (1533-1592) insiste sur l'acquisition du sens critique et sur la nécessité de penser par soi-même.

■ L'éducation humaniste s'accompagne de la création de **nouvelles institutions**, les collèges et les académies, sociétés à caractère littéraire, philosophique et culturel. Elle passe aussi par les voyages et la correspondance, qui entretiennent les échanges intellectuels et les influences entre les différents foyers de l'humanisme, constituant une « République des lettres » acquise aux idées nouvelles.

■ Né à Rotterdam, **Érasme** (v. 1469-1536), considéré comme le « prince des humanistes », voyage tout au long de sa vie : il séjourne à Paris, Venise, Rome, Londres ou encore Bâle. Il entretient une correspondance nourrie avec les autres humanistes européens.

Foyers et diffusion de l'humanisme et de la Renaissance en Europe



B La Réforme religieuse

a. Contestation de l'Église et renouveau de la spiritualité



L'achat d'indulgences permettait au chrétien de diminuer, moyennant finance, le temps qu'il devait passer au purgatoire.

■ Le xv^e siècle est marqué par une contestation de l'Église et par une évolution de la spiritualité. La papauté est empêtrée dans des luttes politiques et certaines pratiques comme la vente des **indulgences** suscitent la controverse.

■ La volonté de réforme est exprimée par le Bohémien **Jan Hus** (v. 1370-1415), qui dénonce les abus de la papauté. Certaines de

ses idées préfigurent le protestantisme : retour au texte de la Bible, communion sous les deux espèces (hostie et vin). Jan Hus est condamné au bûcher ; sa mort entraîne un soulèvement religieux qui dure vingt ans en Bohême et en Allemagne.

■ Parallèlement, l'**humanisme incite à une lecture directe de la Bible**, ce qui avive les critiques formulées à l'encontre de l'Église. **Érasme** donne une nouvelle traduction du Nouveau Testament (1516) pour que le texte soit accessible à tous et incite chacun à personnaliser sa pratique religieuse en revenant à l'essentiel.

b. La Réforme luthérienne



La justification par la foi est une attitude spirituelle qui permet à un pécheur d'être rétabli en état de grâce.

■ **Martin Luther** (1483-1546), moine et théologien allemand, propose la doctrine de la **justification par la foi** parce que l'Église n'apporte pas d'apaisement au croyant qu'il est. En 1517, il dénonce, dans ses **Quatre-vingt-quinze thèses**, la pratique des indulgences. Excommunié et mis au ban de l'Empire en 1521, il reçoit le soutien de nombreux princes, sensibles à son message.

■ Luther donne des fondements doctrinaux au mouvement de la Réforme et organise peu à peu la nouvelle Église luthérienne. Celle-ci récuse l'autorité du pape et limite les sacrements à deux (baptême et communion). Elle rejette le culte marial et celui des saints. Le **temple**, dépouillé, accueille des cérémonies très sobres, où la musique joue un rôle fondamental. Le culte est axé sur la **lecture personnelle de la Bible** en langue nationale (et non en latin). L'Église n'est pas hiérarchisée, et le pasteur ne fait pas vœu de célibat.

■ Le luthéranisme se répand largement en **Allemagne**, par l'intermédiaire des humanistes et des cours princières.

c. Réforme et Contre-Réforme

■ Réformateurs et nouvelles églises

• Le Français **Calvin** (1509-1564) fonde en 1541, à Genève, une sorte de théocratie reposant sur une conception rigoriste du protestantisme. Il s'oppose au culte des images et insiste sur la prédestination : le destin de chaque individu (salut ou damnation) résulte d'une décision divine indépendante de sa volonté ou de ses actes.

• En Angleterre, c'est le roi Henri VIII (1491-1547) qui décide de rompre avec le pape. Il crée l'**Église anglicane** (1534), combinaison d'une liturgie et d'une organisation rappelant le catholicisme (clergé hiérarchisé, évêques), et d'une conception religieuse proche du calvinisme. **John Knox** (v. 1505-1572), en Écosse, est à l'origine de l'**Église presbytérienne**, qui associe les laïcs aux ecclésiastiques dans la gestion des affaires religieuses.

■ La Contre-Réforme

• Pour lutter contre l'extension de la Réforme protestante, l'Église catholique organise un **concile** (1545-1563) à Trente, en Italie. Il prend des mesures pour améliorer la formation des prêtres et donne l'impulsion à l'**art baroque**, destiné à séduire les fidèles par le plaisir esthétique.

- La « reconquête des âmes » est confiée à un nouvel ordre religieux, celui des **jésuites**, fondé par Ignace de Loyola (1491-1556) en 1540. Les jésuites fondent des collèges qui dispensent un **enseignement de haut niveau**, à destination des élites.

■ Les guerres de religion

- Dans les **pays germaniques** (1547-1552), elles opposent les princes et l'empereur Charles Quint (1500-1558), qui est contraint de signer la **paix d'Augsbourg** en 1555. Celle-ci reconnaît la liberté religieuse selon le principe « tel prince, telle religion » : les princes peuvent adopter la religion de leur choix, qui est alors valable pour leurs sujets.

- Elles sont très violentes en **France**, où le calvinisme a fait de nombreux adeptes. Huit guerres se succèdent entre 1562 et 1589 ; le massacre de la Saint-Barthélemy, en 1572, en est le pire épisode. L'**édit de Nantes** (1598) promulgué par Henri IV y met un terme, en reconnaissant l'Église réformée et en permettant la coexistence des deux cultes dans le royaume.

C La Renaissance et ses artistes

a. L'émergence de nouvelles conceptions de l'art

- La **Renaissance** naît en Italie, à Florence, avec Giotto (v. 1266-1337), se développe au xv^e siècle (*Quattrocento*) avant de se répandre en Europe (*Cinquecento*). La Renaissance confère à l'**artiste** un statut de créateur et le différencie de l'artisan, qui travaille dans un atelier où sont formés des apprentis.

- Les **Flandres** constituent le second foyer majeur de la Renaissance. Au xv^e siècle, les ducs de Bourgogne y entretiennent une cour brillante, avec des peintres tels que Jan van Eyck (1390-1441). Celui-ci perfectionne le procédé de la **peinture à l'huile**, dont il contribue à répandre l'usage, et inaugure une façon de peindre en rupture avec la tradition gothique des fresques.

- Les artistes de la Renaissance, qui redécouvrent **Vitruve**, voient dans l'**architecture** l'art majeur, et exigent le retour aux règles et aux principes de l'Antiquité. **Filippo Brunelleschi** (1377-1446) est le premier grand architecte de la Renaissance : il invente la coupole (*duomo*), qui recouvre la cathédrale de Florence (1420-1436), et découvre les principes mathématiques de la **perspective géométrique**, que les peintres mettront en pratique. **Andrea Palladio** (1508-1580), auteur d'un traité d'architecture, s'inspire de l'Antiquité pour construire ses villas.

- **Léonard de Vinci** (1452-1519) ajoute à la perspective géométrique une « perspective atmosphérique », basée sur un effet d'optique (le *sfumato*). Il incarne par excellence l'artiste de la Renaissance : « **homme universel** », il intègre et dépasse tous les courants intellectuels, esthétiques, techniques et scientifiques de son temps. Jaloux de son indépendance et de son autonomie, il sait se servir de princes (dont Ludovic Sforza, duc de Milan, son premier mécène) et de souverains (dont François I^{er}) pour soutenir sa gloire en leur offrant ses multiples compétences dans de nombreux domaines : génie militaire, architecture, peinture, sculpture...

- **Michel-Ange** (1475-1564), peintre, architecte, sculpteur, poète – le type même de l'artiste humaniste – est appelé par le pape Jules II à Rome en 1505. Il poursuit les travaux de la basilique Saint-Pierre, conçoit le palais Farnèse, et peint le plafond et le *Jugement dernier* de la **chapelle Sixtine**.

Le mot « Renaissance » a été inventé par Vasari (1511-1574), premier historien d'art, pour désigner la redécouverte de l'art antique, et la rupture avec la sensibilité et l'art du Moyen Âge.

L'architecte romain Vitruve (1^{er} siècle av. J.-C.) est l'auteur du seul traité d'architecture qui nous soit parvenu de l'Antiquité, *De architectura* (30-26 av. J.-C.).

Raphaël, *L'École d'Athènes* (1511)



■ *L'École d'Athènes*, fresque de Raphaël (1483-1520) qui orne les appartements du pape au Vatican, est un manifeste du retour aux références antiques. Elle associe le passé gréco-romain, l'héritage oriental et le présent de l'époque humaniste. Elle évoque les **valeurs de l'humanisme**, et notamment la recherche de la Vérité et de l'Harmonie à l'aide de la raison.

Ce « manifeste » privilégie quelques disciplines, et notamment :

- la philosophie grecque : Platon (1), représenté sous les traits de Léonard de Vinci, lève le doigt vers le ciel, tandis qu'Aristote (2) tourne la paume vers la Terre ; Socrate (3) converse avec de jeunes gens ; Héraclite (4) a les traits de Michel-Ange ;
- les mathématiques : Pythagore (5), Euclide (6) et Ptolémée (7) ;
- la peinture : Raphaël (8) ;
- l'architecture antique : arcs, niches avec statues (Apollon et Minerve), bas-reliefs, plafond à caissons.

b. La diffusion de la Renaissance en Europe



Un **mécène** est une personne généralement puissante et fortunée qui protège et soutient matériellement les artistes.

■ Les artistes humanistes bénéficient du soutien financier et politique de **mécènes** divers :

- les **princes**, tels les **Médicis**, à Florence, pour Botticelli (1445-1510) ;
- les **papes**, dont **Sixte IV** (1471-1484) et **Jules II** (1503-1513), à Rome, font travailler Botticelli et Michel-Ange (1475-1564)

pour décorer la chapelle Sixtine, Raphaël (1483-1520) pour le décor des appartements du Vatican, Bramante (1444-1514) puis Michel-Ange pour reconstruire la basilique Saint-Pierre (fondée en 324) ;

- les **rois** : **François I^{er}** (1494-1547) fait venir Léonard de Vinci en France, qui dessine le plan du château de Chambord, et fait travailler des peintres italiens à Fontainebleau.

■ Les **guerres d'Italie**, commencées en 1494 par le roi de France Charles VIII pour « récupérer » le royaume de Naples, sont poursuivies par Louis XII puis par François I^{er}. Le désastre de Pavie (1525) marque la fin du « rêve français », mais le contact avec l'Italie est important pour l'**épanouissement de la Renaissance en France**.

3

L'essor d'un nouvel esprit scientifique et technique (xvi^e-xviii^e siècle)

A Galilée

a. Un partisan de l'héliocentrisme

■ L'hypothèse héliocentrique

• Au Moyen Âge, le système cosmologique en vigueur est celui du Grec **Ptolémée** (v. 100-170), parce qu'il s'accorde avec les textes bibliques et permet de calculer le mouvement des planètes avec une bonne précision. Dans son ouvrage *Des révolutions des orbes célestes* (1543), le moine polonais **Nicolas Copernic** (1473-1543) remet en cause ce système, en rejetant le **géocentrisme** au profit de l'**héliocentrisme**, mais précise par prudence qu'il ne s'agit que d'une « hypothèse de mathématicien ».

• Selon le **géocentrisme**, la Terre occupe le centre de l'Univers. Selon l'**héliocentrisme**, c'est le Soleil qui est au centre, la Terre et les autres planètes tournant autour de lui.

• **Giordano Bruno** (1548-1600), dominicain et philosophe, défend le système de Copernic et envisage un Univers infini, ce qui remet en cause la représentation traditionnelle de la Terre au centre de l'Univers. Accusé d'hérésie en 1576, il est livré à l'Inquisition, qui le condamne au bûcher en 1600.

■ Galilée cherche à prouver l'hypothèse héliocentrique

• La vie de Galileo Galilei (1564-1642) se déroule entre trois villes italiennes : Pise et Padoue, où il enseigne les mathématiques et étudie notamment la chute des corps, puis Florence, où il est le protégé du grand-duc de Toscane.

• En 1609, Galilée perfectionne une longue-vue hollandaise et la tourne vers le ciel. Il découvre ainsi quatre satellites autour de Jupiter. Cette découverte et d'autres observations viennent **confirmer par l'expérience l'hypothèse héliocentrique** de Copernic.

• Galilée publie, en 1610, le *Messenger céleste*, qui rencontre un grand succès. Inquiète, l'Église catholique interdit *Des révolutions des orbes célestes* de Copernic en 1616. En dépit de cette interdiction, Galilée écrit, en 1632, *Dialogue sur les deux grands systèmes du monde*. Cet ouvrage le conduit devant le tribunal de l'**Inquisition**, qui l'accuse d'hérésie. Condamné, il doit abjurer l'héliocentrisme pour éviter le bûcher.

b. La naissance d'un nouvel esprit scientifique

■ Galilée est convaincu du caractère rationnel et cohérent de l'Univers. Sa méthode repose sur l'application du **raisonnement mathématique** aux phénomènes physiques. L'**expérimentation** doit permettre de vérifier la validité d'une théorie.

■ Galilée veut **raisonner librement**, plutôt que sous la contrainte des dogmes et de la tradition. Il est persuadé que l'Église, soucieuse de vérité, ne peut que favoriser la diffusion de l'héliocentrisme. Puisqu'on lui interdit de commenter l'Écriture sainte, il estime que, symétriquement, les théologiens doivent s'abstenir de se préoccuper de science.

■ Par ses écrits, Galilée sollicite l'opinion publique pour déstabiliser le camp adverse. Il met en pratique la nécessité de l'**autonomie de la science** à l'égard de la religion et de toute forme de pouvoir (politique, idéologique).

B La diffusion de l'esprit scientifique au XVIII^e siècle

De nouvelles modalités de diffusion des sciences se développent et touchent un public plus large que celui des seuls savants.

a. La communauté des savants

■ Sur le modèle de la *Royal Society* à Londres ou de l'Académie des sciences à Paris fondées au XVII^e siècle, des **sociétés savantes** sont créées dans toutes les grandes capitales européennes : Berlin, Saint-Pétersbourg, Édimbourg, Stockholm... En France, des **académies** naissent aussi dans les villes de province.

■ La diffusion des recherches est prise en charge par les **réseaux de correspondants**, qui assurent la liaison entre les sociétés savantes. Les premiers **périodiques** scientifiques, comme les *Annales de chimie*, publient aussi ces travaux. Des **concours** organisés par les académies s'adressent au public cultivé, qui est invité à discuter les problèmes liés au développement des sciences.

b. La conquête d'une visibilité des sciences dans l'espace public

■ Les enfants issus de familles nobles ou bourgeoises étudient les sciences dans les **colèges** ou lors de **leçons privées** données par des précepteurs. Les sciences appliquées et les mathématiques sont également au cœur de l'enseignement donné dans les **premières écoles d'ingénieurs**.

■ La multiplication des **cabinets de physique et d'histoire naturelle** témoigne de l'engouement de l'élite pour les sciences. Ces cabinets, équipés d'instruments scientifiques, sont animés par des savants qui y font la démonstration d'expériences de physique souvent spectaculaires.

👉 Le philosophe et savant anglais **Isaac Newton (1642-1727)** développe la théorie de la gravitation universelle dans ses *Principia* (1687) : une même force est à l'origine de la chute des corps et du mouvement des planètes.

■ **Voltaire** (1694-1778), avec son ouvrage *Éléments de la philosophie de Newton* (1738), contribue à la diffusion des idées de **Newton**, tout comme son amie **Émilie du Châtelet** (1706-1749), mathématicienne et physicienne, qui s'attache à rendre accessible les théories de Newton qu'elle présente au public cultivé dans ses *Institutions de physique* (1740). Elle traduit par exemple en français les *Principia*, écrits par Newton en latin. L'ouvrage sera publié en 1759, dix ans après sa mort, sous le titre les *Principes mathématiques de la philosophie naturelle*.

■ La nécessité de développer et de diffuser les connaissances, fondement de l'autonomie de la pensée, donne naissance à l'**Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers** (1751-1772). Protégé au début par Malesherbes, « directeur de la librairie », le travail est clandestin de 1759 à 1765. Plus de 150 collaborateurs, sous la direction de **Diderot** et **d'Alembert**, écrivent 72 000 articles. L'ouvrage, en 28 volumes, contient 2 885 planches d'images. 25 000 exemplaires sont diffusés, en cinq éditions. Couvrant tous les domaines du savoir, l'*Encyclopédie* est un véritable **manifeste des Lumières**.

Madame du Châtelet



Portrait de Madame du Châtelet, peinture d'après Maurice Quentin de la Tour (1704-1788), collection privée

C L'invention de la machine à vapeur : une révolution technologique

a. Un nouveau procédé qui s'améliore progressivement

- En 1687, le physicien et ingénieur **Denis Papin** (1647-1714) invente la première machine à vapeur. En 1712, l'ingénieur anglais **Thomas Newcomen** (1663-1729) en améliore le principe.
- L'ingénieur écossais **James Watt** (1736-1819) apporte des perfectionnements majeurs à la machine à vapeur mise au point par Newcomen. Il réussit notamment à transformer le mouvement alternatif en mouvement circulaire. En 1769, il dépose un **brevet** pour sa machine. En 1800, ce brevet tombe dans le domaine public : d'autres constructeurs entrent en rivalité, ce qui contribue à de nouvelles améliorations techniques.

b. Les premières applications et l'effet d'entraînement

- La machine à vapeur de Newcomen s'avère être un **moyen de production d'énergie** économique pour pomper l'eau qui envahit les galeries des mines de charbon. Avec la machine à vapeur de Watt, les **domaines d'application** se multiplient : métallurgie (1776), moulins (1784), textile (1785)... Associé à l'industriel Matthew Boulton, Watt produit quelque cinq cents machines à vapeur de 1776 à 1800.

■ La machine à vapeur connaît aussi un essor en France. En 1781, les **frères Périer** importent d'Angleterre une machine à vapeur et l'installent sur la colline de Chaillot pour puiser l'eau de la Seine et alimenter Paris en eau. En 1783, ils créent la **fonderie de Chaillot** pour construire des machines à vapeur, qui copient celles de Watt.

👉 La locomotive à vapeur devient le symbole de la révolution technique, condition déterminante de l'industrialisation, qui bouleverse les conditions de vie et de production au XIX^e siècle.

■ En 1803, le mécanicien Robert Fulton met au point le premier **bateau à vapeur** : en 1807, une ligne régulière fonctionne sur l'Hudson, aux États-Unis. En 1814, George Stephenson invente la première **locomotive à vapeur**.

ANALYSER UN SUJET DE COMPOSITION

Analysez l'énoncé suivant et formulez une problématique.

« Comment s'explique l'importance des idées de Newton au XVIII^e siècle ? »

CORRIGÉ

■ Étape 1 : lire et décomposer l'énoncé

• « **Comment** » : il s'agit de mettre en évidence la diffusion des idées de Newton grâce à Voltaire et Émilie du Châtelet, qui, en défendant ces idées, cherchent à promouvoir la liberté de pensée et à lutter contre l'obscurantisme.

👉 Le système de Descartes, fondé sur des principes métaphysiques, est dominant au XVII^e siècle.

• « **s'explique** » : vous devez élaborer un raisonnement logique. Au XVIII^e siècle, le **système de Descartes** est remplacé par celui de Newton, mis à la portée de tous par des publications largement diffusées et bénéficiant de la caution de sérieux de leurs auteurs, en premier lieu, Voltaire. Les idées de Newton suscitent bien des discussions et se heurtent aux préjugés, mais leur mise à l'épreuve publique dans les cabinets de physique démontre leur validité.

• « **l'importance des idées de Newton** » : ces idées renouvellent les fondements de la pensée scientifique : dans ses recherches, Newton s'appuie sur l'observation, l'expérimentation à l'aide d'instruments appropriés (dont le miroir concave, appelé « télescope de Newton ») et les mathématiques. Les découvertes du savant anglais concernent essentiellement la mécanique (les trois lois générales du mouvement et la théorie de la gravitation universelle), l'optique (décomposition de la lumière blanche en un spectre visible) et le calcul infinitésimal.

■ Étape 2 : délimiter le cadre du sujet

L'énoncé vous invite à présenter les raisons pour lesquelles les idées de Newton servent de stimulant et de référence aux philosophes et aux savants européens du XVIII^e siècle, et contribuent à l'affirmation d'un **nouvel esprit scientifique** fondé sur l'observation, l'expérimentation et la recherche de lois naturelles, indépendantes de toute forme d'idéologie ou de foi religieuse.

■ Étape 3 : formuler la problématique

En quoi les idées de Newton sont-elles à l'origine d'un nouvel esprit scientifique au XVIII^e siècle ?



À PARTIR DU MILIEU DU XVII^e SIÈCLE et au cours du XVIII^e siècle, les idées de liberté s'imposent grâce à la Révolution anglaise et au mouvement des Lumières. En France, la Révolution correspond à un bouleversement politique avec le transfert de la souveraineté du roi à la nation. En Europe, le développement du sentiment national et la lutte pour l'indépendance de la nation mènent aux révolutions de 1848, le « Printemps des peuples ».

1 La montée des idées de liberté aux XVII^e et XVIII^e siècles

Grâce à la Glorieuse Révolution anglaise et au mouvement des Lumières, les idées de liberté s'imposent à partir du milieu du XVII^e siècle. L'exemple de la révolution américaine montre comment l'esprit révolutionnaire traverse les dernières décennies du XVIII^e siècle, tant en Amérique qu'en Europe, et comment se nouent les diverses influences intellectuelles à l'origine des notions de liberté, de nation et de république.

A La guerre civile anglaise et la Glorieuse Révolution

a. L'*Habeas Corpus* (1679) et le refus de l'absolutisme

■ La prétention de Charles I^{er} (roi de 1625 à 1648) de régner en **monarque absolu** déclenche une guerre civile (1642-1649) entre **partisans du roi et partisans du Parlement**. Vaincu, Charles I^{er} est condamné à mort et décapité en 1649. Olivier Cromwell (1599-1658) instaure une République puritaine, qui dégénère en dictature et disparaît à sa mort.



La **monarchie absolue** est un régime politique dans lequel tous les pouvoirs sont concentrés entre les mains du roi. Louis XIV, roi de France (1661-1715), en est l'incarnation la plus parfaite.

■ La monarchie est restaurée, mais Charles II, le nouveau roi (1660-1685), doit accepter l'*Habeas Corpus* (1679) qui garantit la **liberté de chacun contre toute détention arbitraire**.

b. Le *Bill of Rights* (1689) et l'instauration d'une monarchie parlementaire

■ La **Glorieuse Révolution** (1688-1689), pacifique, est menée par les élites anglaises. La politique de Jacques II, roi en 1685, inquiète le Parlement et l'opinion publique. Pour éviter le retour d'une monarchie absolue et catholique, les adversaires de Jacques II font appel à son gendre, le stathouder de Hollande Guillaume d'Orange. En 1688, Jacques II doit lui céder le pouvoir.

↳ Dans un régime parlementaire, les pouvoirs du souverain sont limités par le Parlement, qui exerce le pouvoir législatif.

■ Guillaume III d'Orange-Nassau doit accepter le régime parlementaire établi par la Déclaration des droits (*Bill of Rights*). Ce texte considère « illégale » toute prétention du « pouvoir royal de suspendre les lois sans le consentement du Parlement », et il reconnaît la « liberté de la parole », « des débats » et « des procédures » au sein du Parlement, dont les membres procèdent d'élections libres (**suffrage censitaire**).

B La révolution américaine

a. La révolte des treize colonies anglaises d'Amérique

■ C'est au nom des principes de liberté énoncés par la mère patrie que les treize colonies anglaises (Massachusetts, New York, Pennsylvanie, etc.) proclament leur indépendance le 4 juillet 1776.

■ Au cours des années 1760, le Parlement anglais promulgue plusieurs lois qui visent à augmenter les **taxes** prélevées sur les colonies américaines. Les négociants et les armateurs, soutenus par la population, refusent de les payer, faisant valoir qu'ils ne sont pas représentés au Parlement. La contestation fiscale prend une tournure politique.

■ L'événement déclencheur de la Révolution américaine est la **Tea Party de Boston** (16 décembre 1773) : pour protester contre une nouvelle décision fiscale, des Américains jettent à la mer les cargaisons de thé anglais d'un navire de la Compagnie des Indes.

La Tea Party de Boston (1773)



© Leemage

b. La Déclaration d'indépendance

■ Rédigée par **Thomas Jefferson**, la Déclaration d'indépendance des États-Unis est adoptée par les treize colonies insurgées le **4 juillet 1776**. Elle affirme que tout homme a des droits naturels inaliénables que le gouvernement doit garantir ; s'il manque à cette mission, les gouvernés ont le droit de le renverser.

↳ Une république est un régime politique dans lequel les détenteurs du pouvoir sont élus pour une période prévue d'avance.

■ Érigés en **républiques**, les nouveaux États (ex-colonies) se dotent de constitutions qui incorporent une **Déclaration des droits de l'homme** et affirment que l'origine du pouvoir est la loi, que le peuple est la « fontaine » de toute autorité. Le renversement de souveraineté est radical : la loi émanant de la **volonté générale** remplace le roi.

c. De la guerre d'Indépendance à la Constitution

■ Les Américains reçoivent l'appui du **corps expéditionnaire français** de La Fayette et Rochambeau, la France cherchant à se venger de la victoire anglaise dans la guerre de Sept Ans (1756-1763). Sous la conduite du général **George Washington**, les insurgents (combattants indépendantistes) mènent une longue guerre (1775-1782) contre l'Angleterre. Grâce à l'appui français, celle-ci finit par reconnaître l'indépendance en 1783.

■ La guerre d'Indépendance se double d'une **critique des institutions de la monarchie britannique**. L'option républicaine et fédérale préside ainsi à l'élaboration de la Constitution. La liberté est scellée en 1787 par l'adoption d'une **Constitution fédérale** unifiant les treize républiques indépendantes.

■ La Constitution est établie par une **Convention** réunie à Philadelphie, présidée par George Washington. Elle consacre les libertés fondamentales et la séparation des pouvoirs. Le droit de suffrage est réservé aux propriétaires. La méfiance vis-à-vis d'un gouvernement central trop fort préside au choix du **fédéralisme**. Les principes de liberté ne concernent ni les esclaves ni les femmes.

Le **fédéralisme** est un système de gouvernement qui repose sur le partage de compétences entre un pouvoir central et des autorités régionales ou locales.

C Les Lumières

Au XVIII^e siècle, un mouvement philosophique, culturel et scientifique domine l'Europe : les Lumières. Cette révolution de la pensée consacre l'autonomie et le **libre usage de la raison** face aux préjugés, aux traditions, aux croyances.

a. Des principes qui remettent en cause la monarchie absolue

■ Les Philosophes

• S'inspirant du *Traité du gouvernement civil* (1690) de John Locke, **Voltaire** (1694-1778) publie ses *Lettres philosophiques* (ou *Lettres anglaises*) en 1734, et **Montesquieu** (1689-1755) *l'Esprit des Lois*, en 1748. Tous deux s'inspirent des libertés anglaises et de l'équilibre des pouvoirs qui en résulte pour penser la **liberté comme fondement de tout ordre politique**, et pour revendiquer la liberté de penser et de s'exprimer.

• Au nom de la **tolérance** et de la **liberté de conscience**, les philosophes condamnent le fanatisme religieux : ainsi Voltaire (1694-1778), dans son *Traité sur la tolérance* (1763) et dans ses articles de *l'Encyclopédie* ou du *Dictionnaire philosophique* (1764). Les philosophes affirment que Dieu a doté l'homme de raison pour accéder à la conscience sans la médiation de l'Église : le christianisme n'est donc pas la seule religion.

• Synthèse des valeurs des Lumières, *l'Encyclopédie*, menée par **Denis Diderot** (1713-1784) et **Jean d'Alembert** (1717-1783), répond à la volonté de rassembler toutes les connaissances de l'époque. Mais elle est aussi une **œuvre politique**, qui s'attire les foudres des autorités (interdiction royale en 1752, condamnation papale en 1759).

■ Le principe d'autorité contesté au nom de la liberté

• La nouvelle pensée politique affirme que **la source de tout pouvoir est dans le peuple** et que rien n'est supérieur à la volonté générale. Le roi ne peut plus prétendre être l'unique détenteur de la souveraineté.

👉 Dans *Le Contrat social* (1762), Jean-Jacques Rousseau (1712-1778) définit ce qui lie les citoyens : le respect de la volonté générale, expression du peuple souverain, préserve la liberté de chacun des contractants.

• Montesquieu insiste sur la **séparation des pouvoirs** (législatif, exécutif, judiciaire). À partir d'une analyse « des origines et des fondements de l'inégalité parmi les hommes », Rousseau pose la liberté comme un principe. Diderot affirme qu'« aucun homme n'a reçu de la nature le droit de commander aux autres ».

■ **La doctrine du laisser-faire, laisser-passer**

En France, Turgot (1727-1781), ministre des Finances en 1774, tente de mettre en place les éléments d'une **économie**

libérale : circulation des grains facilitée ; abolition de la corvée ; suppression des corporations (qui limitent la **liberté d'entreprendre**) ; répartition plus égalitaire de l'impôt.

b. Les canaux de la contestation : l'émergence d'un « espace public »

■ L'exigence du débat et de la discussion favorise l'émergence d'un espace public, c'est-à-dire de **lieux de sociabilité où s'échangent les idées**. Ces lieux sont concentrés dans les villes : écoles, bibliothèques, librairies, mais aussi sociétés savantes, sociétés littéraires, académies, loges maçonniques, etc. Les cafés et les salons sont des lieux de rencontre mondaine.

👉 On nomme *opinion publique* l'ensemble des manières de penser, d'apprécier et de juger indépendantes des pouvoirs en place.

■ En Amérique du Nord comme en Europe, l'extension d'un espace public est favorisée par le développement de l'**édition** (livres, journaux, etc.). Une véritable **opinion publique** apparaît peu à peu.

■ L'**expérience de la révolution américaine** exerce une influence décisive sur les esprits qui souhaitent un autre régime. Elle se diffuse grâce à la circulation des idées et des hommes (ex. : séjours de Jefferson et de Franklin à Paris).

2 La Révolution française, affirmation d'un nouvel univers politique

La Révolution française correspond à un bouleversement politique radical qui a transféré la souveraineté du roi à la nation. L'abolition de la monarchie, en 1792, est suivie d'une série d'expériences politiques qui, malgré leurs échecs successifs et la proclamation de l'Empire en 1804, ont durablement marqué l'histoire politique de la France et de l'Europe.

A Le déclenchement de la Révolution

a. La crise de la monarchie d'Ancien Régime

■ À la fin du XVIII^e siècle, la France compte 28 millions d'habitants : c'est le pays le plus peuplé d'Europe. La société, **hiérarchisée**, est divisée en **trois ordres** : le clergé, la noblesse, le tiers

état (les roturiers, 95 % des Français). L'organisation en ordres consacre des inégalités juridiques : ainsi, le clergé et la noblesse détiennent des **privilegés**, notamment l'exemption d'impôt. Cependant, le tiers état est lui-même très varié : il comprend aussi bien les bourgeois des villes (marchands, avocats...) que les paysans (les trois quarts de la population), écrasés par les impôts.

👉 Les *privilegés* sont des droits ou des avantages dont bénéficie une catégorie de la population.

■ Le **monarque absolu**, élu de Dieu, est considéré comme source de toute justice : il a autorité totale sur ses sujets. Ses pouvoirs sont toutefois limités par les **lois fondamentales du royaume**,

par les privilèges (du clergé, de la noblesse, des villes, etc.) et par la nécessité de déléguer son pouvoir dans les provinces.

■ En raison d'un système fiscal qui exempte les « privilégiés » de l'impôt, le **déficit** est un mal chronique de la monarchie. En outre, la France connaît une **crise agricole** (surproduction viticole, mauvaises récoltes), qui entraîne la disette et le chômage. Les privilégiés refusant de remettre en cause le système, Louis XVI décide de convoquer les **états généraux**, seule institution autorisée à réformer les impôts. Les députés de cette assemblée sont élus au sein de chaque ordre. Les électeurs formulent leurs « **doléances** » ; à l'exception des privilégiés, tous attendent un changement politique.

b. La fin de l'Ancien Régime

■ Le 20 juin : le serment du Jeu de Paume

• L'ouverture des états généraux, le 5 mai 1789 à Versailles, n'est suivie d'aucune décision du pouvoir. Les députés du tiers état décident alors, le 17 juin, de se déclarer **Assemblée nationale**, c'est-à-dire représentants légitimes de la nation. Pour entraver cette initiative, le roi fait fermer la salle de réunion attribuée au tiers état. Les députés se déplacent alors dans la salle du Jeu de Paume (20 juin), où ils jurent de ne pas se séparer avant d'avoir donné une Constitution à la France.

• Le 27 juin, Louis XVI semble s'incliner et engage le clergé et la noblesse à se réunir au tiers état, mais il convoque six régiments destinés à rétablir l'Ancien Régime par la force.

■ De la prise de la Bastille à l'abolition des privilèges

• Le renvoi de Necker, ministre favorable aux réformes, le 11 juillet, provoque la **révolte des Parisiens** : craignant les agissements du « complot aristocratique », ils cherchent des armes pour se défendre. Après en avoir trouvé aux Invalides, ils se portent sur la Bastille pour en chercher d'autres.

• La prise de la Bastille (14 juillet), alors prison d'État et incarnation de l'arbitraire royal, devient le **symbole de la chute de l'absolutisme** : le roi est obligé de se rendre à Paris, où le nouveau maire lui remet la cocarde tricolore. L'exemple de Paris est suivi par les villes de province : c'est la « révolution municipale ».

• La prise de la Bastille provoque une telle effervescence dans les campagnes (la Grande Peur) que les députés, pour éviter que la France ne soit mise à feu et à sang, décident de supprimer la société d'ordres et le système féodal (**nuît du 4 août** : abolition des privilèges).

■ Les journées des 5 et 6 octobre

Le peuple parisien, informé par les journaux, se montre vigilant quant à l'évolution de la situation. Quand les femmes apprennent que la cocarde tricolore a été foulée aux pieds par les gardes royaux, elles se rendent à Versailles pour **ramener le roi à Paris** : désormais le roi et l'**Assemblée constituante**, qui suit le roi à Paris, doivent compter avec l'opinion publique.

📌 Le 9 juillet 1789, l'Assemblée nationale se proclame *Assemblée constituante*, c'est-à-dire qu'elle se donne pour mission de rédiger une Constitution.

B L'échec de la monarchie constitutionnelle

a. Les réformes fondamentales et leur consécration

■ Votée le 26 août 1789, la **Déclaration des droits de l'homme et du citoyen** consacre les valeurs nouvelles :

- l'égalité juridique (« les hommes naissent et demeurent libres et égaux en droit ») ;
- la liberté (de la personne, de pensée, de croyance et de religion, d'opinion et d'expression, d'entreprendre, de produire et de fabriquer) ;
- le respect sacré de la propriété.

■ La réorganisation de la France se conforme aux principes suivants :

- découpage du territoire en **83 départements** ;
- égalité devant l'impôt ;
- adoption de la **Constitution civile du clergé** (1790) : l'Église est placée sous l'autorité de l'État.

■ Organisée le 14 juillet 1790 à Paris, sur le Champ-de-Mars, la première **fête de la Fédération** se veut le symbole de l'unanimité de la nation.

b. La trahison et la chute du roi

■ Alors que le roi semble accepter les réformes, il prépare sa fuite pour rejoindre les « émigrés » (nobles qui ont quitté la France depuis 1789) et prendre la tête d'une armée de souverains coalisés, afin de renverser le nouveau régime. Louis XVI fuit mais, le 20 juin 1791, il est **arrêté à Varennes** et ramené à Paris. Malgré cela, les constituants soutiennent qu'il a été enlevé : ils veulent éviter la remise en question de la Constitution (promulguée en septembre), qui consacre la **monarchie parlementaire**, et redoutent une crise.

■ Le 1^{er} octobre 1791, la nouvelle assemblée, dite « législative », commence à siéger. Formée de députés dépourvus d'expérience politique, elle est confrontée à la **menace de guerre** que font peser les souverains étrangers.

■ Les partisans de la monarchie absolue sont favorables à la guerre qui, espèrent-ils, permettra à Louis XVI de reprendre son trône. Les révolutionnaires du **club des Jacobins** y sont également favorables, car ils pensent que la guerre obligera Louis XVI à se démasquer. Les députés modérés y sont opposés.

■ La guerre au roi de Bohême et de Hongrie est déclarée le 20 avril 1792. Rapidement, **la France est envahie**. Louis XVI s'opposant à toute mesure efficace, les citoyens décident de prendre la situation en main pour défendre la patrie (levée de volontaires) et s'emparent des Tuileries le 10 août. Cet épisode met un terme à l'expérience de la monarchie constitutionnelle.

C L'expérience de la République

a. La naissance de la 1^{re} République

■ L'invasion étrangère et les rumeurs de complots contre-révolutionnaires exacerbent les tensions dans le pays. Les **sans-culottes** parisiens investissent les prisons parisiennes et y exécutent les détenus soupçonnés de visées contre-révolutionnaires : ce sont les **massacres de Septembre** (du 2 au 6).

■ L'Assemblée législative décide l'élection au suffrage universel masculin d'une nouvelle assemblée constituante : la **Convention**. Le 21 septembre 1792, **celle-ci abolit la royauté**.

■ Les **Girondins, républicains modérés**, veulent terminer la Révolution sans prendre en compte les revendications du mouvement populaire. Les **Montagnards** pensent que la Révolution ne s'arrêtera que quand le mouvement populaire obtiendra gain de cause. Leurs divergences s'exacerbent lors du **procès du roi**. Contre la volonté des Girondins, la Convention décide qu'elle est habilitée à juger le roi car il a trahi la nation. La **peine de mort** est votée à 361 voix contre 360 : Louis XVI est guillotiné le 21 janvier 1793.

■ La pression du mouvement populaire impose l'arrestation des députés girondins après les journées des 31 mai au 2 juin 1793. Les **Montagnards** instaurent alors une République démocratique.

■ La **Constitution de l'an I** est adoptée par la Convention le 24 juin 1793. Elle établit le primat du législatif sur l'exécutif et consacre l'**égalité sociale**. Étant donné l'état de guerre, la Convention décrète que le « gouvernement est révolutionnaire jusqu'à la paix ». Cette Constitution ne sera jamais appliquée.

■ Un plan d'instruction publique est élaboré et des fêtes sont prévues dans le cadre d'un **nouveau calendrier**. Les biens des suspects sont distribués aux plus pauvres.

b. Le gouvernement révolutionnaire et la Terreur

■ Le poids de la guerre : la Terreur

• Au cours de l'été 1793, le gouvernement doit faire face à de nombreuses menaces :

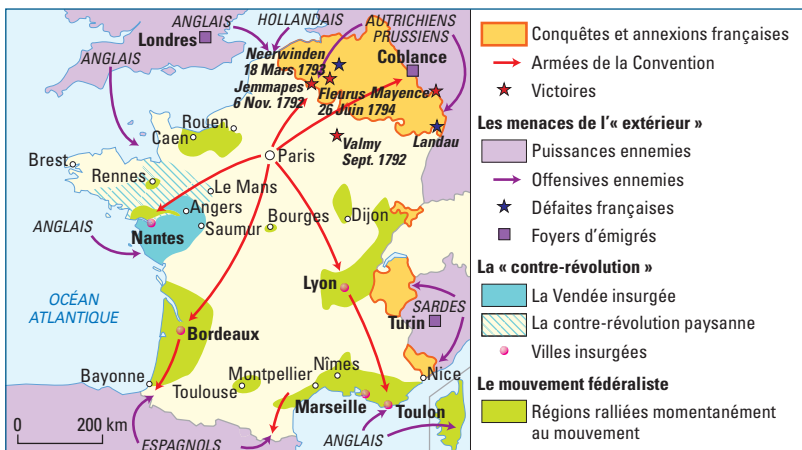
- l'**invasion de la France** menée par les souverains coalisés au lendemain de la mort du roi ;
- la **guerre de Vendée** (contre-révolutionnaire), qui éclate en mars 1793 en réaction à la levée de 300 000 hommes par la Convention ;
- l'**insurrection fédéraliste** (contre le centralisme de Paris), qui suit la chute des Girondins.

La victoire de Fleurus (26 juin 1794) repousse l'invasion au nord, tandis que le siège de Toulon permet de reprendre la ville aux Anglais, le 19 décembre 1793.

• Pour venir à bout des ennemis extérieurs et intérieurs, la Convention met en place un **Comité de salut public** (6 avril 1793), composé de douze membres, élus tous les mois. Dominé par **Robespierre**, le Comité de salut public prend la tête du gouvernement révolutionnaire.

👉 **Avocat, député aux états généraux, puis à la Convention, Maximilien Robespierre (1758-1794) est élu au Comité de salut public, puis réélu à partir de juillet 1793.**

La France assiégée à l'été 1793



• Le Comité de salut public signe un décret de **levée en masse** (23 août), afin de mobiliser toutes les ressources humaines et économiques de la nation au service de la victoire. Il décide de « mettre la **Terreur** à l'ordre du jour » (5 septembre) et de prendre un ensemble de mesures pour sauver la République démocratique : les libertés sont suspendues, et la **loi des suspects** permet arrestations et jugements expéditifs par le Tribunal révolutionnaire. Des milliers de personnes sont guillotonnées, dont Marie-Antoinette, des aristocrates, de riches bourgeois, des prêtres réfractaires.

■ La chute des « factions »

• Malgré la guerre, les extrémistes du **mouvement populaire** se préoccupent d'abord de faire taxer les prix et les salaires, et d'accélérer un mouvement de déchristianisation. Pour contrer cette politique, le Comité de salut public arrête et fait guillotiner les « **enragés** » (24 mars 1794), et fait voter par la Convention la reconnaissance de « l'immortalité de l'âme et de l'Être suprême » (7 mai).



Avocat et excellent orateur, Georges Danton (1759-1794) est député de la Montagne à la Convention. Il soutient la Terreur avant de dénoncer, ce qui lui vaut d'être arrêté et exécuté.

• Les Indulgents, derrière **Danton**, remettent en cause la Terreur ; ils sont également guillotins (5 avril). « La Révolution est glacée » : par cette expression, Saint-Just, membre du Comité de salut public, dénonce le mécanisme d'**emballement de la Terreur**. Pour éviter d'en être victimes, les modérés de la Convention organisent une conjuration ; ils font exécuter Robespierre et ceux qui le soutenaient les 9 et 10 thermidor (27 et 28 juillet 1794).

c. La République bourgeoise : Directoire et Consulat

■ La Convention thermidorienne et le Directoire

• Les Thermidoriens élaborent la Constitution de l'an III qui consacre le **système censitaire**, donc la propriété. Elle instaure la collégialité de l'exécutif (cinq Directeurs) et divise l'Assemblée en deux Conseils (Conseil des Anciens et le Conseil des Cinq-Cents). Ce nouveau régime prend le nom de Directoire.

• La **Terreur blanche** pourchasse et massacre les révolutionnaires soupçonnés d'avoir soutenu le Comité de salut public, tandis que les contre-révolutionnaires royalistes essaient de reprendre le pouvoir. Ces derniers seront écrasés le 13 vendémiaire an IV (5 octobre 1795) par une armée commandée par Bonaparte.

• La hausse des prix provoque une **misère** d'autant plus scandaleuse que le luxe des nouveaux riches s'étale. Le 12 germinal an III (1^{er} avril 1795), puis le 1^{er} prairial an III (20 mai 1795), des **sans-culottes** envahissent la Convention, réclamant « du pain et la Constitution de 1793 ». Ils sont réprimés par l'armée.

■ Le temps des coups d'État

• La Constitution ne prévoyant aucune solution en cas de conflit entre les Directeurs et les Conseils, la pratique des coups d'État s'installe, avec **recours à l'armée**.



Jeune général victorieux en Italie (1796), Napoléon Bonaparte (1769-1821) se comporte en chef d'État avec les Autrichiens au moment de négocier la paix de Campoformio (1797). Il mène la campagne d'Égypte (1798-1799).

• **L'autorité de l'État, de plus en plus impopulaire, s'effrite** : les impôts ne sont pas payés, les brigands sèment la terreur et la justice ne fonctionne pas. **Bonaparte** prend le pouvoir par le coup d'État du 18 brumaire an VIII (9 novembre 1799).

■ Le Consulat

• Une **nouvelle Constitution** ancre les acquis de la Révolution. Le suffrage universel est rétabli, mais

les électeurs ne font qu'élire des listes de notabilités, au sein desquelles le pouvoir recrute les membres des assemblées et les fonctionnaires.

• Le **pouvoir législatif**, divisé en quatre assemblées, est **affaibli au profit de l'exécutif** (trois consuls) et surtout du Premier consul, Bonaparte, qui concentre tous les pouvoirs.

• Plusieurs mesures visent à **consolider les acquis fondamentaux de la Révolution** :
– les lycées (1802) ont pour but de former les cadres de la nation ;

- la Légion d'honneur (1802) récompense les services rendus ;
- le Code civil (1804) unifie le droit.

Cette consolidation se fait néanmoins **aux dépens de la liberté** (censure de la presse et autres écrits).

- Bonaparte s'emploie aussi à stabiliser la société et l'économie françaises. Par le **Concordat** signé en 1801, l'État reconnaît que l'Église catholique est celle de la majorité des Français et subventionne les cultes, et le pape renonce à toute prétention sur les biens de l'Église. Bonaparte fonde la **Banque de France** (1800) et crée le **franc germinal**, afin de régulariser l'émission de monnaie métallique.
- Le **pouvoir personnel** de Bonaparte s'affirme de plus en plus : en 1802, une révision de la Constitution instaure le Consulat à vie ; enfin, **l'Empire est proclamé** : Napoléon I^{er} organise son sacre à Notre-Dame-de-Paris en présence du pape, le 2 décembre 1804.

3 Libertés et nations en France et en Europe dans la première moitié du XIX^e siècle

Les guerres de la Révolution et de l'Empire bouleversent l'Ancien Régime en Europe. Mais la transformation des guerres de la liberté en guerres de conquête au profit de la France stimule le développement des sentiments nationaux. Quelle a été l'évolution politique des pays d'Europe, pris entre revendications libérales, aspirations nationales et réaction absolutiste ?

A Les mouvements nationaux et libéraux en Europe jusqu'en 1848

a. Les aspirations issues de la Révolution française

■ Les guerres menées par la France pendant la Révolution et l'Empire (1792-1815) ont grandement contribué à la diffusion en Europe des **principes de 1789**. La création de « Républiques sœurs » dans les territoires conquis, puis de royaumes satellites par Napoléon, exporte le nouveau modèle politique : reconnaissance des droits de l'homme, abolition de la société d'ordres, Code civil, etc.

■ Le **libéralisme** se fonde sur le respect des **droits de l'homme et du citoyen**. Cette liberté est régie par l'obéissance à la loi votée par les élus de la Nation. Elle se traduit en libertés individuelles (se déplacer, penser, croire, se réunir...), liberté politique (élire ses représentants), liberté économique (entreprendre). La garantie de ces libertés est assurée par le système de gouvernement constitutionnel. La notion de « libéralisme » recouvre néanmoins de nombreuses **divergences**, notamment sur l'extension du droit de suffrage (censitaire ou universel) et la réponse à donner aux revendications sociales émanant des couches les plus pauvres de la société.

■ Préparé par les recherches menées au XVIII^e siècle sur ce qui fonde l'identité d'un peuple, le **sentiment national** prend corps avec le refus de la domination française. Il s'exprime surtout chez les élites (étudiants, intellectuels, artistes, etc.) et se traduit par une volonté d'émancipation par rapport à un pouvoir considéré comme incapable d'en reconnaître et d'en respecter la spécificité.

👉 Le **sentiment national** est le sentiment d'appartenance à une communauté partageant une langue, une culture et une histoire communes.

■ La réaction des Espagnols à l'occupation (1808-1814) de leur pays par l'armée française participe au développement des mouvements nationaux et des **guerres « patriotiques »**, qui entraînent la chute de Napoléon.

■ Les mouvements nationaux revendiquent l'**indépendance** de leur « nation » soumise à une tutelle étrangère : l'Autriche pour les Italiens, les Hongrois et les Slaves ; la Russie, la Prusse et l'Autriche pour les Polonais, etc. Ils sont souvent teintés de libéralisme : l'idée de **souveraineté nationale** suppose que chaque peuple soit libre de choisir ses propres représentants.

b. Les limites du retour à l'Ancien Régime

■ Le Congrès de Vienne (septembre 1814-juin 1815)

• Au lendemain de la première abdication de Napoléon, des délégués de tous les pays d'Europe se retrouvent à Vienne pour **réorganiser l'Europe** et rétablir l'Ancien Régime. La défaite de Napoléon à Waterloo, en juin 1815, leur permet de redessiner l'ordre géopolitique de l'Europe en fonction du droit des princes, et non du droit des peuples.

• La Prusse protestante, la Russie orthodoxe et l'Autriche catholique signent le pacte de la **Sainte Alliance** (septembre 1815), auquel les autres souverains européens se joignent rapidement (la France en 1818). Les trois puissances continentales renouvellent leur coalition avec l'Angleterre pour organiser les **interventions contre toute menace révolutionnaire** ou tout mouvement national libéral. La « réaction » triomphe.

■ La révolution de 1830 à Paris

• En France, la **Restauration** a rétabli les Bourbons (Louis XVIII puis Charles X) sur le trône en 1815. Ce régime est **renversé par la révolution** qui a lieu les 27, 28 et 29 juillet 1830 (les « Trois Glorieuses »).



En Angleterre, le **pouvoir législatif** est exercé par la **Chambre des lords** et la **Chambre des communes** ; sous la monarchie de Juillet, par la **Chambre des pairs** et la **Chambre des députés**.

• La révolution n'entraîne **pas de changement radical du régime** : les partisans de la République ne sont pas soutenus par les députés libéraux qui préfèrent confier le trône à Louis-Philippe, cousin de Charles X. Le nouveau roi adopte le drapeau tricolore et prend le titre de « roi des Français ». Le corps électoral est élargi, mais le suffrage reste censitaire.

• Le nouveau régime, la monarchie de Juillet, est une monarchie parlementaire inspirée du système anglais, où le **pouvoir législatif** est exercé par deux chambres.

c. L'affirmation du droit des peuples

■ Le **Risorgimento** (« résurrection »), en Italie, est un mouvement libéral favorable à l'unité politique des Italiens. Il est notamment animé par **Giuseppe Mazzini** (1805-1872) et les **carbonari**, société secrète œuvrant pour l'indépendance et pour le triomphe des idées libérales et républicaines.

■ **L'insurrection en Pologne** (1830-1831) s'inspire des révolutions en France et en Belgique et incite les Polonais à se soulever contre la Russie. Mais en 1831, ceux-ci sont écrasés par l'armée russe. Dans l'**empire d'Autriche**, des mouvements nationaux s'organisent : Hongrois regroupés derrière Kossuth (1802-1894), Tchèques...

■ De 1821 à 1829, la **Grèce** combat la domination de l'Empire ottoman. L'insurrection de 1821, condamnée par la Sainte Alliance, est soutenue par le mouvement philhellène européen (Byron, Delacroix, Victor Hugo...). La brutalité de la répression turque suscite l'intervention de la Russie, de l'Angleterre et de la France, qui l'emportent. Par le **traité d'Andrinople** (14 septembre 1829), le sultan reconnaît l'indépendance de la Grèce.

■ Les **Belges** déclenchent, le 25 août, une insurrection contre les Pays-Bas. Le 4 octobre 1830, une Assemblée constituante proclame l'indépendance. La création du royaume de Belgique est la première mise en question de l'ordre européen voulu par le congrès de Vienne.

B Les révolutions de 1848 en France et en Europe

a. Le « Printemps des Peuples », janvier-mai 1848

■ Un contexte économique et social difficile

- À partir de 1845, l'Europe connaît une grave **crise agricole** (maladie de la pomme de terre en Irlande) et des famines dues à l'augmentation du prix des produits de première nécessité.
- À partir de 1847, la **première crise de l'âge industriel** (faillites de banques et de compagnies de chemin de fer) aggrave la situation des « classes laborieuses » (chômage, paupérisation).

■ La révolution de février 1848 à Paris

• En 1847, l'opposition contourne la loi qui interdit les réunions publiques en organisant une campagne de **banquets** pour faire avancer la revendication d'une réforme électorale. L'interdiction du banquet de clôture qui devait avoir lieu à Paris le 22 février 1848 entraîne des échauffourées les 22 et 23 février : Guizot, chef du gouvernement, est renvoyé, mais une fusillade attise la **colère du peuple de Paris**.

• Le 24 février, des **barricades** sont érigées par le « peuple », auquel se sont ralliés les gardes nationaux. Louis-Philippe abdique et la **République** est proclamée à l'Hôtel de Ville par les députés favorables à la **révolution**.

📌 La **révolution** est le renversement, souvent violent, d'un régime politique ; la réforme est une transformation légale d'un système existant.

■ Les mouvements révolutionnaires en Europe

Quasiment toute l'Europe est concernée par l'embrasement révolutionnaire du printemps 1848. La liberté est l'élément unificateur de ces insurrections, qui peuvent toutefois être regroupées en quatre catégories, selon leurs revendications principales.

- Des mouvements animés par l'exigence de retrouver ou d'obtenir un **régime constitutionnel** :
 - À Palerme, le roi des Deux-Siciles doit accorder une Constitution, ainsi que le grand-duc de Toscane, le roi du Piémont et le pape.
 - À Vienne, en Autriche, Metternich est obligé de partir et l'empereur accorde la liberté de la presse et promet une Constitution.
 - À Berlin, le roi de Prusse Frédéric-Guillaume IV accorde une Constitution et accroît les libertés.
- Des mouvements animés par l'aspiration à **conquérir une indépendance nationale** associée au respect des libertés individuelles et politiques : les Hongrois se dotent de leur propre gouvernement, les Tchèques demandent l'autonomie.
- Des mouvements animés par l'aspiration à **faire coïncider nation et État libéral** :
 - Les Italiens se rallient au roi du Piémont-Sardaigne, Charles-Albert (1798-1849), qui prend la tête de l'unité italienne.
 - Les Allemands décident l'élection au suffrage universel de députés de tous les États de la Confédération germanique. L'Assemblée constituante, réunie à Francfort le 18 mai 1848, forme un gouvernement provisoire, rejette la solution d'une République et envisage de confier la couronne au roi de Prusse.
- Des mouvements animés par la volonté de **faire triompher l'idéal démocratique** au sein d'une République qui garantisse l'égalité sociale et le droit au travail : France, Venise, Florence, Rome (d'où le pape s'enfuit).

Les révolutions de 1848 en Europe



b. La II^e République en France

■ Le **gouvernement provisoire** est formé de onze membres. Il conserve le drapeau tricolore et adopte rapidement des mesures qui donnent son caractère à la II^e République :

📌 La liberté de la presse est un enjeu politique majeur, les journaux étant le moyen par excellence du débat politique.

- création des Ateliers nationaux pour donner du travail aux chômeurs dans des chantiers de travaux publics ; limitation de la durée du travail (10 h par jour à Paris, 11 h en province) ;
- abolition de la peine de mort pour motifs politiques ;
- suffrage universel pour les hommes de plus de 21 ans ;
- liberté de la presse**, de réunion, d'association ;
- abolition de l'esclavage.

■ Cependant, les élections à l'Assemblée constituante, en avril, sont favorables aux représentants **modérés et monarchistes** d'une province qui s'effraie de la montée des socialistes et redoute les tendances révolutionnaires de la capitale. Pour mettre un terme à l'expérience de République sociale, le gouvernement provisoire décide de fermer les Ateliers nationaux le 21 juin 1848, ce qui déclenche de **violents affrontements** (20 000 morts) à Paris entre le 22 et le 26 juin 1848 : la rupture entre les ouvriers et la République est irrémédiable.

■ La Constitution du 4 novembre 1848 prévoit l'élection du président de la République au suffrage universel. Lors de la première élection présidentielle, le 10 décembre 1848, **Louis Napoléon Bonaparte** est élu triomphalement. La masse du vote paysan, animée par le souvenir de l'Empire et par le désir de se débarrasser des notables de la Restauration, s'est ainsi prononcée pour l'ordre contre Paris.

■ Face à la progression des démocrates-socialistes, le parti de l'Ordre au pouvoir **limite le droit de suffrage**, durcit la loi sur la presse et favorise l'enseignement confessionnel. La crise politique est exploitée à son profit par Louis Napoléon Bonaparte. La Constitution ne lui permettant ni de se présenter pour un second mandat, ni de dissoudre l'Assemblée, il commet un **coup d'État le 2 décembre 1851**, et se proclame empereur un an plus tard.

c. Les révolutions en Europe et leur échec

■ L'armée autrichienne reprend le **contrôle de l'Empire** à partir de mai 1848. Dès juin, Prague est bombardée, l'insurrection en Bohême écrasée et le Congrès panslave dispersé par la force. En octobre, le général Windischgrätz reprend Vienne : la constituante est dispersée, l'empereur abdique en faveur de son neveu François-Joseph, qui réaffirme « **l'unité étatique de l'Empire** ». En Hongrie, l'Autriche réduit l'insurrection à l'aide de la Russie (août 1849).

■ En **Italie**, les Piémontais sont vaincus à Custozza (23-25 juillet 1848) puis à Novare (23 mars 1849) par les Autrichiens, qui réoccupent l'Italie du Nord et du Centre, et reprennent Venise. Le roi Charles-Albert abdique au profit de Victor-Emmanuel II (1820-1878) qui conserve une Constitution. Le 3 juillet 1849, Rome est reprise par l'armée française. L'autorité du pape est rétablie. Dès l'été 1848, le **roi des Deux-Siciles** reconquiert son royaume : il bombarde Messine et fait massacrer les libéraux.

■ En **Prusse**, le roi Frédéric-Guillaume IV (1795-1861) fait marche arrière et dénonce toute réforme libérale. Après avoir dissous l'Assemblée constituante (décembre 1848) et refusé la couronne de souverain de la Confédération allemande que lui proposait le Parlement de Francfort (afin de ne pas devoir son trône à la volonté des députés), il le fait disperser par la force (juin 1849).

C L'abolition de la traite et de l'esclavage

a. Les hésitations des puissances européennes

■ Dans la dynamique de l'élan émancipateur des Lumières, des **arguments humanistes et moraux** sont avancés par les **philanthropes**, qui souhaitent abolir la traite (commerce des esclaves) et l'esclavage. Mais il existe aussi des **arguments économiques**, liés à la prise en considération du coût de la traite : mieux vaut utiliser la main-d'œuvre servile sur place. Les révoltes serviles au début des années 1830 inquiètent les colons britanniques qui doutent de plus en plus de la rentabilité de l'esclavage, d'autant plus que l'entretien d'un esclave et de sa famille est plus cher que le salaire dérisoire versé à un travailleur libre.

📌 La **philanthropie** est l'amour désintéressé de l'humanité et la volonté d'œuvrer à son mieux-être.

■ La **Révolution française**, au nom des idéaux de liberté et d'égalité, montre la voie en abolissant l'esclavage en 1794. Mais dès 1802, les colons obtiennent son rétablissement. Malgré son ancrage révolutionnaire, le mouvement abolitionniste est **peu influent** jusqu'en 1848.

■ Sous la pression de l'opinion publique (églises protestantes, associations philanthropiques, journaux...), le **Royaume-Uni** renonce à la traite dès 1807 puis à l'esclavage en 1833. Le choix du libre-échange et les impératifs de l'industrie jouent également dans cette décision. La puissance du Royaume-Uni lui permet d'imposer la **condamnation de la traite** lors du Congrès de Vienne en 1815, et d'inciter les autres États européens et sud-américains à interdire à leur tour la traite, puis l'esclavage.

b. L'abolition de l'esclavage et ses limites

■ Les Français qui militent pour l'abolition mettent en avant les mêmes arguments (humanistes et économiques), mais se divisent entre ceux qui souhaitent une abolition immédiate et ceux qui sont favorables à une émancipation progressive. C'est pourquoi il faut attendre la **révolution de 1848** pour voir disparaître l'esclavage dans les colonies françaises. C'est **Victor Schœlcher** (1804-1893), sous-secrétaire d'état aux colonies dans le gouvernement provisoire de la II^e République, qui fait adopter le décret d'abolition de l'esclavage dans les colonies le 27 avril 1848, avec effet immédiat. Cependant, la société coloniale conserve une mentalité raciste.

■ Malgré la politique britannique, il y a un **décalage entre l'adoption des lois d'abolition et leur application**. Ainsi, il faut attendre les années 1860 pour que la traite atlantique disparaisse. Avant cette date, des négriers illégaux continuent d'alimenter l'Amérique en esclaves ; la marine britannique intervient pour s'y opposer.

■ L'esclavage n'est aboli qu'en 1885 à Cuba et qu'en 1888 au Brésil. De plus, les conditions de vie des anciens esclaves changent peu et, même s'ils sont libres, ils restent victimes de **discriminations**.

*L'abolition de l'esclavage dans les colonies françaises,
27 avril 1848 de F. Auguste Biard (1848)*



© Josse/Leemage

6

Du développement
au développement durable

www.annabac.com

EN 2016, 7,4 MILLIARDS D'HOMMES peuplent la Terre. En 2025, le nombre d'habitants devrait approcher les 8 milliards et atteindre 9,5 milliards en 2050. Faire face aux besoins essentiels d'une population mondiale en augmentation constante est donc un enjeu majeur : la nourrir, lui fournir une eau potable, des sources d'énergie, des logements. Comment améliorer les conditions de vie d'une population mondiale inégalement développée ? Quels nouveaux modes de développement mettre en place pour relever de tels défis ?

1

Un développement inégal et déséquilibré
à toutes les échelles

A Comment définir et mesurer le développement ?

■ Le **développement** est un processus par lequel un groupe social évolue vers de meilleures conditions de vie, plus de richesse et un système politique démocratique.

■ L'**indicateur de développement humain** (IDH) mesure le niveau du bien-être de la population, en faisant la synthèse de trois séries de données :

- l'espérance de vie à la naissance (**état sanitaire**) ;
- la durée moyenne et la durée attendue de scolarisation (**niveau d'instruction**) ;
- le **RNB** par habitant, calculé en parité de pouvoir d'achat (PPA), c'est-à-dire dans un montant assurant le même pouvoir d'achat dans tous les pays (**niveau de vie**).



*Le **revenu national brut (RNB)** est la somme des revenus (salaires et revenus financiers) perçus par les agents économiques d'un pays. Le **produit intérieur brut (PIB)** est la somme des richesses produites dans un pays.*

■ Il ne faut donc pas confondre le **développement** (mesuré par l'IDH) et la **richesse** (mesurée par le PIB/hab. ou le PNB/hab.), qui correspond aux ressources naturelles et humaines, ainsi qu'à la somme des valeurs ajoutées produites.

B Des inégalités de développement à l'échelle mondiale

■ Les **pays développés** ont un IDH compris entre 0,8 et 0,94. On compte parmi eux :
- en majorité, des **pays industrialisés à économie de marché** : l'Amérique du Nord, l'Europe occidentale, le Japon, centres d'impulsion et moteurs de l'économie mondiale. Leurs activités sont tournées vers les services et les secteurs des hautes technologies ;
- des **pays industrialisés d'Asie** : Corée du Sud, Singapour, Taïwan (« **Dragons** ») ;
- certains petits pays (Qatar, Émirats arabes unis, Brunei, Bahreïn) profitant de leurs revenus pétroliers.

■ Le groupe des **pays dits « émergents »** est plus diversifié (IDH généralement entre 0,7 et 0,8) :
- le **Brésil** et de nombreux pays d'Amérique latine (Mexique, Argentine, Venezuela) ;
- l'Europe de l'Est et la **Russie** ;

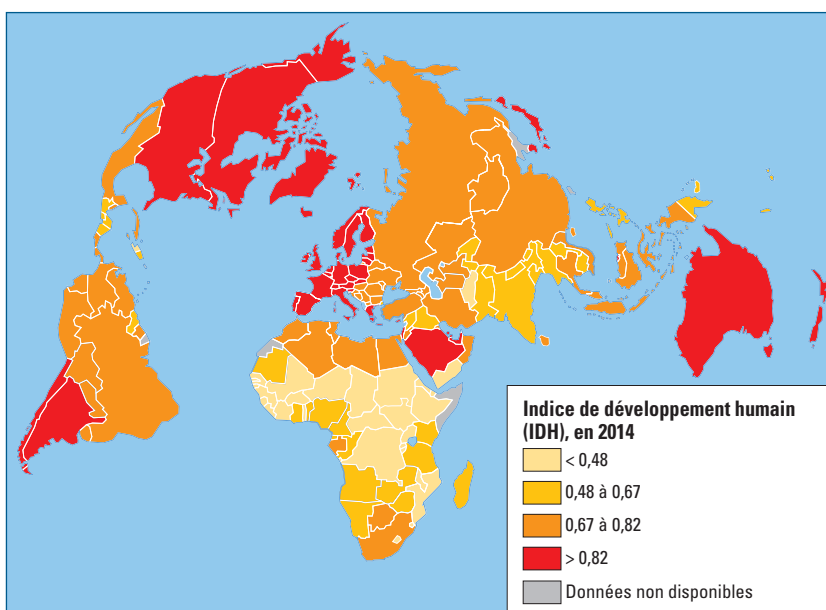
▶ Une économie de rente est basée uniquement sur l'exploitation de ressources naturelles.

- des pays tels que l'Arabie Saoudite ou l'Algérie qui, comme la Russie, profitent de leur **rente** pétrolière ;
- la **Chine** (2^e puissance économique mondiale) et l'**Inde**, géants démographiques, sont émergents plus pour leur croissance industrielle que pour leur niveau de développement (IDH de la Chine : 0,727 ; de l'Inde : 0,609). Avec la Malaisie, l'Indonésie, le Vietnam (les « **Tigres** »), elles sont de plus en plus intégrées à l'**Asie orientale, aire de puissance économique**. On les regroupe sous le terme de BRIC (Brésil, Russie, Inde, Chine) ;
- enfin, l'Afrique du Sud, grand exportateur de ressources minières.

■ Les **pays intermédiaires, dits « en développement » (PED)** sont les plus nombreux. Leur IDH, moyen (entre 0,5 et 0,7), témoigne de leur dépendance vis-à-vis des pays les plus développés auxquels ils vendent leurs matières premières agricoles ou énergétiques.

■ Les **pays les moins avancés (PMA)** sont les États les plus pauvres du monde, la plupart situés en Afrique subsaharienne et en Asie centrale (IDH inférieur à 0,5).

L'IDH dans le monde en 2014



C Des inégalités régionales et locales

■ À l'intérieur d'un pays, les **régions littorales** sont souvent plus développées, car elles sont mieux intégrées à la **mondialisation**. Dans les pays développés, les régions méridionales ont tendance à attirer les populations (meilleur cadre de vie, emplois qualifiés) tandis que celles du Nord sont en reconversion économique (sauf en Italie).

■ Dans tous les pays du monde, il existe des poches de pauvreté et de mal-développement, signes d'une **ségrégation sociospatiale** (ghettos, quartiers sensibles). Dans les pays en développement, les **quartiers informels** (bidonvilles) se multiplient.

2 De nouveaux besoins pour 9 milliards d'hommes

A Neuf milliards d'hommes en 2050

■ Entre 1750 et 2016, la population mondiale est passée de 700 millions à 7,4 milliards d'hommes. Elle a augmenté lentement et régulièrement jusqu'en 1950, puis a connu une véritable **explosion démographique** après 1950.

■ La croissance démographique est très inégale dans le monde :

– Les pays développés connaissent une croissance démographique faible, leur population vieillit. Leur **transition démographique** est achevée.

– La transition démographique a été plus brutale dans les pays en développement car ce n'est qu'après 1945 que les progrès techniques et médicaux y ont été diffusés. Ils ont parfois été accompagnés de **politiques antinatalistes** (ex. : politique de l'enfant unique en Chine).

■ L'humanité est donc entrée dans la seconde phase de la transition démographique, ce qui contribue au **ralentissement de l'accroissement naturel**.

B Des besoins de plus en plus importants

■ Le **défi agricole** : aujourd'hui, près de 800 millions d'individus souffrent de la faim. L'agriculture doit produire plus, tout en préservant l'environnement.

■ Le **défi de l'accès à l'eau** : la consommation industrielle d'eau devrait doubler d'ici à 2025. La moitié des hommes risque d'être privée de ressources convenables en eau.

■ Le **défi énergétique** : la demande énergétique a augmenté d'environ 30 % ces trente dernières années dans les pays développés ; elle a été multipliée par deux dans les pays émergents, et par trois dans le Sud-Est asiatique. Or, 80 % de l'énergie consommée est non renouvelable et polluante. Il est donc nécessaire de rechercher de nouvelles sources d'énergie.

■ Le **défi urbain** : depuis 2007, un homme sur deux vit en ville, et le taux d'urbanisation devrait atteindre 75 % en 2050. Concilier transition urbaine, étalement urbain et respect de l'environnement est un enjeu essentiel.

C Évaluer les ressources et les atteintes à l'environnement

■ L'évaluation des **réserves pétrolières** est difficile car tous les gisements n'ont pas été découverts. L'évolution des techniques permet l'exploitation de nouvelles ressources (gaz de schiste), mais ces techniques sont coûteuses et très néfastes pour l'environnement.

L'agriculture sur brûlis est une technique agricole qui utilise le feu pour fertiliser les sols.

■ L'ampleur des **défrichements** est également difficile à évaluer : chaque année, de vastes surfaces forestières disparaissent du fait de l'**agriculture sur brûlis**, mais cette disparition n'est que temporaire.

■ Selon le **Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat** (GIEC), le changement climatique est lié aux activités humaines. Pour d'autres scientifiques, très minoritaires, l'activité solaire serait en cause dans le phénomène.

■ La médiatisation des atteintes à l'environnement entraîne parfois des simplifications : l'idée que le « désert avance » est fautive ; bien souvent, ce sont l'agriculture intensive ou le surpâturage sur des territoires semi-arides qui sont responsables de la désertification.

3 Mettre en œuvre des modes durables de développement

A Définir d'autres modèles de développement

■ Le **développement durable** est « un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs ». Il concerne le rapport entre la nature et les sociétés.

■ Le développement durable repose sur **trois piliers** :

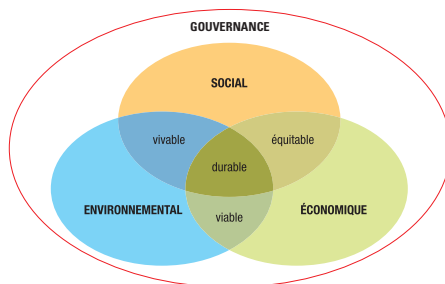
- économique : il doit assurer la croissance ;
- social : il recherche le développement, c'est-à-dire le bien-être de tous les individus ;
- environnemental : il doit préserver les ressources de la planète.

■ Le développement d'un pays doit permettre une redistribution **équitable** des richesses entre les individus. Toute activité économique doit être **viable**, c'est-à-dire rentable.

■ Tous les acteurs de la société ont un rôle à jouer en matière de développement durable (leur coopération pour une meilleure efficacité est appelée « **gouvernance** ») :

- les **collectivités territoriales** (Agenda 21 locaux), les **associations** et les **ONG** ;
- les **entreprises** et les **banques** (réduction de la consommation énergétique et des déchets, instauration de bonnes conditions de travail, investissements socialement responsables, **microcrédit**) ;
- les **citoyens** (réduction de la consommation d'eau et d'énergie, tri des déchets, etc.).

Les trois piliers du développement durable



Le **microcrédit** consiste en l'attribution de prêts de faible montant à des entrepreneurs ou à des artisans qui ne peuvent accéder aux prêts bancaires classiques.

B Le développement durable, un concept ancien

■ Si l'inquiétude concernant la dégradation de l'environnement apparaît au XIX^e siècle, ce n'est qu'en 1972 qu'un groupe d'experts, le **Club de Rome**, dénonce les effets négatifs des Trente Glorieuses sur les ressources naturelles et préconise une « croissance zéro ».

■ La notion de développement durable est définie en 1987 dans le **rapport Brundtland**, rédigé en vue de la préparation du Sommet de la Terre, à Rio. Celui-ci se tient en 1992 et s'achève sur une Déclaration sur l'environnement et le développement. Un programme d'actions (**Agenda 21**) formule des recommandations, non contraignantes, sur la pollution, la gestion de l'eau, des déchets, etc.

📌 Le rapport Brundtland définit le développement durable comme « le développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs ».

■ En 1997 est signé le **protocole de Kyoto** afin de lutter contre le changement climatique en réduisant l'émission de gaz à effet de serre. Mais certains pays, comme les États-Unis et la Chine, refusent de le ratifier.

■ En 2000, l'ONU définit huit objectifs du Millénaire : un seul concerne le développement durable. En 2015, la **conférence de Paris sur le climat (COP 21)** aboutit à un accord international fixant comme objectif une limitation du réchauffement climatique entre 1,5 et 2 °C d'ici 2100.

C Mettre en œuvre le développement durable

a. Comment mesurer le développement durable ?

Des indices spécifiques ont été créés, qui concernent chacun un ou plusieurs piliers du développement durable :

- sur le plan économique, le **PIB vert** permet de prendre en compte le coût environnemental de la production ;
- sur le plan environnemental, on peut calculer le **bilan carbone** (nombre de tonnes de CO₂ émises par une activité) et l'**empreinte écologique** (surfaces nécessaires pour satisfaire les besoins d'une population et l'absorption de ses déchets) ;
- sur le plan social, l'**IDH/PPA** évalue le bien-être de la population.

b. Une mise en œuvre inégale dans le monde

■ L'Union européenne est très impliquée : réduction des pollutions, essor des énergies renouvelables, défense de la biodiversité, etc. En application du protocole de Kyoto, chaque pays de l'UE a mis en place des **quotas carbone** par secteur d'activité, négociables et échangeables sur le marché européen.

■ Les États-Unis sont favorables à la création d'un marché international de la pollution, d'un **droit à polluer** moyennant finances.

■ Dans les PED et les PMA, la priorité est de **répondre aux besoins vitaux** des populations. Le développement durable y apparaît comme un luxe. Les pays émergents ne souhaitent pas réduire leur consommation d'énergie, source de croissance économique pour eux.



FACE À LA CROISSANCE DÉMOGRAPHIQUE et aux enjeux du développement, gérer les ressources terrestres, c'est-à-dire les disponibilités alimentaires, aquifères et énergétiques, est devenu un enjeu majeur. Quels moyens mettre en œuvre pour faire face aux besoins humains et assurer la sécurité alimentaire, l'approvisionnement en eau et en énergie pour 9,5 milliards d'habitants en 2050 ? Pourquoi est-il nécessaire de s'orienter vers une gestion durable des ressources de la Terre ?

1 Nourrir les hommes

La croissance démographique engendre une augmentation des besoins alimentaires : nourrir 7,4 milliards d'hommes est un enjeu essentiel. Même si la faim dans le monde recule, elle reste présente dans de nombreux pays en développement et concerne encore un humain sur huit. Réorganiser la production agricole mondiale est donc nécessaire pour nourrir une population de 9,5 milliards d'hommes en 2050. Comment assurer la sécurité alimentaire de la planète tout en préservant les milieux naturels ? Peut-on envisager une agriculture durable ?

A Une population nombreuse qu'il faut nourrir

a. Des besoins alimentaires globalement satisfaits...

■ Dans les pays développés, où la croissance démographique est faible, les **besoins alimentaires** sont stables. Mais dans les PED, qui connaissent un accroissement naturel plus rapide, les besoins alimentaires augmentent chaque année.

■ Alors que la population mondiale a augmenté de 45 % depuis 30 ans, le nombre de terres cultivées n'a augmenté que de 5 %. Pourtant, les **disponibilités alimentaires** moyennes sont passées, pendant la même période, de 2 250 à 2 800 kcal./j./hab. (la ration nécessaire étant estimée à 2 500 kcal./j./hab.). Mais elles sont **inégalement réparties** dans le monde. Pour assurer la sécurité alimentaire, l'agriculture doit produire davantage.



Le **rendement** correspond à la quantité produite par unité de surface, tandis que la **productivité** est le rapport entre la production et les moyens (financiers, matériels et humains) mis en œuvre pour l'obtenir.

b. ... grâce à des agricultures performantes

■ Trois moyens ont permis à l'agriculture mondiale d'être performante : l'augmentation des **rendements** et de la **productivité**, la croissance des surfaces cultivées et l'extension de l'irrigation.

■ Dans les pays industrialisés, une **agriculture intensive** a été mise en place. Se souciant plus des quantités produites que de la qualité, elle est aussi qualifiée de **productiviste**. Elle est souvent subventionnée par les États.

■ De nombreux PED, tels que l'Inde, ont réalisé une « **révolution verte** » (mécanisation, irrigation, usage d'engrais, de pesticides et de semences à haut rendement), qui leur a permis d'assurer leur **autosuffisance alimentaire**. Néanmoins, selon la FAO (Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture), environ 500 millions de paysans n'ont accès à aucun de ces progrès.

■ Les **surfaces irriguées** fournissent un tiers de la production alimentaire mondiale. L'**augmentation des surfaces cultivées** a été réalisée grâce à la conquête de nouvelles terres (par exemple, les fronts pionniers au Brésil). Mais partout, l'étalement des villes réduit l'espace cultivable.

Agriculture commerciale : moisson de blé dans l'État de Washington (États-Unis)



© Rick Dalton/AgStock Images/Corbis

Mécanisée et productiviste, l'agriculture commerciale écoule ses produits au niveau national et mondial et cherche à obtenir des rendements et des revenus élevés.

Agriculture vivrière : récolte du riz près de Tombouctou (Mali)



© Sime/Photonostop

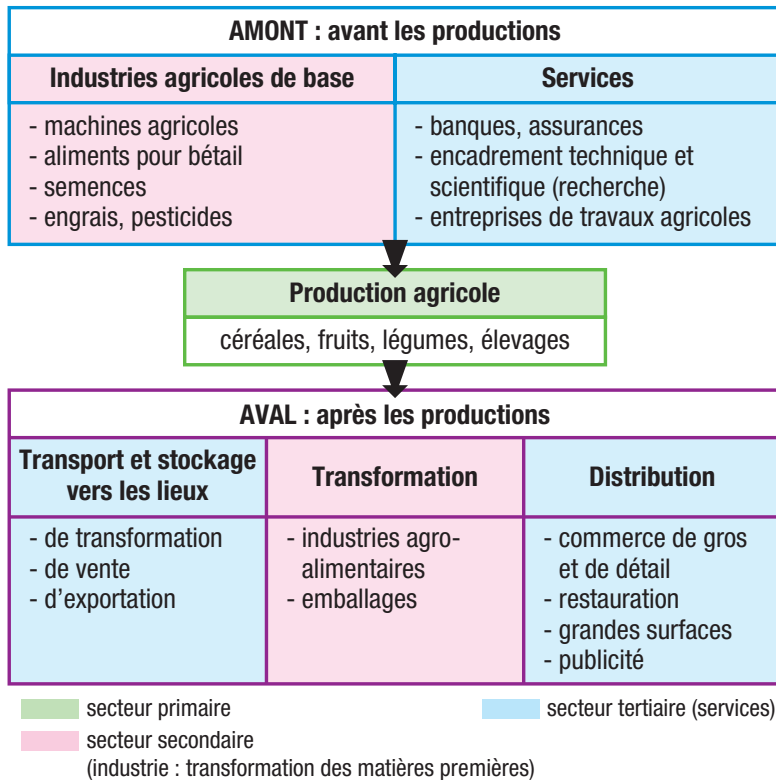
Avec des méthodes traditionnelles, l'agriculture vivrière permet de nourrir les populations locales.

c. Une agriculture de plus en plus mondialisée

■ L'intégration des agricultures nationales dans le **marché mondial** s'est accélérée dans les années 1980. Aujourd'hui, le marché agricole est dominé par les États-Unis, l'UE, le Brésil, le Canada, l'Australie et l'Argentine. Ces pays disposent d'un pouvoir (« **arme alimentaire** » ou « **arme verte** ») à la fois économique (influencer les prix du marché) et politique (utiliser l'embargo ou l'aide alimentaire comme moyen de pression).

■ Les agriculteurs sont donc de plus en plus soumis aux **fluctuations des cours** des produits agricoles et à l'intégration de leur activité dans un vaste **système agro-industriel (ou agrobusiness)**, qui regroupe l'ensemble des activités liées à la production, la transformation et la commercialisation des denrées agricoles. Ces activités sont en général contrôlées par de grandes **firmes transnationales** de l'agroalimentaire et de la distribution.

Le système agro-industriel



B Un défi à relever : la sécurité alimentaire

La notion de sécurité alimentaire possède plusieurs sens :

- la **satisfaction des besoins nutritionnels** des hommes, qui s'exprime en kilocalories par jour et par personne ;
- la **souveraineté alimentaire** d'un pays (sa dépendance envers les importations alimentaires) ;
- la **sécurité des aliments** (leur qualité sanitaire).

a. La faim dans le monde

■ Mieux se nourrir, c'est disposer d'un apport calorique à la fois suffisant, pour éviter la **sous-nutrition** (moins de 2 200 kcal/j), et équilibré, pour éviter la **malnutrition**.

■ **795 millions d'hommes souffrent de la faim dans le monde, soit 10,7 % de la population mondiale.** Une vingtaine de pays restent dans une situation alimentaire alarmante, surtout en Afrique subsaharienne et en Asie du Sud.

■ Même lorsque la production alimentaire d'un pays est excédentaire, **certaines régions ou catégories sociales** ne disposent pas d'une alimentation correcte. Des **émeutes de la faim** éclatent régulièrement dans les pays les plus touchés (Thaïlande, Égypte). On observe aussi des **déséquilibres** entre les villes, moins bien nourries, et les campagnes.

■ À l'opposé, les pays développés sont de plus en plus touchés par la **surnutrition**. **L'obésité** est devenue un problème de santé publique : elle touche par exemple environ 35 % des Américains de nos jours.

b. Les déséquilibres à l'origine de la faim dans le monde

■ La faim est due à un **problème de répartition des disponibilités alimentaires** : dans les pays développés, les hommes consomment en moyenne 3 359 kcal/j contre un peu plus de 2 000 kcal/j dans les PED.

■ La **sécurité alimentaire d'un pays** dépend de sa croissance économique, de sa stabilité politique et de ses capacités techniques : un pays doit pouvoir acheter des semences, cultiver, stocker et transporter les productions agricoles. Or 30 % des récoltes et 40 % des fruits et légumes seraient perdus chaque année dans les pays pauvres, faute de **moyens de stockage** adaptés. Et les insuffisances des infrastructures de transport nuisent souvent au bon approvisionnement de toutes les régions d'un pays.

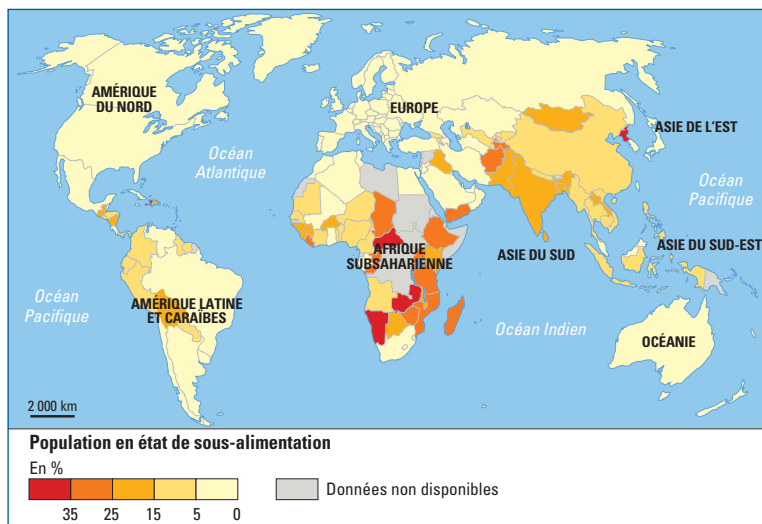
■ Cependant, les **famines** sont exceptionnelles depuis vingt ans. Essentiellement **causées par les guerres ou les tensions politiques**, elles touchent en premier lieu les **minorités** ethniques ou religieuses persécutées par certains États.

■ Des **crises alimentaires** peuvent résulter d'aléas climatiques ou de catastrophes naturelles : sécheresse, inondations, tremblements de terre (Haïti en janvier 2010)...

■ Le développement des **agrocarburants** détourne une partie des surfaces agricoles destinées à nourrir les hommes vers une utilisation énergétique. L'**augmentation de la consommation de viande** dans le monde entraîne la hausse de la production de céréales destinées à nourrir le bétail et réduit la surface cultivée pour les hommes. La **rareté de la production agricole** destinée aux hommes engendre donc une hausse des prix : tous n'ont pas les moyens financiers d'accéder aux ressources alimentaires.

📌 La **famine** est le manque absolu de nourriture, entraînant la mort à brève échéance. La crise alimentaire correspond à une pénurie temporaire de nourriture.

L'insécurité alimentaire dans le monde en 2015



c. Les menaces de l'agriculture productiviste sur la santé

- L'utilisation intensive des **intrants** (engrais, produits phytosanitaires...) pollue les eaux et peut nuire gravement à la santé des hommes (cancers, malformations, stérilité).
- La formation d'**algues vertes** dans l'océan est liée à l'**élevage intensif hors-sol** des porcs. Le lisier s'infiltré dans les sols, pollue les nappes phréatiques et se déverse dans les eaux marines, où les nitrates qu'il contient favorisent la formation d'algues vertes (**eutrophisation**). Échouées sur les plages (en Bretagne par exemple), celles-ci émettent des gaz toxiques pour l'homme.
- L'emploi de **farines animales** pour nourrir le bétail comporte des risques pour la santé des animaux et des hommes : dans les années 1990, elles ont été responsables d'une épidémie d'ESB ou « maladie de la vache folle », transmissible à l'homme (maladie de Creutzfeld-Jakob).

C Développer des agricultures durables

a. Une nécessité pour l'environnement et le développement

- Qu'elle soit **intensive** (à forts rendements) ou **extensive** (sur de vastes surfaces mais à faibles rendements), l'agriculture a des retombées néfastes sur l'environnement.

	Agriculture intensive	Agriculture extensive
Menaces pour les sols	Tassement par les machines Appauvrissement par les engrais Érosion par l'arrachage des haies (ruissellement des eaux de pluie)	Érosion à cause du défrichement Déforestation Surpâturage
Menaces pour l'eau	Baisse du niveau des nappes phréatiques à cause de l'irrigation Pollution des nappes phréatiques Eutrophisation (algues vertes)	Baisse du niveau des nappes phréatiques

- **L'intégration de l'agriculture à l'agrobusiness est source de déséquilibres.** Les agricultures des PED dépendent en effet des cours agricoles mondiaux et du prix des hydrocarbures (transport). Elles se trouvent mises en concurrence avec les agricultures des pays développés, beaucoup plus puissantes et souvent **subventionnées**.
- Partout, **les exploitants agricoles sont fragilisés** : ils s'endettent pour acheter les semences et les produits phytosanitaires afin de répondre aux exigences des firmes agroalimentaires.

b. Agriculture raisonnée et agriculture biologique : des solutions ?

De nouveaux systèmes agricoles tentent de répondre aux impératifs du développement durable : « écologiquement sains, économiquement viables et socialement équitables ».

- **L'agriculture raisonnée** limite l'usage des produits chimiques et assure le bien-être des animaux. C'est une **agriculture de « bon sens »** qui privilégie l'adaptation des plantes cultivées au terroir.
- **L'agriculture biologique** va plus loin, rejetant tout produit chimique. Elle associe plusieurs espèces sur la même parcelle afin de limiter la prolifération de parasites. Elle exploite au mieux les conditions géographiques locales, mais elle concerne encore peu de surfaces cultivées (moins de 1 % dans le monde, moins de 6 % en France).

c. Des agricultures durables à inventer

■ Des solutions existent pour **réduire le coût carbone des produits alimentaires**. Cela demande un effort de la part des producteurs (cultiver des variétés adaptées au climat et au sol) et un changement de mentalité chez les consommateurs : manger des fruits et légumes de saison, consommer des aliments produits localement, diminuer sa consommation de viande...

■ Le **commerce équitable** garantit des prix stables et 30 à 40 % plus élevés, et des conditions de travail décentes aux producteurs du Sud. Les bénéfices tirés de la vente des productions concernées (banane, coton, café...) doivent être en partie investis dans le développement des régions d'origine.

■ Dans les régions arides, on pourrait **réduire l'irrigation** en utilisant des techniques peu consommatrices d'eau, comme le goutte-à-goutte, ou en cultivant des plantes plus résistantes à l'aridité.

■ Afin de réduire l'irrigation, l'utilisation d'engrais et de pesticides, les chercheurs ont mis au point des **organismes génétiquement modifiés (OGM)**, qui résistent particulièrement bien aux parasites, aux insectes et aux sécheresses. Mais les OGM présentent des **risques** agronomiques (dissémination) et sans doute sanitaires. En outre, ils nécessitent chaque année l'achat de nouvelles semences, très coûteuses pour les producteurs. Pour ces raisons, la France a adopté un **principe de précaution** au sujet des OGM et interdit leur culture sur le territoire. Cependant, d'autres pays (Brésil, Inde, États-Unis) produisent beaucoup de maïs et de soja à partir de semences génétiquement modifiées.

➡ Les **OGM** sont des organismes génétiquement modifiés par l'introduction d'un ou de plusieurs gènes provenant d'une autre espèce, afin de leur conférer des propriétés nouvelles.

2 L'eau, une ressource essentielle

La consommation d'eau augmente plus vite que la croissance de la population dans le monde. Aujourd'hui, alors que plus de 660 millions d'hommes n'ont pas accès à l'eau potable, la répartition de cette ressource provoque des tensions et rend nécessaires des aménagements pour la maîtriser. Comment gérer durablement les ressources en eau ?

A L'eau, une ressource rare et essentielle

a. Une ressource difficilement accessible

■ Recouverte aux trois quarts d'eau, la Terre dispose d'un volume global d'eau gigantesque, mais il est constitué à 97 % d'eau salée et à seulement 3 % d'eau douce. **Cette eau douce est inégalement accessible :**

- 68 % est emprisonnée dans les glaciers ;
- 31 % est localisée dans des nappes souterraines profondes, ou nappes artésiennes, qui sont des nappes fossiles (donc non renouvelables) situées à 1 000-1 500 mètres de profondeur (notamment dans le Sahara) ;
- 1 % provient des précipitations et est stockée dans **les lacs, les rivières et les nappes phréatiques** (proches de la surface). **Seule cette part infime est utilisable par l'homme.**

■ Il faut, pour accéder à l'eau, posséder les capacités financières pour maîtriser les techniques de pompage, de stockage et surtout de distribution. L'accès à l'eau dépend donc essentiellement du **niveau de développement économique** des sociétés.

■ L'eau est une **ressource renouvelable** (à l'exception des nappes d'eau fossiles) : grâce au **cycle de l'eau**, la quantité d'eau disponible sur la planète est toujours la même.

b. Une ressource inégalement répartie sur Terre



Le **bilan hydrique** correspond à l'état des ressources en eau compte tenu des gains (pluies) et des pertes (évaporation).

■ **Les régions les plus arrosées** sont les régions équatoriales, les régions soumises aux vents de mousson (Asie du Sud), les régions tempérées d'Europe et les façades orientales des continents. Ces régions ont un **bilan hydrique** positif.

■ **Les régions arides et semi-arides ne reçoivent que 2 % des précipitations** (moins de 200 mm par an et forte évaporation) alors qu'elles couvrent 40 % des continents. Situées le long des

tropiques (déserts chauds) et dans l'intérieur de l'Amérique et de l'Asie (déserts froids), elles ont un bilan hydrique déficitaire.



L'**aridité** est l'insuffisance quasi permanente de précipitations, alors que la **sécheresse** est une insuffisance temporaire d'eau.

■ Douze géants mondiaux (Brésil, Russie, Canada, Chine...) représentent 75 % de l'écoulement terrestre ; à l'inverse, la Jordanie ou la Libye, très **arides**, disposent de ressources très limitées (moins d'1 km³/an). Grâce à l'Amazone, le Brésil se classe au 1^{er} rang mondial pour la ressource totale en eau (7 000 km³/an), mais la région du Nordeste est en proie à des **sécheresses** récurrentes.

■ La disponibilité en eau **varie également dans le temps**. Ainsi, les régions tropicales ont une saison sèche qui s'allonge à mesure que l'on s'éloigne de l'équateur ; les régions méditerranéennes connaissent quant à elles des sécheresses estivales fréquentes et des inondations importantes à l'automne.

■ L'accès à l'eau est aussi une **question qualitative**. En 2015, 663 millions de personnes n'ont toujours pas accès à une source d'eau améliorée (c'est-à-dire protégée de toute contamination extérieure). En Afrique subsaharienne, les **maladies hydriques** (liées à la mauvaise qualité de l'eau) restent le premier facteur de mortalité.

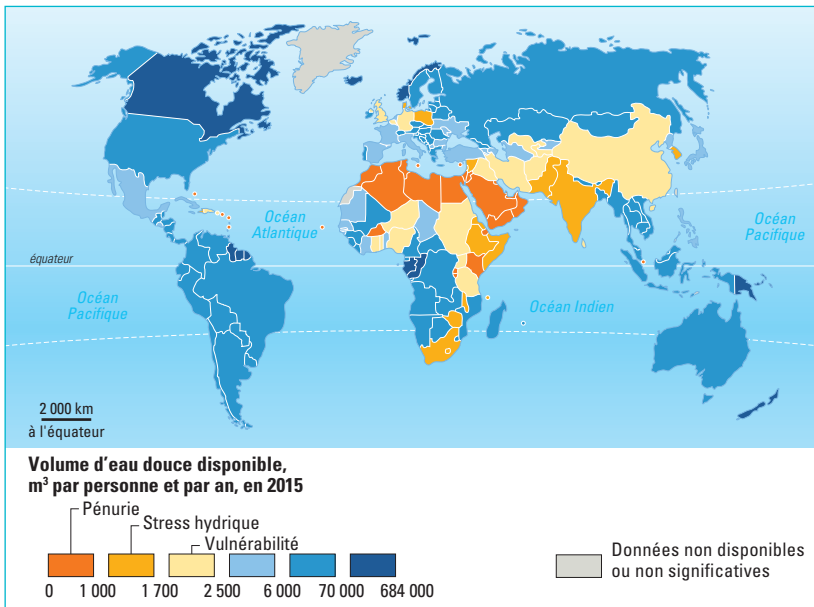
■ L'inégalité d'accès est enfin **sociale** : dans beaucoup de pays pauvres, les populations doivent acheter l'eau potable en bouteilles ou auprès de camions-citernes, ce qui peut représenter 15 à 20 % de leurs revenus.

c. Une ressource précieuse pour les activités humaines

■ La consommation d'eau varie selon les pays : 250 litres par jour et par habitant en Amérique du Nord, 100 à 230 litres en Europe et moins de 10 litres en Afrique subsaharienne. La consommation mondiale d'eau se répartit comme suit :

- **70 % pour l'agriculture** : les superficies irriguées ont été multipliées par cinq au xx^e siècle ;
- **20 % pour l'industrie** : ce chiffre diminue dans les pays industrialisés (recyclage des eaux usées) et augmente dans les pays émergents ;
- **10 % pour les besoins domestiques** : ce chiffre est en constante augmentation, en raison de la croissance démographique mondiale, de l'urbanisation et de la hausse du niveau de vie.

La disponibilité en eau dans le monde



La disponibilité en eau douce évalue la quantité d'eau dont bénéficie chaque habitant d'un territoire donné. L'Organisation mondiale de la santé (OMS) situe à 1 700 m³/an/habitant le niveau en dessous duquel la disponibilité en eau ne permet pas de répondre aux besoins : on parle alors de **stress hydrique**. En dessous de 1 000 m³, il y a **pénurie hydrique**. Les spécialistes estiment qu'en 2030, la moitié de la population mondiale pourrait connaître des difficultés d'accès à l'eau.

B La maîtrise de l'eau et la transformation des paysages

■ Puits, citernes, canaux de dérivation et aqueducs permettent de maîtriser l'eau pour des groupes limités et des territoires restreints. Dès l'Antiquité, les Égyptiens, puis au Moyen Âge, les Arabes utilisaient le **chadouf** (système de levier) et la **norria** (système à roue) pour capter l'eau de surface. Les **foggaras**, galeries souterraines inclinées, drainaient le sommet d'une nappe phréatique afin d'irriguer les champs situés en aval. Encore utilisées de nos jours, ces techniques sont complétées par des techniques modernes (ex. : pompe à moteur).

■ À partir du XIX^e siècle, les pays qui s'industrialisent mettent en place des **infrastructures** pour stocker et distribuer l'eau. En amont, des sociétés se spécialisent dans la captation de l'eau (forages), son stockage et sa distribution ; en aval, elles récoltent les eaux usées, les traitent (stations d'épuration) et parfois les recyclent.

■ Des barrages sont construits pour assurer l'approvisionnement de villes, l'irrigation de terres et produire de l'électricité (centrales hydrauliques). Depuis 1950, leur nombre a été multiplié par sept (environ 40 000 aujourd'hui), surtout dans les PED. Aujourd'hui, on pratique des **forages profonds** pour atteindre les **nappes aquifères fossiles** (Ouest des États-Unis ou Moyen-Orient) et il existe des **usines de dessalement** de l'eau de mer (Arabie Saoudite, Espagne).

■ Les aménagements traditionnels ont donné naissance à différents types de paysages :

- l'**oasis**, où se pratique une polyculture intensive étagée (fruits, légumes) ;
- la **huerta** des régions méditerranéennes (petites parcelles irriguées pour les arbres fruitiers) ;
- la **rizière** irriguée de l'Asie des moussons (digues, casiers, canaux, terrasses).

- Les aménagements modernes créent également des paysages originaux :
 - les **polders** sont des terres basses conquises sur la mer, notamment situées aux Pays-Bas ;
 - les **champs** circulaires, créés par l'irrigation par rampes rotatives, sont nombreux en Jordanie et en Arabie Saoudite où l'eau fossile est captée à une très grande profondeur.


C Gérer une ressource convoitée et menacée

a. Concurrences et conflits pour l'eau

- L'**augmentation de la consommation d'eau** accroît les concurrences : entre les villes et les campagnes, entre les populations locales et les touristes, entre les industriels et les agriculteurs, ou entre les États.
- Les **ressources proches des villes** sont surexploitées. Très souvent, l'eau de l'irrigation des campagnes est dirigée vers les agglomérations, au risque de faire reculer les cultures.
- **Des tensions existent entre États** riverains d'un même fleuve ou d'une même nappe souterraine. Les pays traversés par le Nil, le Jourdain, le Tigre ou l'Euphrate sont en concurrence pour le partage des ressources. Sans accord international, ces tensions peuvent être vives.

b. Menaces sur l'eau

- La **pénurie d'eau** menace de nombreux pays : le niveau des nappes souterraines baisse car celles-ci sont souvent surexploitées, notamment près des grandes villes ou dans les régions de cultures intensives. Le **mer d'Aral**, en Asie centrale, a vu sa surface diminuer de 75 % depuis les années 1960 à cause de l'irrigation destinée à la culture intensive du coton.
- La **construction de barrages** oblige à déplacer des villages entiers et à inonder des terres parfois fertiles. De plus, les barrages retiennent les alluvions, ce qui empêche la fertilisation des sols situés en aval. Quant aux **forages** dits profonds, ils puisent dans des réserves non renouvelables (nappes fossiles).

 L'eau dissout les sels minéraux présents dans les sols qui se déposent alors à leur surface en raison de l'évaporation. Cette **salinisation** entraîne la perte de fertilité des terres.

- La **pollution urbaine et industrielle** est la première source de dégradation de l'eau. Les stations d'épuration sont insuffisantes pour traiter les eaux usées (en France, seule la moitié des eaux est traitée). La **pollution d'origine agricole** est fréquente : les pesticides et les engrais affectent les rivières et les nappes ; l'azote contenu dans le lisier favorise l'apparition d'algues vertes ; l'irrigation excessive entraîne la **salinisation** des sols.

- La **fonte des glaciers de haute montagne**, conséquence du réchauffement climatique, menace à moyen terme l'approvisionnement en eau douce de certaines régions du globe (ex. : glaciers de l'Himalaya alimentant les grands fleuves d'Asie du Sud-Est).

c. Vers une gestion durable de l'eau

Une gestion raisonnée de l'eau passe par la lutte contre le gaspillage ainsi que par la baisse de la consommation.

- L'**entretien des conduites d'eau en milieu urbain** est une nécessité : dans certaines villes des PED (Le Caire, Lagos, Mexico...), plus de la moitié de l'eau est perdue à cause du mauvais état des canalisations. Dans les pays arides, l'**enfouissement des conduites sous terre** permettrait d'économiser l'eau qui s'évapore des canaux extérieurs (jusqu'à 80 %). La Namibie a entrepris de tels travaux.

■ **L'irrigation par goutte-à-goutte**, peu consommatrice d'eau, permettrait de lutter contre l'assèchement des nappes. Israël est particulièrement en avance dans ce domaine mais de nombreuses métropoles utilisent cette technique pour l'arrosage des jardins publics.

■ La **reforestation des zones semi-arides** permettrait de restaurer les écosystèmes capables de stocker l'eau. Le recyclage des eaux usées, la construction de stations d'épuration et la réduction de la consommation domestique sont également des solutions à privilégier.

■ L'eau n'est plus considérée comme un bien naturel, gratuit et inépuisable : elle devient un bien économique. La solution serait-elle de fixer un **prix mondial de l'eau** ? Certaines ONG s'y opposent, considérant l'accès à l'eau comme un droit. Mais le **Conseil mondial de l'eau** propose de fixer un prix minimal pour une consommation considérée comme vitale (20 à 50 litres d'eau par jour et par personne).

📌 Fondé en 1996, le **Conseil mondial de l'eau** est un regroupement d'ONG, de gouvernements et d'organisations internationales, qui a pour objectif de résoudre les problèmes liés à l'eau dans le monde.

3 L'enjeu énergétique

L'énergie est indispensable au développement économique et social des sociétés humaines. D'ici 2030, la demande mondiale en énergie devrait augmenter de 60 %. Une consommation excessive des énergies fossiles affecterait encore plus l'équilibre thermique de la Terre et risquerait d'aggraver les tensions géopolitiques. Comment diminuer la consommation d'énergies fossiles et favoriser le développement des énergies renouvelables ? Quels seront les choix énergétiques de demain ?

A Besoins et ressources énergétiques dans le monde

a. Une consommation globale en augmentation

■ Selon l'Agence internationale de l'énergie (AIE), la consommation énergétique mondiale était de **9,4 milliards de TEP** en 2014, pour une production d'un peu plus de 13,8 milliards de TEP. Toute la consommation d'énergie est issue d'énergies dites **primaires**, épuisables (uranium et énergies fossiles : charbon, pétrole, gaz naturel) ou renouvelables (hydraulique, éolien, géothermie). La transformation des énergies primaires en énergies **secondaires** (produits pétroliers raffinés, électricité, etc.) occasionne une perte d'énergie.

📌 La **tonne équivalent pétrole (TEP)** est une unité de mesure de l'énergie correspondant à l'énergie produite par tonne de pétrole brut.

■ Environ 80 % de la **production d'énergie** provient de la combustion d'**énergies fossiles non renouvelables**. Jusqu'à la fin du XVIII^e siècle, la biomasse (bois) était la première source d'énergie, avant d'être détrônée par le charbon au XIX^e siècle. Depuis la seconde moitié du XX^e siècle, le pétrole domine, tandis que se développent l'énergie nucléaire et de nouvelles formes d'énergie renouvelables.

■ Aujourd'hui, les **besoins domestiques**, les **transports** et l'**industrie** représentent chacun environ un quart de la consommation mondiale d'énergie. Les autres activités humaines, et en particulier l'**agriculture**, constituent le dernier quart.

■ En un peu plus d'un siècle, la **consommation d'énergie par habitant a été multipliée par sept** ; entre 1990 et 2010, elle a augmenté de près de 40 %. Les pays émergents sont actuellement

responsables des deux tiers de l'augmentation de la consommation énergétique. Depuis 2001, la Chine est le plus gros consommateur d'énergie au monde.

■ L'augmentation de la consommation énergétique mondiale est due à la croissance démographique, à une **hausse des niveaux de vie**, mais aussi à l'essor des mobilités et à l'urbanisation. Toutefois, **1,4 milliard d'hommes n'ont toujours pas accès à l'électricité**, surtout en Afrique subsaharienne et en Inde.

b. Des ressources inégalement réparties sur Terre

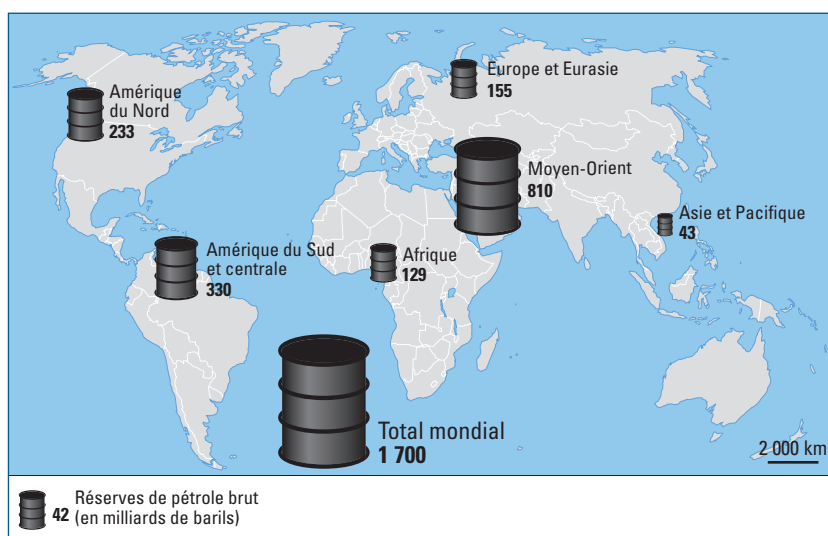
■ Les gisements de **pétrole** se concentrent essentiellement au Moyen-Orient, loin devant l'Amérique du Sud, l'Afrique et la mer du Nord. La Russie, l'Asie centrale et le Moyen-Orient possèdent presque 75 % des réserves mondiales de **gaz naturel**.

■ Les hydrocarbures **non conventionnels** (dont l'exploitation est difficile) sont situés en mer (gisements offshore), sous la banquise, dans des **sables bitumineux** (Canada) ou encore dans des **schistes** (roches feuilletées). Dans ce dernier cas, les forages doivent être très profonds, horizontaux, et la roche doit être fracturée par injection d'eau, mélangée à du sable et à des produits chimiques, sous haute pression. Présent un peu partout dans le monde, le **gaz de schiste** est à l'heure actuelle exploité principalement en Amérique du Nord.

■ Les principaux producteurs et consommateurs de **charbon** sont la Chine, les États-Unis, l'Australie, l'Inde, la Russie, l'Afrique du Sud, l'Indonésie et la Pologne. Le charbon est la **2^e source d'énergie primaire** utilisée dans le monde et la 1^e pour la génération d'électricité. Les réserves sont encore abondantes (environ 200 ans).

■ L'énergie **nucléaire** représente 6 % des énergies consommées dans le monde mais assure **16 % de la production d'électricité**. Les gisements d'uranium sont très importants en Australie mais aussi au Canada, au Kazakhstan ou en Afrique. Le nucléaire assure une part importante de l'électricité aux États-Unis (20 %), au Japon (30 %) et surtout en France (78 %).

Les réserves prouvées de pétrole dans le monde en 2014



Les **réserves prouvées** (qui sont localisées et que l'on peut extraire) se distinguent des **réserves probables** (connues et que l'on suppose pouvoir extraire à l'avenir).

■ La **biomasse**, une des énergies renouvelables les plus utilisées, assure 10 % de nos besoins en énergie. Un quart de l'humanité ne peut compter que sur elle pour se chauffer et cuire ses aliments.

■ L'**hydroélectricité** ne représente que 2 % des énergies consommées sur Terre, mais permet de produire 17 % de l'électricité. L'Europe et les États-Unis ont déjà équipé tous leurs meilleurs sites mais le potentiel reste considérable en Asie, en Russie et surtout en Afrique.

➔ La **biomasse** est l'ensemble des matières organiques (bois, végétaux, déchets agricoles et animaux) pouvant produire de l'énergie par combustion.

c. Les acteurs de la gestion énergétique

■ Les **États** garantissent l'approvisionnement énergétique et font des **choix politiques** concernant les énergies. Ainsi, c'est par la volonté du général de Gaulle dans les années 1960 que la France s'est tournée vers le nucléaire.

■ L'**OPEP** fixe le montant de la production de pétrole par l'attribution de quotas à ses membres afin de garantir une certaine stabilité des prix. L'**Agence internationale de l'énergie (AIE)**, fondée en 1974, coordonne les politiques énergétiques entre États consommateurs, veille à la sécurité des approvisionnements et surveille les marchés.

➔ Créée en 1960, l'**Organisation des pays exportateurs de pétrole (OPEP)** regroupe douze États : Arabie Saoudite, Iran, Irak, Koweït, Qatar, Émirats arabes unis, Algérie, Libye, Nigéria, Angola, Équateur, Vénézuéla.

■ Les **firmes transnationales** assurent la recherche, la production et l'acheminement des hydrocarbures. L'industrie pétrolière est aujourd'hui dominée par six « super majors » (Exxon Mobil, Shell, BP, Total, etc.), qui détiennent les technologies de prospection, d'extraction et de raffinage. Mais elles n'ont accès qu'à **16 % des réserves mondiales**, le reste étant contrôlé par des compagnies nationales des pays de l'OPEP.

■ Les **ONG** font pression sur les gouvernements et sensibilisent les consommateurs aux effets d'une consommation énergétique galopante.

B Les impacts environnementaux et géopolitiques de la consommation énergétique

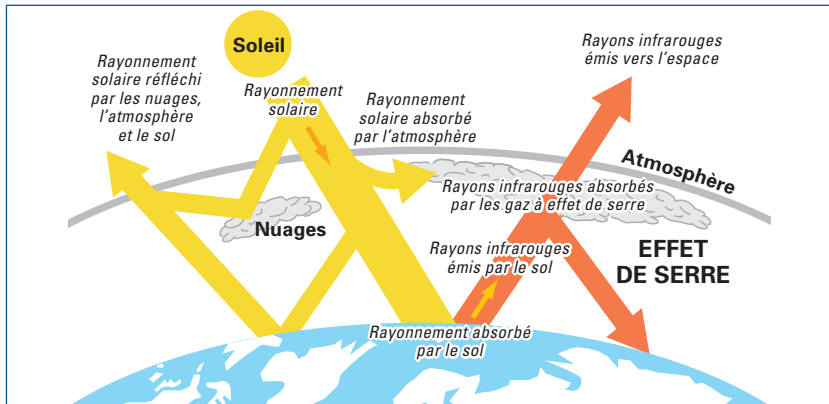
a. Le changement climatique

■ L'**augmentation de la température mondiale de 1 °C** depuis 150 ans est avérée. Selon le **GIEC**, la progression des températures s'explique par une plus forte concentration de **gaz à effet de serre (GES)** dans l'atmosphère, et en particulier en CO₂, émis par les différentes activités humaines (combustion du charbon et des hydrocarbures notamment).

➔ Créé en 1988 par l'ONU, le **GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat)** est chargé de publier des rapports sur les causes, les risques et les conséquences possibles du changement climatique.

■ Malgré les sommets mondiaux sur le climat depuis 1992 et l'accord de Paris de 2015, l'objectif de **limiter le réchauffement climatique** à moins de 2 °C peine à être mis en œuvre. Les experts craignent une augmentation de 2 à 6 °C d'ici à 2100 dont les conséquences pourraient être catastrophiques (hausse du niveau des océans).

L'effet de serre



La température de la surface terrestre est déterminée par l'équilibre entre l'énergie qu'elle reçoit du Soleil et l'énergie qu'elle renvoie dans l'espace sous forme de rayons infrarouges. La combustion de ressources fossiles dégage de grandes quantités de gaz à effet de serre, qui viennent s'ajouter à ceux naturellement présents dans l'atmosphère. C'est la source principale du réchauffement climatique.

b. Les énergies, sources de pollutions et de risques

- Les **activités pétrolières** sont sources de pollutions terrestres et marines : marées noires, dégazages, fuites ou explosion de plates-formes offshore.
- La **combustion du pétrole et du charbon** pollue l'air : les pluies acides résultent en partie du rejet dans l'atmosphère de soufre et d'oxydes d'azote.
- L'**extraction du charbon** (mines) peut provoquer des affaissements de terrain, des éboulements, des coups de grisou mais aussi des problèmes pulmonaires.
- Les ruptures de **barrages hydrauliques** sont parfois à l'origine de catastrophes (coulées de boue notamment).
- Récente, l'exploitation des **hydrocarbures de schiste** par la technique de fracturation hydraulique pollue les eaux et les sols par des produits chimiques et risque d'entraîner des pénuries d'eau.
- L'utilisation de l'**énergie nucléaire** comporte des risques majeurs : explosions des installations nucléaires (Tchernobyl en 1986, Fukushima en 2011), radioactivité très longue (jusqu'à plusieurs centaines de milliers d'années) des déchets nucléaires, dont le stockage est complexe. Certains États (Allemagne) ont annoncé leur volonté de sortir progressivement du nucléaire. Mais les progrès techniques permettront sans doute d'améliorer la sécurité des installations et les ressources en uranium sont encore importantes. La fin du nucléaire semble donc pour l'instant difficilement envisageable.

c. Les énergies à l'origine de tensions géopolitiques

■ Il existe une forte **interdépendance** entre les pays producteurs de pétrole, qui vivent de la **rente pétrolière**, et les pays consommateurs. Ces liens créent des **tensions géopolitiques**.

■ Certaines ressources énergétiques sont situées dans des **régions instables**, en particulier le pétrole au Moyen-Orient. Les **flux mondiaux** des ressources d'énergie empruntent des itinéraires qui doivent être sécurisés : frontières contestées, détroits (Malacca, Ormuz), isthmes (canaux de Suez et de Panama). Le tracé des **oléoducs** et **gazoducs** internationaux est aussi l'objet d'âpres discussions entre États.

■ La **forte croissance des pays émergents** crée des tensions, à la hausse, sur les marchés pétroliers. À l'inverse, l'exploitation de nouvelles ressources aux États-Unis (gaz de schiste) déstabilise, à la baisse, les cours mondiaux.

■ L'énergie est parfois employée comme **arme diplomatique** : alimentant en gaz l'Europe, le Japon et la Chine, la Russie peut décider d'interrompre ses livraisons ou d'augmenter brutalement leur prix.



La **géopolitique** étudie les relations entre la géographie et la politique des États. Elle s'applique aussi aux matières premières énergétiques.

C Quels choix énergétiques pour l'avenir ?

a. Mieux utiliser l'énergie disponible

■ La recherche de l'**efficacité énergétique** vise à réduire les pertes d'énergie par rapport à la source. Elle se développe notamment dans le secteur du bâtiment et des travaux publics, à travers des cahiers des charges **HQE** (haute qualité environnementale).

■ Le progrès technique et la réflexion sur les usages doivent permettre de **baisser la consommation d'énergie** : véhicules hybrides, véhicules électriques en partage, transports en commun et vélo, appareils électroménagers économes en énergie, recyclage et limitation du gaspillage, etc. Chacun est invité à participer à cet effort, par un **comportement écoresponsable**.

b. Favoriser les énergies renouvelables

■ Les énergies dites renouvelables sont celles dont la **consommation ne diminue pas la ressource** (soleil, eau, vent, biomasse). Elles sont donc durables et respectueuses de l'environnement. Les favoriser et surtout améliorer leur exploitation permettrait de réduire progressivement la part des énergies fossiles.

■ Si elle ne représente encore que 1,4 % de la consommation mondiale d'électricité, l'**énergie éolienne** connaît un spectaculaire essor (+ 17 % en un an). En 2015, les principaux pays producteurs étaient la Chine, les États-Unis, l'Allemagne, l'Espagne et l'Inde. Une seule éolienne peut répondre aux besoins domestiques de 1 000 à 2 000 personnes. Cependant, les éoliennes dépendent de l'intermittence du vent, dégradent les paysages et ne stockent pas l'énergie qu'elles produisent.

■ L'**énergie solaire** peut être obtenue par **voie thermique** (capteurs) ou par voie **photovoltaïque** (qui convertit l'énergie solaire en électricité). Les panneaux solaires permettent d'éclairer des zones isolées, notamment désertiques. Mais leur coût est élevé, leur durée de vie limitée et ils ne sont pas toujours recyclables. Sans aide financière des États, cette source d'énergie n'est pas encore compétitive.

Éoliennes en Haute-Garonne



© Rémy Gabalda/AP/Sipa Press

■ Le temps de l'**énergie hydraulique**, bien que renouvelable et abondante, est aujourd'hui révolu (coût et impacts humains et environnementaux des barrages).

■ La **géothermie** permet l'extraction de la chaleur de la Terre pour alimenter des chaudières. Non polluante, l'énergie géothermique est disponible en permanence. Mais les installations sont coûteuses et une partie de l'énergie extraite se perd en surface. Exploiter davantage la **biomasse** ouvrirait également des perspectives intéressantes.

■ Les **agroc carburants** ou biocarburants (biodiesel, bioéthanol) sont des combustibles liquides d'origine agricole. Le Brésil et les États-Unis en sont les principaux producteurs. Les agroc carburants permettent de réduire la dépendance aux hydrocarbures mais leur production détourne une partie des cultures destinées à l'alimentation et n'est pas sans effet sur l'environnement (bilan carbone, déforestation, etc.). Les **biocarburants de deuxième génération**, produits à base de végétaux non alimentaires, sont privilégiés aujourd'hui.

c. Diversifier les sources d'énergie

⚡ La notion de **transition énergétique** désigne le passage d'une économie fondée sur des énergies non renouvelables à un « bouquet énergétique » reposant sur les énergies renouvelables, mais dont la composition reste à inventer.

■ Pour que le choix énergétique soit compatible avec les **objectifs du développement durable**, il doit permettre une maîtrise de la consommation énergétique, le respect de l'environnement et l'accès à l'énergie pour tous. Depuis la conférence de Kyoto (1997), les États dialoguent pour réduire les émissions de gaz à effet de serre.

■ Cependant, **aucune énergie renouvelable ne peut répondre seule** aux besoins énergétiques de l'humanité. Elles comportent toutes des inconvénients en termes de rentabilité ou d'environnement. Il est nécessaire de les développer mais aussi de les associer les unes aux autres ainsi qu'aux énergies fossiles afin d'effectuer la **transition énergétique**.

CONSTRUIRE UN PLAN DE COMPOSITION

Énergies et inégalités de développement

CORRIGÉS

■ **Étape 1 : analyser le sujet, définir les mots-clés**

Le mot de liaison « et » implique de mettre en relation les deux notions du sujet. Pensez à toutes les formes d'énergie. Le sujet suggère l'existence d'un lien entre l'accès aux énergies et le développement d'un pays.

■ **Étape 2 : rechercher la problématique**

• Il faut présenter la production, la consommation et la gestion des énergies dans le monde, et les mettre en relation avec le niveau de développement, afin de montrer l'inégal accès aux ressources énergétiques. Vous devez expliquer les **enjeux** énergétiques d'aujourd'hui : face à la croissance démographique des pays en développement, il est nécessaire de développer les énergies renouvelables. Les **acteurs** sont à mentionner dans le corps du devoir : les firmes transnationales des pays riches, mais aussi les organisations internationales, telles que l'OPEP.

• Vous pouvez poser la problématique sous la forme d'une **question** (ou bien d'une **affirmation**) : « Les inégalités de développement se reflètent-elles dans l'accès et la gestion des énergies ? » Il est possible de répondre par l'affirmative, mais il faut aussi tenter de **nuancer ses propos**.

■ **Étape 3 : mobiliser ses connaissances**

Révisez particulièrement le chapitre 6 sur les inégalités de développement, et la fin du chapitre 7.

■ **Étape 4 : élaborer le plan****I. Des besoins énergétiques différents, un accès inégal aux ressources**

- a. Les principaux consommateurs sont dans les pays développés (industrie, modes de vie)...
- b. ... alors que les principaux producteurs sont des pays en développement (OPEP)...
- c. ... mais la situation évolue (industrialisation des pays émergents : Inde, Chine)

II. Des pays soumis aux mêmes enjeux énergétiques

- a. Gérer une demande croissante (croissance démographique, industrialisation)
- b. Améliorer l'efficacité énergétique
- c. Valoriser les énergies renouvelables

III. Des écarts de développement qui pourraient croître face aux enjeux énergétiques

- a. Des pays dépendants de la rente pétrolière
- b. Des énergies renouvelables encore trop « coûteuses » pour les pays en développement
- c. Une coopération internationale nécessaire pour éviter les tensions géopolitiques



Cherchez des points de convergence entre pays en développement et pays développés : par exemple, tous ont des besoins énergétiques et doivent trouver de nouvelles sources d'énergie.



L'émergence de gros consommateurs d'énergie est un aspect à ne surtout pas négliger.



LA MOITIÉ DES HOMMES sont aujourd'hui des urbains. Cette concentration des hommes en ville s'accompagne d'un étalement et d'une différenciation sociale des espaces urbains. Aménager des transports durables, afin de faciliter les mobilités humaines, lutter contre ces fragmentations tout en préservant l'environnement est donc un enjeu de l'aménagement des territoires. Comment aménager des « villes durables » ?

1

Les villes : croissance, étalement et fragmentation

A Un monde de plus en plus urbain

■ Aujourd'hui, près de **54 % de la population mondiale** vit en ville. Alors qu'en 1930 on ne comptait que 30 % d'urbains dans le monde, le **taux d'urbanisation** a dépassé les 50 % en 2007, marquant ainsi l'achèvement de la **transition urbaine** à l'échelle mondiale.



Le **taux d'urbanisation** est le rapport entre la population urbaine d'un pays et sa population totale. La **transition urbaine** désigne le passage d'une société majoritairement rurale à une société majoritairement urbaine.



La **métropolisation** est le processus de concentration des fonctions de commandement politique, économique et culturel dans quelques grandes villes, les métropoles.

■ L'urbanisation est plus ou moins avancée **selon les continents** : l'Europe et l'Amérique du Nord, ainsi que l'Amérique du Sud sont les plus urbanisées (entre 75 % et 80 % de citadins). L'Afrique et l'Asie comptent encore une majorité de ruraux mais la croissance urbaine y est très forte (environ 3 % par an).

■ La majorité des **mégapoles** (villes de plus de 10 millions d'habitants) est située dans les PED, notamment en Asie. La croissance urbaine y est nourrie par un fort **accroissement naturel** et par l'**exode rural**.

■ La **métropolisation**, phénomène des pays riches, connaît aussi un vif essor dans les pays émergents. Les métropoles situées au sommet de la hiérarchie urbaine, qualifiées de « **villes mondiales** » (New York, Londres, Tokyo, Paris, etc.), exercent un rayonnement qui dépasse le territoire national. C'est entre elles que fonctionnent les relations économiques et commerciales les plus intenses.

B L'étalement urbain

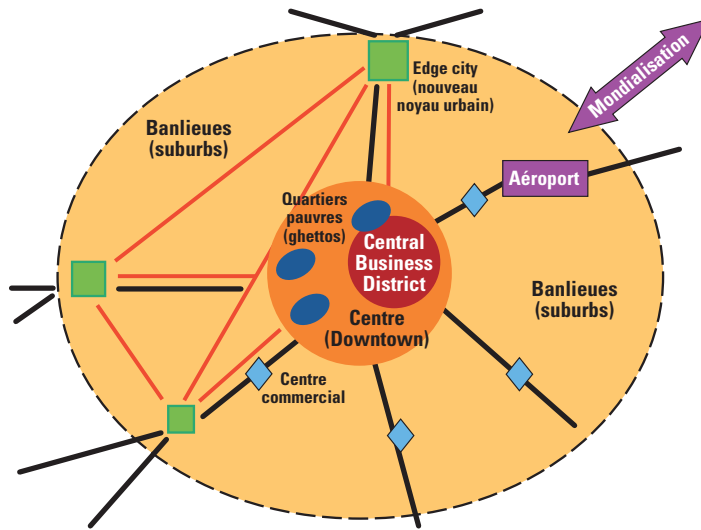
- Les villes s'étendent sur des **espaces de plus en plus vastes** et leurs limites sont de plus en plus floues : on parle de **périurbanisation** (extension de l'espace urbanisé sur les espaces ruraux en périphérie des villes).
- L'étalement urbain suit d'abord le tracé des axes de communication, puis se diffuse entre ces axes. Des villes secondaires sont alors absorbées ou créées dans l'orbite des grandes villes, qui deviennent ainsi des métropoles **polycentriques** (ex. : Los Angeles).
- Certaines métropoles s'étendent au point de se toucher entre elles et de former un ensemble urbain quasi continu (**conurbation**). Cela peut donner naissance à une **mégalopole**, comme au Japon, au Nord-Est des États-Unis et en Europe (dorsale européenne). De nouvelles mégalopoles se développent : au Sud-Est du Brésil, sur la côte ouest des États-Unis, en Chine entre Shanghai et Hong Kong.
- Dans les pays développés, **les espaces périurbains ont longtemps été des lieux de résidence** exclusivement (« banlieues dortoirs »). Mais progressivement, des activités s'y sont implantées : centres commerciaux, zones industrielles, aéroports, parcs technologiques, bases de loisirs. Dans les PED, la croissance urbaine, plus anarchique, pose des problèmes d'infrastructures (accès aux transports, à l'eau potable).

C Des espaces urbains fragmentés

- La **ségrégation sociospatiale** est la mise à l'écart, au sein de quartiers distincts, de populations considérées comme différentes d'un point de vue social, ethnique ou culturel. Ce phénomène est présent dans toutes les villes du monde. Les **quartiers centraux** concentrent les activités les plus dynamiques (sièges sociaux d'entreprises, commerces de luxe, etc.) ; les prix des logements y sont très élevés. Mais on y trouve aussi des poches de pauvreté (friches industrielles, quartiers délabrés).
- Aux **périphéries** des grandes villes des pays riches, les zones pavillonnaires, parfois organisées en lotissements (*suburbs* américaines), sont essentiellement habitées par des classes moyennes. En Europe, les populations les plus modestes sont concentrées dans des **grands ensembles**, dont beaucoup sont aujourd'hui considérés comme des « quartiers sensibles » cumulant les problèmes sociaux (taux de chômage élevé, services publics insuffisants ou absents, insécurité, etc.).
- Dans les PED, des **quartiers informels** (bidonvilles, favelas en Amérique latine, *bustees* ou *slums* en Inde) s'établissent entre les quartiers résidentiels, souvent dans des lieux exposés aux risques (inondations, séismes...).
- De nombreuses municipalités essaient aujourd'hui de rendre plus attractifs les centres-villes par des mesures de **réhabilitation** (ex. : docklands à Londres) afin d'y faire revenir les classes aisées (**gentrification**). La construction de **quartiers résidentiels fermés** et surveillés, les **gated communities**, amplifie les contrastes sociaux.

📍 Les grands ensembles sont des habitats collectifs organisés en barres d'immeubles.

L'organisation d'une grande métropole nord-américaine



Le centre-ville, contrairement à celui des villes européennes, est très fragmenté.

2 Transports et mobilités dans la ville

A Des mobilités croissantes

- L'étalement urbain est à l'origine de mobilités **plus fréquentes et sur des distances de plus en plus grandes**. Il rend les habitants périurbains de plus en plus dépendants de la voiture et des transports en commun. Certains déplacements ont un caractère **répétitif et de masse** : déplacements domicile-travail (migrations alternantes), mobilités liées aux loisirs ou à la consommation.
- L'accroissement des mobilités requiert des **investissements** importants de la part des gestionnaires des villes : infrastructures de transports en commun, aménagement de routes et d'autoroutes... Les mobilités sont également sources de **désagréments** importants : embouteillages, pollution, perte de temps, bruit...

B Les transports urbains

- Rares sont aujourd'hui les villes où les déplacements en transport en commun dépassent le tiers des déplacements urbains. L'**automobile** individuelle reste le moyen le plus utilisé dans les pays développés et elle est en essor dans les PED. L'utilisation des deux-roues motorisés progresse, causant les mêmes nuisances que l'automobile, mais permettant une plus grande fluidité du trafic.
- Les **transports en commun** (métro, train, bus et tramway) réduisent l'usage des moyens de transport individuels. Ils permettent des déplacements rapides mais peuvent également être source de pollution (bus) et sont souvent très coûteux (tramway, métro).

C Développer des transports durables

- Les transports durables ont pour but de **préserver la santé publique et l'environnement**. Ils cherchent à favoriser les communications entre les différents espaces urbains, participant ainsi à la réduction des inégalités sociospatiales.
- Pour les courtes et moyennes distances, les transports publics (métro, tramway) et les **mobilités individuelles douces** (vélopartage, pistes cyclables, covoiturage...) sont privilégiés.
- Certaines villes d'Amérique latine ont développé des moyens de transport innovants et moins coûteux qu'un métro ou qu'un tramway : **autobus en site propre** (Bogotá, Mexico...), appelés communément BRT (*Bus Rapid Transit*), **téléphériques urbains** reliant centre-ville et quartiers défavorisés (Medellín, Rio...).
- Pour réduire les pollutions d'origine automobile, certaines municipalités cherchent à restreindre la circulation : **circulation alternée**, **péage urbain** (Londres), zones piétonnes, etc.

3 Aménager des villes durables

A Une nécessité face à la vulnérabilité croissante des villes

- Toutes les villes du monde sont confrontées aux **mêmes problèmes** : augmentation des déchets ménagers et industriels, gestion de plus en plus difficile de l'eau (distribution, assainissement), pollution atmosphérique, nuisances sonores et visuelles, tensions sociales, coût du logement.
- Les villes sont particulièrement vulnérables aux **risques naturels et technologiques** : risques d'inondation aggravés par le bétonnage des sols, risques de tempêtes et de tsunami dans les villes littorales, risques spécifiques aux quartiers informels (glissements de terrain, risques sanitaires) dans les PED. Les fortes densités humaines augmentent la **vulnérabilité** aux risques technologiques (pollutions chimiques).
- Dans les PED, la situation est plus préoccupante : vingt des trente villes les plus **polluées** du monde sont en Chine. Elles sont soumises à de fortes pollutions atmosphériques, notamment des **pluies acides**.

⚠ Les pluies acides sont des précipitations qui se sont acidifiées au contact de la pollution atmosphérique.

B La ville idéale, une idée ancienne

- La quête de la cité idéale remonte à l'Antiquité. Elle témoigne de la volonté d'organiser la ville de façon rationnelle.
- À la fin du XIX^e siècle, le **mouvement hygiéniste** incite à améliorer la circulation de l'air et à maîtriser l'approvisionnement et l'assainissement de l'eau en ville, afin d'endiguer les épidémies. Il s'accompagne de la destruction des quartiers insalubres.
- Au début du XX^e siècle, le concept de cité-jardin cherche à **concilier les avantages de la ville et ceux de la campagne** : ceinture agricole autour de la ville, densité faible du bâti, équipements publics (écoles, centres sportifs...).

■ En France, l'architecte **Le Corbusier** veut lutter contre l'étalement urbain et propose, dans la charte d'Athènes (1933), de regrouper l'habitat dans de grandes barres qu'il nomme **Unités d'habitation**. Celles-ci regroupent logements, services et équipements sportifs. L'espace urbain ainsi libéré peut être transformé en espaces verts, parking et aires de jeux.

■ **Repenser l'organisation de l'espace urbain** est aujourd'hui nécessaire. Dans la seconde moitié du xx^e siècle, la politique de **zonage urbain**, qui consiste à spécialiser chaque zone de la ville dans une fonction (habitat, commerce, industrie, loisirs...), a conduit à multiplier les déplacements. Une plus grande mixité fonctionnelle doit être mise en place : à la ville diffuse s'oppose donc la **ville compacte**, plus dense et bien reliée aux autres pôles qui la constituent et qui doivent, eux aussi, être densifiés. Dans les programmes de réhabilitation de quartiers et de construction de logements, la recherche d'une **mixité sociale** doit permettre de lutter contre la ségrégation sociospatiale.

Une Unité d'habitation conçue par Le Corbusier : la Cité radieuse de Marseille (1947-1952)



© Tschaeen/Sipa Press © ADAGP, Paris 2017

C Comment aménager des « villes durables » ?

■ Les politiques urbaines dites de développement durable répondent souvent aux seuls **enjeux environnementaux** : tri sélectif des déchets, aménagement d'espaces verts, développement des transports en commun, construction de bâtiments à basse consommation énergétique (HQE). Elles cherchent aussi à mettre en place localement des Agendas 21, à améliorer le cadre de vie en détruisant les grands ensembles par exemple. Mais la « ville durable » implique de s'intéresser aussi aux autres piliers du développement durable.

■ C'est dans cette optique que sont nés les **écoquartiers**. Ils ont pour fonction d'intégrer toutes les dimensions du développement durable, répondant ainsi à la **charte d'Aalborg** (1994). Habitats à faible émission de CO₂, construits dans un environnement offrant toutes les **aménités** urbaines, ils doivent assurer la mixité sociale en intégrant **des services de proximité et des logements sociaux**, tout en étant bien reliés au reste de la ville par des transports durables. L'introduction de la nature et le développement du lien social sont privilégiés : espaces verts, toits verts, aires de jeux, potagers associatifs, etc.

Les **aménités** sont les atouts, les agréments d'un lieu (bonne desserte, paysages, services disponibles).

■ Cependant, peu de villes d'Amérique du Nord ou d'Europe du Sud disposent de tels projets et de nombreuses interrogations demeurent dans les villes où ces écoquartiers sont aménagés. Le plus souvent, **la mixité sociale n'y est pas souhaitée par les habitants** qui paient très cher des logements neufs et écologiques : ne risque-t-on pas de créer de nouvelles disparités sociospatiales ?

■ La plupart des PED n'ont pas les moyens financiers d'aménager ce type de quartiers innovants, même si des expériences sont tentées, notamment en Chine. La réponse aux besoins urgents des populations (gestion de l'eau, logement, éducation, rénovation et légalisation des quartiers informels) prend le pas sur la question des transports et des villes durables.



LES MONDES ARCTIQUES, les littoraux et les territoires soumis aux risques, sont des espaces fragiles et vulnérables. Déserts humains, présentant de nombreuses ressources à exploiter, ou espaces densément peuplés, déjà très intégrés à l'espace mondial, leur gestion implique de nombreux acteurs qui doivent prendre en compte les sociétés, leurs besoins et les objectifs du développement durable. Comment mettre en œuvre des politiques durables de gestion des espaces « naturels », des littoraux et des risques ?

1 Les mondes arctiques, une « nouvelle frontière »

A Un milieu contraignant en voie d'intégration

a. Délimiter les mondes arctiques

■ L'Arctique est la région située **au nord de la Terre**, à l'intérieur et aux abords du cercle polaire arctique. Cette région comprend l'océan Arctique (deux tiers de la superficie) et le nord des terres qui l'entourent, soit environ 24 millions de km².

■ Il est cependant **difficile de fixer la frontière des régions arctiques terrestres**. La frontière aujourd'hui admise est la **ligne de Köppen**, c'est-à-dire la limite à l'intérieur de laquelle la température de l'air ne dépasse jamais 10 °C durant le mois le plus chaud (juillet). Cette isotherme marque la limite nord de la **taïga**, au contact de la **toundra**, et celle du pergélisol continu.

■ Pour compléter cette définition, on utilise parfois l'**indice de nordicité**, qui prend en compte des données naturelles (températures, précipitations, durée de la nuit...) et humaines (accessibilité, présence de populations autochtones, activités économiques). Ces dix indicateurs VAPO (valeur polaire) établissent une échelle allant de 100 à 1 000 pour le pôle Nord. Peut être considéré comme arctique un lieu dont l'indice est supérieur à 200.

➤ La **taïga** est une forêt de conifères adaptés au froid, et la **toundra** une formation végétale basse d'herbes, de lichens et de petits arbustes.

b. Un milieu contraignant

■ Le **climat polaire** se caractérise par des **températures froides**, sans chaleur estivale, des hivers glaciaux (toujours en dessous de -40 °C) et des vents violents. Les températures entraînent la formation du **pergélisol** qui ne permet aucune agriculture. Neuf mois par

➤ Le **pergélisol** ou **permafrost** correspond au sous-sol gelé en permanence.

an, le froid fabrique une continentalité provisoire : la **banquise** (mer gelée) soude des dizaines de milliers d'îles au continent. Cet englacement ferme en revanche les mers arctiques à la circulation des navires, à moins de faire usage d'un brise-glace.

■ Il est difficile de caractériser un seul **climat arctique**. Celui-ci varie en fonction de la **latitude** (plus ou moins au nord), de l'**altitude**, de la **distance par rapport aux littoraux** (plus froid à l'intérieur des terres) et de la présence ou non de **courants marins**. Dans une même région, plusieurs climats peuvent donc voisiner et l'impact des changements climatiques a déjà des répercussions.

c. Une nouvelle frontière en voie d'intégration ?

■ L'Arctique s'est réchauffé **au cours du dernier siècle** : la température moyenne de surface a augmenté d'environ 0,09 °C tous les 10 ans, ce qui est supérieur de 50 % à la moyenne dans l'hémisphère nord. Depuis la fin des années 1970, et plus encore des années 1990, ce **réchauffement s'accélère**. La surface recouverte de glace (**calotte glaciaire**) a diminué d'environ 20 % depuis 30 ans. Et selon les scientifiques, elle continuera à se réduire. Surtout, la **fonte de la banquise pendant l'été** est devenue spectaculaire.

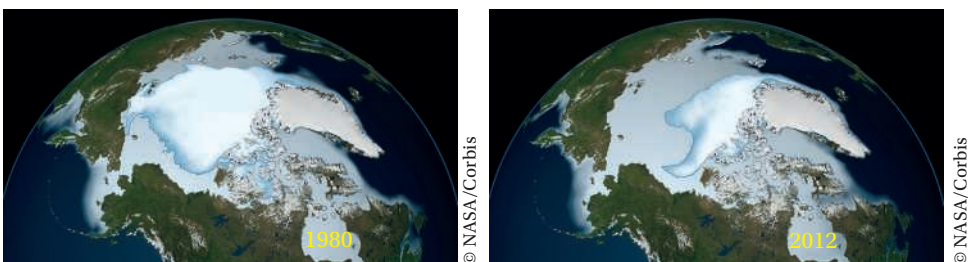
👉 **L'œkoumène est l'espace occupé par l'homme.**

■ Peu peuplé et peu fréquenté, l'Arctique pourrait, en raison du réchauffement climatique, devenir une « **nouvelle frontière** » de la planète, c'est-à-dire un espace à mettre en valeur et à intégrer à l'œkoumène.

■ Avec le réchauffement climatique, l'ouverture des grandes **routes maritimes du Nord** permettrait de réduire d'environ 40 % la longueur des trajets entre l'Asie et l'Europe. Les navires pourraient emprunter le **passage du Nord-Ouest** qui traverse l'archipel canadien, ou celui du **Nord-Est** qui longe la côte nord de la Russie. D'ici une dizaine d'années, une **route transpolaire** entre Mourmansk (Russie) et Churchill (Canada) serait ouverte par la fonte des glaces.

■ Cependant, ces passages restent et resteront **dangereux** (risques d'accidents et de pollution), car les contraintes naturelles y sont fortes : glaces dérivantes, courants violents, vents, faible tirant d'eau dans les détroits, qui ne peuvent laisser passer que des cargos de taille modeste.

La fonte de la banquise



Photographies satellites de la banquise à la fin de l'été en 1980 et en 2012. En trente ans, la surface de la banquise observable à la fin de l'été a diminué de 50 %. Elle a atteint un minimum record en septembre 2012 avec 3,4 millions de km². Elle a en revanche un peu moins fondu en 2016.

B Les mondes arctiques : des ressources convoitées

a. D'importantes ressources

■ Les mers arctiques sont riches en **ressources halieutiques** (poisson). En outre, le réchauffement des mers du globe tend à faire migrer vers les pôles des espèces ordinairement pêchées dans des eaux plus tempérées.

■ De nombreuses **ressources minières et énergétiques** sont présentes dans les régions arctiques : nickel, phosphates, étain, fer, or, diamants, uranium, charbon et hydrocarbures. Leur exploitation remonte à plus d'un siècle. À partir de la Seconde Guerre mondiale, les mondes arctiques sont perçus comme des **réserves pétrolières stratégiques**, mais en raison de l'ampleur des investissements nécessaires et du faible prix du pétrole, ils ne sont pas exploités. Les deux **chocs pétroliers** de 1973 et 1979 modifient la perception de ces ressources polaires et marquent le début de leur mise en valeur.

■ L'augmentation actuelle du prix du pétrole, la baisse des réserves prouvées et la croissance de la consommation énergétique mondiale rendent aujourd'hui l'exploitation des gisements arctiques **beaucoup plus rentable**. Le réchauffement climatique pourrait faciliter l'accès à ces ressources, mais il faut relativiser : si le recul de la banquise offre de nouvelles opportunités énergétiques, **il fragilise aussi le pergélisol**, ce qui complique l'extraction et l'acheminement des ressources. En outre, l'implantation de **plates-formes de forage** en mer est confrontée aux mêmes contraintes naturelles que la navigation.

📌 Les **chocs pétroliers** se traduisent par une augmentation importante et brutale du prix du pétrole : les prix de 1980 sont environ 9 fois supérieurs à ceux de 1972.

b. Concurrence entre États et réglementation internationale

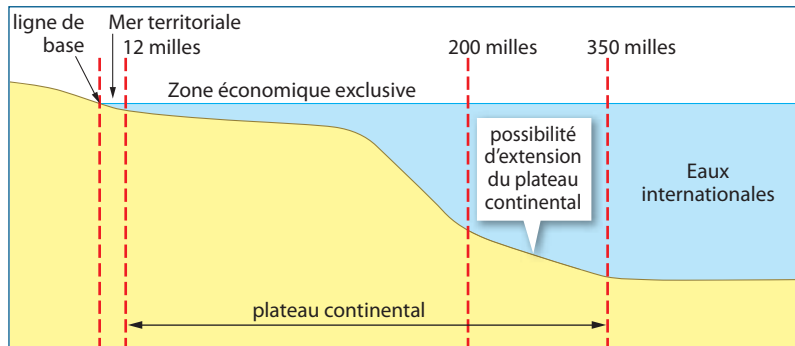
■ Les **cinq États riverains** de l'océan Arctique sont les principaux acteurs de la région : **Canada** (40 % de son territoire appartient à la zone arctique), **États-Unis** (Alaska), **Russie** (50 % des terres arctiques à elle seule), **Danemark** (Groenland), **Norvège** (archipel de Svalbard).

■ Le statut de l'océan Arctique, comme celui de tous les océans et mers du globe, est réglementé par la Convention des Nations unies sur le droit de la mer signée à **Montego Bay** (Jamaïque) en 1982. Cette convention reconnaît aux États des droits sur leurs **eaux territoriales** (jusqu'à 12 milles nautiques des côtes), sur la **zone contiguë** (12 milles de plus) et sur la **ZEE** (200 milles des côtes, soit 370 km). Au-delà s'étendent les **eaux internationales**.

■ Toutefois, lorsque le **plateau continental**, c'est-à-dire le prolongement du continent sous la surface de la mer, s'étend au-delà de 200 milles marins (ce qui est le cas dans l'océan Arctique), les États peuvent se voir reconnaître l'exploitation des ressources jusqu'à 350 milles de leurs côtes, si la profondeur de la mer ne dépasse pas 2 500 mètres. Cette situation est à la base de **revendications des pays riverains de l'Arctique**.

📌 La **zone économique exclusive (ZEE)** est l'espace maritime (y compris les fonds marins et le sous-sol) sur lequel un État côtier exerce des droits souverains en matière économique.

Les limites juridiques des espaces maritimes



■ Deux organisations intergouvernementales cherchent à favoriser la concertation dans la région arctique :

- Le **Conseil de l'Arctique**, créé en 1996, est un **forum intergouvernemental** qui cherche à promouvoir le développement durable de la région, et s'occupe notamment de questions environnementales. Il regroupe les cinq États riverains de l'océan Arctique, l'Islande, la Suède et la Finlande, ainsi que six organisations représentant les populations autochtones.
- La **Dimension nordique**, mise en place en 1997, est un **programme de collaboration** entre l'UE, l'Islande, la Norvège et la Russie.

C Un enjeu pour les équilibres mondiaux ?

a. De nouvelles tensions géopolitiques

■ Les tensions concernent d'abord la **circulation des navires**. Ainsi, le Canada estime que le passage du Nord-Ouest fait partie de ses eaux territoriales, alors que l'UE et les États-Unis considèrent qu'il doit être géré comme un détroit international.

■ Les eaux internationales représentent aujourd'hui 40 % de l'océan Arctique, mais seraient ramenées à 10 % si toutes les revendications nationales devaient être satisfaites. Pourtant, les zones qui contiendraient des hydrocarbures se trouvent à **95 % à l'intérieur des ZEE** des cinq États concernés.

■ Le **découpage du plateau continental de l'Arctique** constitue l'enjeu le plus crucial : la

Russie, le Canada et le Danemark ont engagé une course pour cartographier les fonds marins entourant la **dorsale** de Lomonossov, afin de prouver qu'elle constitue le prolongement naturel de leur propre plateau continental. Cela leur permettrait d'affirmer leur souveraineté sur la zone jusqu'à 350 milles nautiques de leurs côtes. La Russie a même planté son drapeau sur le fond marin en août 2007.

👉 Une dorsale est une chaîne de montagnes sous-marine.

b. De nouvelles vulnérabilités arctiques

■ **L'environnement de l'Arctique est fragile**. Il est soumis à de **multiples pollutions** qui sont soit transportées par les courants atmosphériques et océaniques (gaz à effet de serre, substances toxiques), soit liées à la mise en valeur de ses ressources (exploitation des hydrocarbures, déchets radioactifs laissés par les bases militaires et les sites d'essais nucléaires soviétiques). Souvent, l'hostilité du milieu et l'éloignement des sites de traitement poussent les producteurs à abandonner les déchets sur place ou, au mieux, à les enterrer dans des fosses étanches.

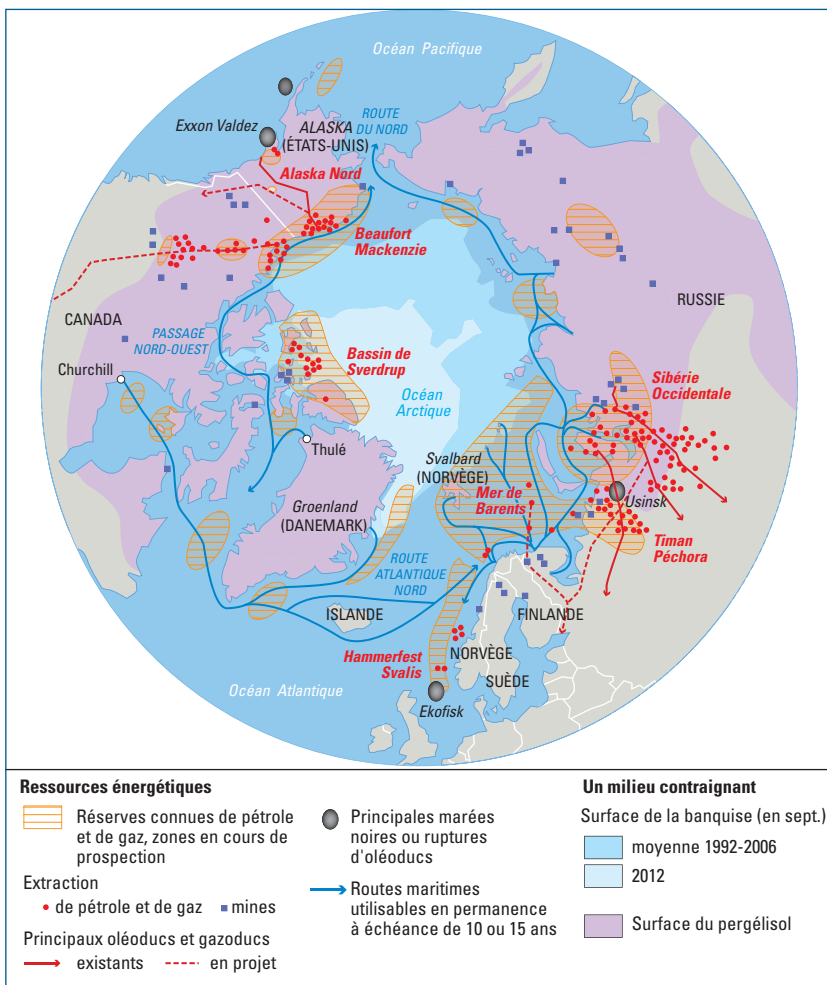
■ Le **réchauffement climatique** amplifie les menaces sur l'environnement. En libérant les gaz prisonniers du pergélisol, la fonte des glaces augmente les émissions de méthane et de CO_2 , ce qui accroît l'effet de serre. Tout **l'écosystème subit des transformations** : l'ours polaire est menacé par la fonte de la banquise, la toundra disparaît. Avec l'augmentation du trafic maritime et l'implantation de plates-formes pétrolières offshore, les probabilités de **marées noires** deviennent plus élevées.

■ Les mondes arctiques sont peuplés d'environ 3 millions d'habitants, dont 10 % sont des **peuples autochtones** (Inuits au Canada et au Groenland, Lapons en Norvège, Nenets, Évènes et Tchouktsches en Russie). Sédentarisés, ceux-ci vivent pour l'essentiel de chasse, de pêche ou d'élevage, mais ils sont particulièrement touchés par les atteintes à l'environnement. Leur taux de contamination aux métaux lourds est parmi les plus élevés du monde. La saison de la chasse est raccourcie par la fonte de la banquise ; le recul de la toundra fragilise les élevages.

■ Un « **mal-vivre** » boréal s'est installé, causé par une **perte d'identité** en raison de l'influence grandissante du modèle occidental et de la rupture avec le mode de vie traditionnel. La perte de la transmission d'une mémoire culturelle et de certaines langues témoigne de cette crise identitaire.

👉 L'adjectif **polaire** s'applique aux pôles Nord et Sud, tandis que l'adjectif **boréal** ne s'applique qu'au Nord.

Géopolitique de l'Arctique : la course pour les ressources



c. Vers un développement boréal durable ?

■ La préservation des milieux polaires passe par un processus de **sanctuarisation des espaces naturels**. Ainsi, 60 % de l'archipel du Svalbard (Norvège) est protégé par un réseau de **réserves naturelles** et de **parcs nationaux**. Un parc naturel existe aussi au nord du Groenland et s'ouvre progressivement au tourisme. Mais cette politique de préservation doit affronter les offensives sur les ressources. Les parcs nationaux coexistent avec des zones sacrifiées à l'exploitation minière, hydroélectrique et pétrolière.

■ Une véritable **politique de coopération internationale** et d'intégration économique, plus soucieuse de l'environnement, reste à inventer. Le Conseil de l'Arctique et la Dimension nordique y travaillent : par exemple, ils encouragent la **dépollution des sites militaires abandonnés** et des **zones contaminées** par la radioactivité en mer de Barents.

■ Mais un développement durable pour l'Arctique semble pour l'instant difficile à réaliser car il est souvent **remis en cause en vertu d'intérêts économiques**. Prendre en compte les aspirations des autochtones à préserver leur culture et leur environnement, tout en offrant des emplois aux populations jeunes et qualifiées, semble difficile. De nombreux pays, dont l'Union européenne, sont favorables à la création d'un **traité de l'Arctique**, afin de maîtriser son exploitation et de préserver son environnement, mais les États côtiers restent sourds à cette demande.

2 Les littoraux, des espaces convoités

A Une littoralisation accrue des activités dans le monde

a. Les littoraux : des espaces densément peuplés

Le littoral est l'espace de contact entre la terre et la mer, large d'environ 60 km à l'intérieur des terres.

■ Près de **60 % de la population mondiale** réside aujourd'hui à moins de 60 km de la mer et 20 % à moins de 15 km. Les plus grands **foyers de peuplement** sont proches des littoraux : **façades maritimes** des mégapoles du Nord-Est américain, du Japon et de l'Europe de l'Ouest, littoraux asiatiques. Ce processus de concentration des hommes et des activités sur les littoraux est appelé **littoralisation**.

■ La **densité moyenne d'occupation littorale** est estimée à 170 hab./km² (cinq fois plus que la moyenne de l'ensemble des terres habitées). Certains littoraux ont cependant une occupation plus discontinue (Californie, Afrique de l'Ouest), d'autres sont faiblement peuplés (Afrique de l'Est, Australie).

■ Plus des quatre cinquièmes des populations littorales sont **citadines**. Sur les dix premières agglomérations mondiales, huit sont localisées sur le littoral.

b. Les littoraux : des espaces fortement aménagés

■ Avec l'explosion des échanges mondiaux, les transports maritimes se sont développés : le nombre et la taille des navires ont augmenté, notamment celle des **porte-conteneurs**. Les transports maritimes assurent aujourd'hui 80 % du commerce mondial en valeur. Pour accueillir ces navires, les ports ont été agrandis, des bassins plus profonds et des **zones industrialo-portuaires (ZIP)** ont été construits. L'extension de ces zones portuaires a parfois nécessité de gagner de la surface sur la mer par des remblais ou **terre-pleins**.

■ Beaucoup d'industries ont « glissé » vers les littoraux pour transformer les matières premières et les sources d'énergie acheminées par bateau. Ces espaces sont aujourd'hui des **interfaces** majeures mettant en relation un **avant-pays maritime** et un **arrière-pays continental**.



Les **interfaces** sont des espaces où s'effectuent les échanges reliant des acteurs venus de lieux différents.

■ L'extension des ZIP a débouché sur la formation de grandes **façades maritimes** : côte nord-est des États-Unis, baies japonaises, Northern Range européen (Hambourg-Rotterdam-Anvers). La Chine a créé des **zones économiques spéciales** (ZES) sur ses littoraux afin d'attirer les investisseurs étrangers (réductions fiscales, aides à l'installation, fourniture de terrains...). La Corée du Sud, Singapour et Taïwan constituent, avec la Chine, une façade maritime dynamique.

■ Première forme de tourisme dans le monde, le **tourisme balnéaire** donne lieu à des aménagements spécifiques. Apparues dans la seconde moitié du XIX^e siècle, les stations balnéaires se sont multipliées et ont évolué afin d'accueillir un tourisme de masse (ex. : Languedoc-Roussillon). Les littoraux de la **Méditerranée** accueillent désormais 50 % des touristes du monde. D'autres régions développent des complexes touristiques : bassin Caraïbe, Thaïlande, Malaisie, Indonésie (Bali). Le tourisme y est un moteur de développement.

■ **L'héliotropisme** (attraction pour les espaces ensoleillés) se généralise : dans les pays riches, les retraités et surtout les actifs sont nombreux à s'installer sur les littoraux du Sud : Sun Belt aux États-Unis (Floride, Californie), régions méditerranéennes en Espagne et en France.

■ La pression humaine sur les littoraux n'a pas fait disparaître les **activités traditionnelles** liées aux ressources littorales : aquaculture, pêche, marais salants, cultures maraîchères. Pour gagner des terres cultivables sur la mer (**polders**), de gigantesques travaux ont été entrepris : assèchement, drainage des marais maritimes, construction de digues.

Un port à conteneurs : Barcelone



©Vario Press/Photonstop

B Des littoraux convoités, instables et fragiles

a. Des espaces convoités

■ Des **conflits** apparaissent entre des **acteurs aux intérêts contradictoires** : les aménagements touristiques ou industriels sont de gros consommateurs d'espace et d'eau, au détriment de l'activité agricole.

■ **Certaines activités en excluent d'autres** : les installations industrielles sur le littoral entravent le développement du tourisme, la multiplication des ports de commerce perturbe les activités liées à la pêche. Le développement du tourisme, à travers notamment la multiplication des résidences secondaires, entraîne le départ de nombreux résidents permanents (hausse des prix immobiliers) et le déclin des activités traditionnelles.

b. Des espaces instables, soumis à de nombreux risques

■ Le littoral est un espace instable par nature. Le balancement des marées façonne la physiologie des littoraux ; **grandes marées et tempêtes** sapent le pied des falaises, qui parfois s'écroulent. **L'érosion** provoque le recul des côtes ; à l'inverse, des dépôts sont abandonnés par les courants marins, créant des avancées ou des plages. À l'échelle du siècle, le **niveau de la mer** varie. Le rythme actuel de son élévation (de 1 à 5 mm par an), conséquence du réchauffement climatique, est problématique pour les côtes basses (Maldives menacées de disparition).

■ Les littoraux sont soumis à des **risques naturels majeurs** : tempêtes, cyclones et raz-de-marée sur les côtes tropicales (ex. : tsunami dans l'océan Indien en décembre 2004), tempêtes parfois violentes dans les régions tempérées (ex. : en Charente-Maritime en février 2010).

👉 Le **dégazage** est l'opération qui consiste à vider les citernes d'un navire de ses résidus pétroliers ou gazeux.

■ Les littoraux sont particulièrement vulnérables aux **risques technologiques**. Environ 3 millions de tonnes de pétrole sont déversées chaque année en mer, dont plus de 600 000 dans la Méditerranée (fuites dans la coque de pétroliers, **dégazages**). 30 % de cette pollution atteint ensuite les côtes où elle cause des **marées noires**.

c. Un environnement particulièrement vulnérable

■ Les **rejets** d'hydrocarbures, d'eaux usées, mais aussi de produits chimiques, en partie liés à l'activité agricole (algues vertes), polluent de plus en plus les mers du globe. Les inondations sont favorisées par le goudronnage et le **bétonnage** dans les stations balnéaires. Les lagunes, les dunes et les landes sont menacées par le piétinement des touristes.

👉 On appelle **mitage** l'éparpillement des zones d'habitation ou d'activités dans un espace à l'origine rural.

■ Les paysages sont altérés par la concentration des hommes et des activités : **mitage** des espaces, bétonnage des fronts de mer par les aménagements touristiques (tours, hôtels, etc.).

■ Dans les régions tropicales, les **mangroves** sont asséchées pour fournir du combustible et récupérer des terres pour la riziculture ou l'élevage de crevettes. La faune et la flore naturelles y sont menacées.

La prolifération des algues vertes en Bretagne



© Dominique Halleux/Biosphoto

Elle est liée à l'élevage porcin intensif : l'azote contenu dans le lisier, utilisé comme engrais, s'infiltré dans les nappes phréatiques et les cours d'eau, se transforme en nitrates, puis rejoint la mer. Les algues vertes émettent des gaz toxiques pour l'homme.

C Aménager et ménager durablement les littoraux

a. Les mesures de protection

■ Face au problème de l'**érosion des côtes**, des **digues** sont édifiées, des **brise-lames** sont mis en place, des dunes sont restaurées, des berges sont consolidées. Pour protéger les côtes à falaises, on installe des épis en bois (qui piègent les galets transportés par la mer), on construit des murs pour empêcher les effondrements.

■ Plusieurs moyens peuvent être utilisés pour **lutter contre la pollution** : traiter les eaux usées avant qu'elles ne se déversent dans la mer, contrôler l'état des pétroliers et sanctionner les dégazages, réduire les rejets de gaz à effet de serre pour limiter le réchauffement climatique et, ainsi, préserver les récifs coralliens, menacés de disparition par le réchauffement de la température de l'eau.

■ Afin de **préserver les écosystèmes et les paysages**, certains littoraux sont classés comme réserve naturelle ou comme parc national ou régional. En France, le Conservatoire du littoral (1975) a le pouvoir d'acquérir des espaces côtiers pour les préserver ou les réhabiliter ; la **loi Littoral** (1986) interdit les nouvelles constructions trop proches de la côte. Dans certaines régions tropicales, des mesures visant à protéger et replanter la mangrove commencent à être adoptées (ex. : Guadeloupe).



Une **digue** est une construction, accessible de la terre, dont le rôle est de retenir l'eau.

Le rôle d'un **brise-lames** est identique, mais il est placé devant un port, ou une côte menacée d'érosion.

b. Une protection inégale dans le monde

■ Dans les pays riches, la **prise de conscience de la nécessité d'une protection** est réelle. Les périmètres protégés englobent le plus souvent le liseré côtier, l'espace marin et les zones humides voisines. Les États, les collectivités locales ou les conventions internationales sont à l'origine de ces interventions (nouvelles constructions interdites, accès et exploitation des ressources limités ou interdits). On parle de politique de **zonage**.

Une politique de **zonage** consiste à délimiter des espaces affectés à différentes fonctions : urbanisation, industrie, préservation du milieu naturel, etc.

■ Ainsi, en 2002, une recommandation européenne a demandé à chaque État de l'UE d'établir une stratégie de **gestion intégrée des zones côtières (GIZC)**. Elle consiste à préserver les ressources et les équilibres naturels, à éviter les conflits entre les usagers, à prendre en compte l'évolution naturelle des littoraux.

■ La **gestion des littoraux** doit donc être **globale** et intégrer différents acteurs (organisations internationales, États, collectivités territoriales, professionnels) dans une démarche de **concertation**, pour un développement durable. Parfois, des ouvrages de protection sont détruits pour **rendre les littoraux à leur évolution naturelle**. Sur certains littoraux menacés directement par la remontée du niveau de la mer, des projets de **construction d'îles artificielles** voient le jour (ex. : Monaco, Maldives).

■ Dans les PED, la recherche du développement économique prime sur la préservation de l'environnement. Les littoraux permettent en effet des activités souvent **très rémunératrices** : industrie (délocalisation d'usines vers ces pays), agriculture intensive, tourisme.

3 Les espaces exposés aux risques majeurs

A Des sociétés exposées à de multiples risques

a. De nombreux risques naturels

■ L'**aléa** est un phénomène plus ou moins probable sur un espace donné. Il devient un **risque** lorsqu'il touche les sociétés humaines et leurs aménagements. Les risques naturels peuvent se distinguer selon leur origine.

• Les **risques d'origine atmosphérique** sont les cyclones, les tempêtes, les vagues de froid, les canicules, les sécheresses, les **raz-de-marée** et les pluies diluviennes. Les cyclones sont des dépressions qui naissent dans les océans de la zone intertropicale quand l'eau atteint 25 °C ; ils combinent vents violents et pluies diluviennes.

Le **raz-de-marée** est une immense vague, le plus souvent d'origine météorologique. On parle de **tsunami** quand le raz-de-marée est d'origine lithosphérique (séisme sous-marin, volcanisme).

• Les **risques d'origine lithosphérique** recouvrent les éruptions volcaniques, les séismes, les mouvements de terrain. Lorsque des plaques lithosphériques entrent en contact, surviennent des tremblements de terre, qui peuvent provoquer un **tsunami** s'ils se produisent en mer. Les éruptions volcaniques sont souvent liées aux tremblements de terre. Certaines sont explosives, d'autres s'accompagnent de coulées de boue (lahars).

• On classe parmi les **risques hydrologiques** les inondations, les avalanches et certains feux de forêt. Les **inondations** sont liées à de fortes précipitations ou à des tempêtes. Elles sont fréquentes à proximité des grands fleuves d'Asie, d'Amérique du Nord et dans les régions méditerranéennes, où elles possèdent un caractère saisonnier. Les **avalanches** sont des coulées de neige qui dévalent les pentes des reliefs lorsque le manteau neigeux, trop lourd, devient instable et se rompt. Enfin, les **feux de forêt** d'origine naturelle se produisent le plus souvent en période de sécheresse quand la foudre vient frapper les massifs boisés. Cependant, ils sont le plus souvent d'origine humaine.

■ Les risques n'ont pas tous le même **impact spatial** : les inondations et les éruptions volcaniques sont des **risques concentrés** (limités à une zone restreinte), les cyclones, les tsunamis, les sécheresses sont des **risques diffus** (vaste zone). On peut aussi distinguer les risques selon leur **fréquence** : les risques lithosphériques sont plus rares (et aussi plus meurtriers) que les cyclones, qui reviennent régulièrement toucher les régions tropicales à la fin de la saison chaude.

b. Des risques engendrés par les activités humaines

■ Les activités industrielles, le transport et le stockage de certains produits, sont à l'origine de **risques technologiques** (marées noires, nuages toxiques).

La **pollution atmosphérique** est liée à l'émission de CO₂ par les usines, l'extraction de produits miniers ou énergétiques, le chauffage des particuliers, la circulation automobile ou aérienne, etc.

La **pollution des sols** est due au stockage de produits chimiques et à l'utilisation d'intrants dans l'agriculture.

Enfin, les produits chimiques utilisés par l'industrie et l'agriculture sont responsables de la **pollution des eaux** douces, qui se propage souvent à la mer. Cette dernière est également polluée par la présence de déchets et par les marées noires.

■ L'ampleur des risques technologiques, en augmentation depuis la fin du xx^e siècle, est liée à l'**industrialisation** accélérée des puissances émergentes. La croissance des échanges maritimes a pour corollaire une aggravation du risque de **marées noires**. Enfin, l'augmentation des niveaux de vie dans les pays émergents, qui accèdent de plus en plus à l'usage de l'automobile, et l'essor des migrations internationales multiplient les **émissions de gaz à effet de serre**.

■ La mondialisation et la multiplication des mobilités humaines à l'échelle planétaire favorisent une diffusion plus rapide des **risques épidémiologiques** (ex. : grippe H1N1).

📌 Les risques épidémiologiques concernent la santé et les maladies des populations.

c. Des risques naturels amplifiés par les aménagements humains

■ Le défrichement de la forêt accélère le ruissellement de l'eau de pluie, amplifie l'érosion et entraîne des inondations et des coulées de boue. En ville, sur les littoraux touristiques et dans les stations de sports d'hiver, les **surfaces bétonnées** limitent l'absorption de l'eau par les sols, ce qui engendre un gonflement des rivières et accélère les effets de la **crue**, favorisant ainsi les **inondations**. Celles-ci représentent environ 80 % des catastrophes naturelles dans le monde.

📌 La crue est la situation d'un cours d'eau en période de hautes eaux, quand son débit est à son maximum. Lorsque le cours d'eau déborde de son lit et submerge les terrains voisins, on parle d'inondation.

■ La sédentarisation des populations dans les régions arides, leur croissance démographique et, par conséquent, l'augmentation de leurs besoins, aggravent les impacts des sécheresses. Le nombre des troupeaux d'élevage augmente, entraînant un **surpâturage** qui dégrade les sols et peut avoir pour conséquence une **désertification** irréversible.

■ Les **feux de forêt** sont le plus souvent causés par l'action des hommes : actes de malveillance, agriculture sur brûlis ou écobuage (débroussaillage par le feu) mal maîtrisés, dépôts d'ordures, incidents sur les réseaux électriques.

B L'inégale vulnérabilité des sociétés face aux risques

a. Une vulnérabilité inégale à différentes échelles...

La **vulnérabilité** est la capacité d'une société, d'un milieu, d'un aménagement, à faire face à un risque donné.

■ Selon les sociétés et leur niveau de développement, les dommages et les pertes subies à cause d'un même risque naturel peuvent être très différents. Cette inégale **vulnérabilité** s'observe à toutes les échelles.

■ À l'échelle mondiale, les catastrophes détruisent dans les pays riches et développés, et tuent dans les pays en développement.

■ À l'échelle d'un pays, les **métropoles et les littoraux** sont les plus vulnérables : les premières en raison des fortes densités humaines et de l'importance des aménagements ; les seconds parce que ce sont des espaces instables et mouvants par nature. Les vallées et les zones montagneuses sont également exposées aux risques d'inondations et d'avalanches.

■ À une échelle plus fine, l'impact des risques est un marqueur de la **ségrégation socio-spatiale** : les centres-villes sont moins exposés aux aléas et mieux protégés que les périphéries. Dans les PED, il n'est pas rare que les plus pauvres s'installent en zone inondable ou sur des pentes instables, dans des quartiers informels où les **risques sanitaires** sont accrus par l'absence de réseaux d'évacuation des eaux usées.

b. ... et aggravée par la pauvreté

■ Les **risques naturels** sont nombreux dans les pays en développement, dont bon nombre se trouvent dans des zones sismiques ou, parce qu'ils sont situés dans la zone intertropicale, sont exposés à des fléaux tels que l'aridité ou les cyclones. Néanmoins, c'est surtout l'**instabilité politique et sociale** qui accroît la vulnérabilité des populations.

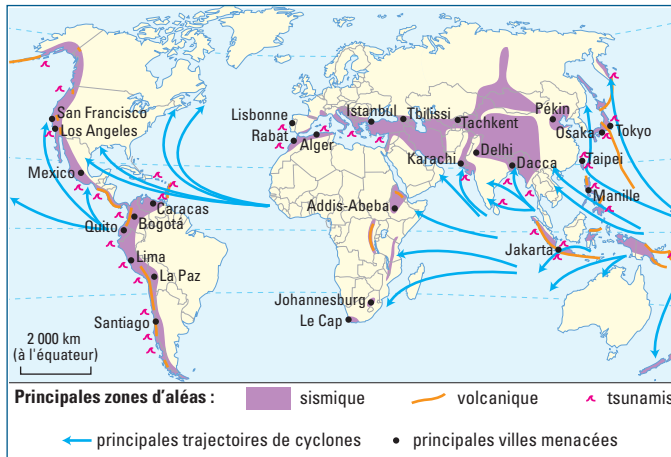
■ Les **risques d'accidents industriels** sont moins nombreux dans les pays pauvres, mais ils y ont souvent des conséquences plus graves. Par ailleurs, les délocalisations d'activités polluantes en provenance des pays riches, l'industrialisation galopante d'un pays comme la Chine renforcent ces risques.

■ Les **risques sanitaires** sont particulièrement élevés dans les pays les moins avancés, menacés par les épidémies à cause de la sous-alimentation, des catastrophes naturelles et de conditions d'hygiène insuffisantes. Ils sont les plus touchés par la pandémie de sida, particulièrement présente en Afrique subsaharienne.

La **résilience** est la capacité d'un individu ou d'une société à surmonter un événement traumatique et à retrouver une situation d'équilibre et de stabilité.

■ Dans les PED, le **risque est souvent accepté**, la catastrophe étant largement considérée comme une fatalité. La population vit dans des zones dangereuses car les ressources qu'elles offrent compensent la menace. Lorsqu'une catastrophe se produit, la solution envisagée est souvent la fuite, ce qui peut donner lieu à des flux migratoires importants d'éco-réfugiés (réfugiés liés aux conditions climatiques). La **résilience** des pays pauvres est donc faible.

Les aléas naturels dans le monde



Les séismes et les tsunamis les plus puissants ont lieu dans la « ceinture de feu du Pacifique », qui va du Japon à la cordillère des Andes en passant par la Californie. Les cyclones et les ouragans se produisent majoritairement entre les tropiques (côtes orientales de l'Amérique du Nord et de l'Asie).

c. La recherche du « risque zéro » dans les pays riches

■ Les pays développés subissent environ 25 % des catastrophes naturelles, mais ils ne déploront que 5 % du total des victimes, car leur niveau de développement leur assure une **capacité de résilience élevée**. Les dégâts matériels peuvent en revanche y être importants. Les assurances et parfois l'État aident les victimes à reprendre leurs activités.

■ Les pays riches sont exposés à des **risques technologiques majeurs** du fait de la présence sur leur sol de nombreuses installations chimiques, nucléaires, etc. Certains risques naturels peuvent y entraîner des catastrophes technologiques : ainsi, le séisme et le tsunami de 2011 au Japon ont sérieusement endommagé les réacteurs de la centrale nucléaire de Fukushima, causant l'une des pires catastrophes nucléaires à ce jour.

■ La richesse des sociétés développées leur permet de mieux **prévenir les risques** et d'y faire face. Elles ne perçoivent pas le risque comme une fatalité et considèrent la **sécurité individuelle** comme un droit. Mais la recherche de la protection absolue génère de nouveaux risques : s'il réalise les aménagements de protection, l'homme s'installe durablement dans des zones exposées, alors que l'aléa n'a pas disparu. Or, lors du passage de la tempête Xynthia en Charente-Maritime (février 2010), les digues ont empêché l'évacuation de l'eau, causant des pertes humaines et de lourds dégâts matériels.

C La gestion des risques

a. Dans les pays riches et développés : prévoir, prévenir et protéger


■ Dans les pays riches, la lutte contre les risques est devenue une science : la **cindynique**. Elle passe par la prévision, la précaution, la prévention et la protection.

■ Il faut distinguer prévention et précaution. Alors que la **prévention** a pour but d'anticiper la manifestation d'un risque identifié, la **précaution** est la présomption de risques graves mais

incertains. Les décisions prises en son nom suscitent parfois la polémique (ex. : campagne de vaccination contre la grippe H1N1 en France pendant l'hiver 2009).

Prévision : mieux connaître les aléas	<ul style="list-style-type: none"> • Centres d'observation : sismographes, capteurs de chaleur sur les volcans, stations météorologiques • Surveillance des installations industrielles et nucléaires
Précaution : anticiper les risques incertains	<ul style="list-style-type: none"> • Campagnes de vaccination • Interdiction de la vente de produits qui pourraient être dangereux (sécurité alimentaire)
Prévention : anticiper les risques identifiés	<ul style="list-style-type: none"> • Élaboration de plans de prévention des risques (PPR) • Diffusion de sonneries d'alerte • Modification de l'exposition aux aléas par le retour d'expérience après une catastrophe • Entretien d'une mémoire du risque : archives, statistiques, sensibilisation de la population
Protection : limiter les risques	<ul style="list-style-type: none"> • Délimitation de zones à risque pour limiter ou interdire les constructions • Classement d'installations dites dangereuses (directive Seveso en France, 1996) • Aménagements spécifiques : constructions parasismiques, renforcement de digues, entretien des canaux de drainage, débroussaillage des forêts, déclenchement des avalanches

b. Dans les pays en développement : secourir

 **La catastrophe est la réalisation du risque lorsqu'elle entraîne des dégâts importants ou des pertes humaines.**

Dans les pays pauvres, il n'existe quasiment pas de plans de prévention des risques et peu de mesures sont prises pour renforcer la sécurité. En cas de **catastrophe**, l'aide provient essentiellement des pays riches, dont les **ONG** sont les acteurs essentiels. Expertes en mobilisation de fonds, en savoir-faire géopolitique, logistique et technique, ainsi que dans le domaine médical, elles interviennent de plus en plus souvent. Cependant, elles ont parfois des

difficultés à agir, à définir leurs relations avec les pouvoirs en place, et à arbitrer entre l'aide d'urgence, l'aide au développement et la prévention sur le long terme.

c. Vers une gestion globale et durable des risques

■ Sous la pression des opinions publiques, des ONG et des partis écologistes, de nombreuses voix s'élèvent aujourd'hui pour demander une gestion plus globale, c'est-à-dire **à une échelle mondiale**, des risques.

■ Des **solutions** existent pour limiter la fréquence et la gravité de certains risques : réhabiliter et étendre les réseaux d'évacuation des eaux usées, stabiliser les pentes par des murs de soutènement, reboiser, déplacer des populations ; développer une **culture du risque** par l'information et l'éducation, entretenir une **mémoire du risque** ; développer l'**aide internationale** concernant la prévision (ex. : mise en place d'un système d'alerte au tsunami).

■ Mais il reste difficile de faire prendre conscience à des nations indépendantes, qu'elles soient riches ou pauvres, de la nécessité de prendre en compte les risques. Dans les pays les moins développés, le financement de la prévention représente un **coût trop élevé**.

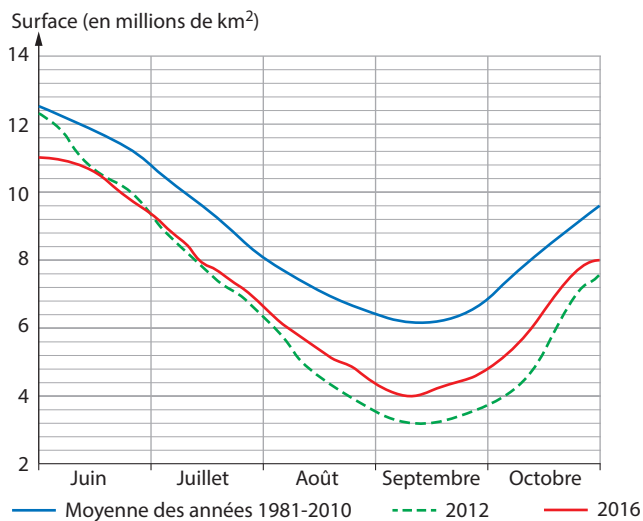
Le séisme de janvier 2010 en Haïti : une forte vulnérabilité



© Thony Belizaire/AFP

Le 12 janvier 2010, un tremblement de terre détruit une partie de la capitale de Haïti, Port-au-Prince, et plusieurs villes voisines. On compte plus de 230 000 morts et plus d'un million de sans-abri. Face aux carences de l'État haïtien, de nombreuses interventions humanitaires en provenance des pays riches se déploient sur le territoire, non sans problème de cohérence entre elles.

ANALYSER UN GRAPHIQUE

Estimation de la surface de la banquise arctique en été (en millions de km²)

CORRIGÉS

■ Étape 1 : identifier le type de graphique

Le document est un graphique en courbes présentant l'évolution de la surface de la banquise arctique (surface d'eau de mer gelée au moins à 15 %) sur plusieurs années : une première courbe représente la moyenne des années 1981 à 2010, la deuxième indique les données pour l'année 2012 et la troisième pour l'année 2016.

■ Étape 2 : faire une lecture générale du graphique

- Les trois courbes suivent une tendance globalement similaire. En juin, la superficie de la banquise est proche des 12 millions de km², puis elle se réduit rapidement en août : 4 à 6 millions de km². En octobre, la superficie remonte progressivement à 8 ou 10 millions de km².
- Il y a néanmoins des différences importantes entre les courbes récentes et celle indiquant la moyenne de 1981 à 2010. Pendant ces vingt années, les variations ont été moins importantes qu'entre 2007 et 2012. C'est au mois de septembre que la banquise atteint sa superficie minimum : environ 3,3 millions de km² en 2012 et 4,1 en 2016. De 1981 à 2010, la moyenne était de 6,3 millions de km². La tendance générale est donc à une réduction de la banquise, et celle-ci est particulièrement forte en 2012.

■ Étape 3 : expliquer les observations

- Ce graphique est révélateur d'un phénomène planétaire : le **réchauffement climatique** et ses effets particuliers en Arctique. Avec une superficie de la banquise trois fois moins importante en septembre qu'en juin, l'année 2012 révèle une **accélération** du phénomène. La fonte de la banquise semble donc prouvée par ce graphique, et elle est impressionnante. Elle a pour origine le réchauffement climatique lié à l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre causée par les activités humaines.
- La modélisation de la fonte de la banquise est toutefois loin d'être une science exacte, et l'évaluation du rythme de la fonte fait **débat chez les spécialistes**. Ainsi, durant l'été 2012, l'Arctique a connu un ouragan particulièrement important qui pourrait avoir anormalement accru la vitesse de la fonte. On peut également observer sur le graphique que la fonte de la banquise estivale a été moins forte en 2016.

Grammaire : les points clés

1. Déterminants et quantifieurs..... 390
2. Les temps : présent, prétérit, *present perfect* et *past perfect* 395
3. L'expression de l'avenir et de la modalité 402
4. Les subordonnées et le discours indirect 408

Pour aller vers le Bac

5. Comprendre les consignes 415
6. Comprendre le sens global d'un texte 420
7. Comprendre l'implicite..... 427
8. Traiter un sujet d'imagination 433
9. Traiter un sujet de réflexion..... 439
10. Se faire comprendre à l'oral..... 443

1

Déterminants et quantifieurs

LE CARACTÈRE **dénombrable** ou **indénombrable** d'un nom détermine le choix du **quantifieur** ou du **déterminant** (qu'il soit défini ou indéfini).

1 Dénombrables et indénombrables

- Un nom **dénombrable** (ou comptable) peut être dénombré : on peut dire « un... », « deux... »

two trees : deux arbres *a computer* : un ordinateur

- Un nom **indénombrable** (ou non comptable) ne peut être dénombré : on envisage le nom comme un ensemble d'éléments ou comme un concept abstrait.

rice : le riz *friendship* : l'amitié

- Certains noms ont un fonctionnement **dénombrable** et **indénombrable**.

Do you want some cake? *Tu veux du gâteau ?*
[ici, indénombrable]

I've made three cakes. *J'ai fait trois gâteaux.*
[ici, dénombrable]



Pour quantifier certains éléments indénombrables, on a recours à des expressions utilisant la structure *a + nom + of...*

a lump of sugar : un (morceau de) sucre
a slice of bread : une tranche de pain
a piece of news : une nouvelle
a piece of advice : un conseil

2 Les déterminants

A Les articles *a / an, Ø* et *the*

- *A / an* est l'article **indéfini** singulier. Il est suivi d'un nom **dénombrable singulier**.

It's a good movie. *C'est un bon film.*

- On utilise *a* devant une consonne phonétique : *a car*, *a uniform* [ju:] et *an* devant une voyelle phonétique : *an elephant*, *an umbrella* [ʌ].

- *Ø* + **nom** dénombrable pluriel ou nom indénombrable **indéterminés**.

Ø schools : les / des écoles *Ø power* : la puissance

- L'article *Ø* renvoie à un concept, à une idée, à une **généralité**.

I am sure Ø children love that sort of programme.
Je suis sûr(e) que les enfants (en général) adorent ce genre d'émission.

■ L'article **the** est suivi d'un **nom déterminé, défini**, qu'il soit dénombrable ou indénombrable, qu'il soit singulier ou pluriel.

The children were playing in the school yard.

Les enfants (sous-entendu : les nôtres, les élèves de l'école, de la classe) jouaient dans la cour.

PIÈGES ET DIFFICULTÉS

Quelques règles particulières

- *the* + nom désignant un objet unique : *the Sun, the North...*
- *the* + nom d'institution : *the Church, the Press...*
- *the* + nom de pays construit à partir d'un nom commun : *the United States, the Netherlands...*
Mais Ø + autre nom de pays.
- *the* + adjectif substantivé : *the rich, the homeless...*
- *the* + nom d'espèce animale : *The bee is a sociable animal.*
Mais on a le plus souvent : Ø *Bees are sociable animals.*
- *the* + terme générique : *the Queen*
Mais Ø + terme générique + nom propre : Ø *Queen Elizabeth II*
- *the* + adjectif au superlatif : *the best bus service*
Mais Ø + *most* dans le sens de « la plupart » : Ø *Most men think so.*
- *the* + nom d'instrument : *I play the violin.* Mais Ø + jeu, sport : *I play Ø soccer.*

B Les adjectifs démonstratifs et possessifs

■ Les adjectifs démonstratifs **this + nom singulier / these + nom pluriel** désignent des éléments considérés par celui qui parle comme proches de lui, réellement ou affectivement.

I first met this man in a coffee-shop.

J'ai rencontré pour la première fois cet homme dans un café.

[L'homme dont on parle est présent, à proximité.]

■ Les adjectifs démonstratifs **that + nom singulier / those + nom pluriel** désignent des éléments considérés par le locuteur comme physiquement éloignés ou comme attirant sa réprobation.

How can you wear those trousers? *Comment fais-tu pour porter un pantalon pareil ?*

■ L'**adjectif possessif** renseigne sur le possesseur et fonctionne comme un déterminant. L'ensemble du groupe nominal précédé d'un adjectif possessif peut être remplacé par un pronom possessif.

Give me my sister's book. Give me her book. Give me hers.

Donne-moi le livre de ma sœur. Donne-moi son livre. Donne-moi le sien.



This / these et that / those peuvent aussi fonctionner comme pronoms.

This is the man I want to marry.

Voici l'homme que je veux épouser.

It's horrible! How can you say that?

C'est horrible ! Comment tu peux dire ça !

adjectif possessif	pronom possessif
my	mine
your	yours
his	his

adjectif possessif	pronom possessif
her	hers
our	ours
their	theirs

3

Les quantifieurs

A **Some, any et no**

Some, any et no peuvent fonctionner avec des noms dénombrables ou indénombrables.

■ **Some**

- *Some* sert à affirmer l'existence d'une **quantité positive mais non déterminée**.

*I have already eaten **some** grapes. J'ai déjà mangé du raisin.*

- *Some* peut aussi être employé comme pronom.

*I bought grapes. Do you want **some**? J'ai acheté du raisin. Tu en veux ?*

■ **Any**

- *Any* sert à envisager un **ensemble** d'éléments sans en retenir aucun en particulier. Sa valeur est neutre, et non positive comme *some*.

***Any** child can answer that question. N'importe quel enfant peut répondre à cette question.*

*She didn't give me **any** indication. Elle ne m'a donné aucune indication.*

- *Any* s'emploie aussi comme pronom.

*Did you buy shoes? No, I haven't seen **any**. Tu as acheté des chaussures ? Non, je n'en ai pas vu.*

■ **No**

- *No* **nie l'existence** d'une quantité (phrase négative).

*You have **no** reason to worry. Tu n'as aucune raison de t'inquiéter.*

- Comme pronom, on utilise *none*.

*I have seen **none**. Je n'en ai vu aucun.*

B **Petites et grandes quantités**

Au comparatif *much / many* → *more*
few → *fewer* *little* → *less*

	+ indénombrable	+ dénombrable
beaucoup	<i>much</i> <i>a lot of / lots of</i>	<i>many</i> <i>a lot of / lots of</i>
peu	<i>little</i>	<i>few</i>
un peu	<i>a little</i>	<i>a few</i>

C **L'intensité**

- **So** + quantifieur : « tellement ».

*There was **so much** snow that I couldn't walk.*

Il y avait tellement / tant de neige que je ne pouvais pas marcher.

- **Too** + quantifieur : « trop ».

*You have made **too many** mistakes. Tu as commis trop d'erreurs.*

- **Much / many** + quantifieur au comparatif : « beaucoup ».

*He knows **much more**. Il en sait beaucoup plus.*

*There are **many more** students than last year. Il y a beaucoup plus d'étudiants que l'an dernier.*

- **Even** + quantifieur au comparatif : « encore ».

*She gave me **even more**. Elle m'en a donné encore plus.*

D La totalité

- **Every** + nom singulier : « tous les... » insiste sur la **totalité**.
*She comes **every** day. Elle vient tous les jours. **Everybody** is at work. Tout le monde est au travail.*
- **Each** + nom singulier : « Chaque... » insiste sur la **particularité**.
***Each** child is different. Chaque enfant est différent.*
- **All** + nom singulier ou pluriel : « tout le / tous les... » insiste sur l'**intégralité**.
*I have changed **all** the linoleum. J'ai changé tout le lino.*
- **Any** + nom singulier ou pluriel : « tout, n'importe quel... » insiste sur l'**indifférenciation**.
*You can take **any** book you like. Tu peux prendre le livre que tu veux.*
- **The whole** + nom singulier : « le... entier » insiste sur la **globalité**.
***The whole** class reacted violently. La classe toute entière a réagi violemment.*

E « Les deux »

- **Both** regroupe deux éléments dans un même ensemble
*I have seen **both** / **them both** / **both of them**. J'ai vu les deux.*
- **The two** regroupe deux éléments bien distincts, sans en faire l'amalgame.
***The two of them** never agree. Tous les deux ne sont jamais d'accord.*
[On peut d'ailleurs dire : *the three of them, the four of us...*]

F « Ni... ni... », « Soit... soit... »

- **Either... or...** donne le choix entre plusieurs éléments.
*You can take **either** the red one **or** the blue one **or** the white one.*
Tu peux prendre soit le rouge, soit le bleu, soit le blanc.
- **Neither... nor** nie le choix entre plusieurs éléments.
*You can take **neither** the red one **nor** the blue one **nor** the white one.*
Tu ne peux prendre ni le rouge, ni le bleu, ni le blanc.
- **Neither** tout seul nie le choix entre deux éléments.
***Neither** of them agreed. Aucun d'eux (deux) n'a été d'accord.*

EXERCICES D'APPLICATION

EXERCICE 1

Complétez avec l'article qui convient.

Playing cricket

..... cricket is team sport for two teams of eleven players each. basic concept of cricket is similar to that of baseball. Teams bat¹ in successive innings² and attempt to score runs³, while opposing team tries to bring end to the batting team's innings. After each team has batted equal number of innings, team with most runs wins.

<http://www.cs.purdue.edu/homes/hosking/cricket/explanation.htm#basics> (adapted)

1. *bat* : manier la batte • 2. *an innings* : un tour de batte • 3. *score runs* : marquer des points

EXERCICE 2

Dans les phrases suivantes, choisissez le démonstratif qui convient. Justifiez votre choix.

1. Give me (this / that) ash-tray on the shelf there.
2. (These / Those) who were sitting at the back saw nothing.
3. "Why did you call him 'stupid pig'?" "I never called him (this / that)!"
4. "John has forgotten his spectacles." "I know: (this / that) is exactly what I said a minute ago."

EXERCICE 3

Traduisez les phrases suivantes.

1. Il y a beaucoup plus de pollution qu'avant.
2. J'ai tellement envie d'une glace !
3. J'ai encore moins de patience qu'il y a deux ans.
4. Il y a trop de bruit ici.
5. J'ai rencontré tellement de gens là-bas !
6. Il y a moins d'élèves dans cette classe qu'au début de l'année.
7. Elle lui en a donné mais il en veut encore plus !

CORRIGÉS

EXERCICE 1

Ø Cricket is **a** team sport for two teams of eleven players each. **The** basic concept of cricket is similar to that of Ø baseball. Teams bat in successive innings and attempt to score runs, while **the** opposing team tries to bring **an** end to the batting team's innings. After each team has batted **an** equal number of innings, the team with **the** most runs wins.

EXERCICE 2

1. Give me **that** ash-tray on the shelf there. (*There* indique l'éloignement.)
2. **Those** who were sitting at the back saw nothing. (*On* raconte quelque chose : éloignement temporel. *Those* = ceux qui...)
3. "Why did you call him 'stupid pig'?" "I never called him **that!**" (*Désapprobation par rapport à 'stupid pig' dont on se détache.*)
4. "John has forgotten his spectacles." "I know: **this** is exactly what I said a minute ago." (*Réfère à la phrase prononcée : "John has forgotten his spectacles." Proximité temporelle.*)

EXERCICE 3

1. There is **much more** pollution than before.
2. I want an ice-cream **so much!**
3. I have (got) **even less** patience than two years ago.
4. There is **too much** noise here.
5. I met **so many** people there!
6. There are **fewer students** in this class than at the beginning of the year.
7. She gave / has given him **some**, but he wants **even more!**

Attention à doubler la consonne finale avant **-ing** dans les cas suivants :

- Verbe d'une syllabe finissant par consonne + voyelle + consonne : *run* → *running*.
- Verbe de deux syllabes ou plus finissant par consonne + voyelle + consonne, accentué sur la dernière syllabe : *prefer* → *preferring*. C'est aussi le cas pour certains verbes de deux syllabes accentués sur la première : *travel* → *travelling*

- Action ou activité en cours de déroulement.
I can't disturb him: he is working. Je ne peux pas le déranger : il travaille.
- Description, observation.
This picture represents two girls who are studying a score. Cette image représente deux filles qui étudient une partition.
- Action à venir dont le locuteur se porte garant.
I'm visiting Uncle Godfrey next Sunday. Je vais voir Oncle Godfrey dimanche prochain.

QUEL PRÉSENT EMPLOYER ?

■ Avec les adverbes de fréquence

- Vous voulez décrire une habitude **sans la commenter**

→ **présent simple.**

He always goes for his morning jog. Il fait toujours son jogging matinal.

- Vous voulez montrer votre **irritation** face à une habitude

→ **présent en *be* + *V-ing*.**

You are always running, you never have time for me.

Tu cours tout le temps, tu n'as jamais de temps pour moi.

■ Avec les verbes de perception, de sentiment

- Vous voulez exprimer un sentiment, **sans le commenter**

→ **présent simple.**

"How do you feel?" "I feel cold."

« Comment te sens-tu ? - J'ai froid. »

- À l'inverse, vous voulez faire un **commentaire**

→ **présent en *be* + *V-ing*.**

She is feeling sick. Elle se sent mal.

[Celui qui parle voit qu'elle va s'évanouir !]

Conclusion : en règle générale, la forme simple se contente d'énoncer un fait tandis que la forme en ***be* + *V-ing*** permet de commenter un fait.

2

Prétérit simple et en *be* + *V-ing*

A Prétérit simple

■ Formes

- Forme affirmative : base verbale + **-ed** (verbes réguliers) ou forme particulière pour les verbes irréguliers.

I listened. J'écoutai. / J'ai écouté. / J'écoutais.

They knew. Ils surent. / Ils ont su. / Ils savaient.

- Forme négative : auxiliaire *did* + *not* + base verbale.
I **didn't** know they **didn't** hear
- Forme interrogative : auxiliaire *did* + sujet + base verbale.
Did you hear them? Where did you go?

■ Emplois

- Le prétérit simple sert à parler d'une action située **dans le passé, datée** (parfois implicite-ment), sans lien avec le présent.

Admiral Nelson **died** during the battle of Trafalgar.

L'amiral Nelson est mort pendant la bataille de Trafalgar.

- Il peut aussi renvoyer à de l'**irréel** : on parle alors de valeur modale.

If you **listened** to me you **would** know what to do. *Si tu m'écoutais, tu saurais quoi faire.*

Il peut donc exprimer un souhait, ou un regret sur un fait présent.

I wish he **knew** her. *J'aimerais qu'il la connaisse.*

/ Je regrette qu'il ne la connaisse pas.

- Il s'emploie également pour rapporter un discours après un verbe introducteur au passé.

My sister said that Paul **was** the best friend she could ever have.

Ma sœur a dit que Paul était le meilleur ami du monde.



Le **-ed** final se prononce :

- [d] après les consonnes sonores et les voyelles : *stunned, amazed.*
- [t] après les consonnes sourdes : *reached, flushed.*
- [ɪd] après les dentales ([d] et [t]) : *wanted, added.*

B Prétérit en *be* + *V-ing*

■ **Formes** : auxiliaire *be* conjugué au prétérit (+ *not*) + *V-ing*

- Forme affirmative : **He was sitting.**
- Forme négative : **They were not working.**
- Forme interrogative : **Were you waiting for me?**

■ Emplois

Il sert à apporter un commentaire, à décrire ou observer une action passée vue en cours de déroulement. On l'appelle aussi « prétérit progressif » ou « prétérit continu ».

They **were mowing** the lawn when she arrived.

Ils étaient en train de tondre la pelouse quand elle est arrivée.

QUEL PRÉTÉRIT EMPLOYER ?

- Vous voulez rapporter ce qu'a dit Mrs Jones l'autre jour

→ **prétérit simple.**

She **said** that the match had been really enjoyable.

Elle a dit que ç'avait été vraiment un beau match.

- Vous voulez dire ce qu'elle disait quand vous êtes entré

→ **prétérit en *be* + *V-ing*.**

She **was saying** that she didn't want to go there at first.

Elle était en train de dire qu'au départ, elle ne voulait pas y aller.

A Le present perfect simple

■ **Formes** : *have / has (+ not) + participe passé*

I **have finished**.

She **hasn't done** it yet.

Have they made up their minds?

■ **Emplois**

Le present perfect exprime un lien entre le **présent** et le **passé**. Il s'emploie pour parler d'une action passée et dont il importe peu de savoir dans quelles conditions elle s'est déroulée exactement : ce qui compte, c'est le **bilan** que l'on fait au présent.

• Pour parler d'une action **non datée**.

I **have read** that book as well. *J'ai aussi lu ce livre.*

• Pour envisager les conséquences, **le résultat** d'une action sur le présent.

He **has eaten** too much, he feels sick now. *Il a trop mangé, il a mal au cœur maintenant.*

• Pour parler d'une **action très récente** avec *just* (« venir de »).

I **have just finished reading** this article. *Je viens de finir de lire cet article.*

• Pour faire **le bilan** d'une action qui se prolonge **jusqu'au moment présent** (avec *for / since* lorsqu'ils signifient « depuis »).

I **have known** him for two years. *Je le connais depuis deux ans. [for + durée]*

She **hasn't seen** her aunt since she left school. *Elle n'a pas vu sa tante depuis qu'elle a quitté l'école. [since + moment précis du passé : verbe au prétérit ou moment daté]*

■ Attention à ne pas confondre **prétérit** et **present perfect**. C'est le point de vue du locuteur, ce dont il veut parler, qui détermine l'emploi de l'un ou l'autre.

• Le prétérit s'emploie pour les actions situées dans le passé, ponctuelles, sans lien avec le présent, donc pour les narrations. L'action est terminée, coupée du présent.

I **saw** Tom this morning. *J'ai rencontré Tom ce matin. [On est l'après-midi, le soir...]*

• Au present perfect, il y a encore un lien avec le présent : on fait le bilan, l'action est récente.

I **ve seen** Tom this morning. *J'ai rencontré Tom ce matin. [On est encore le matin et on fait le bilan de ses rencontres.]*

B Le present perfect en be + V-ing

■ **Formes** : *have / has (+ not) + been + V-ing*.

A taxi **has been following** us since we left home.

Un taxi nous suit depuis que nous avons quitté la maison.

■ **Emplois**

Avec l'emploi de la forme en *be + V-ing*, le locuteur ajoute une information. Comme pour le présent en *be + V-ing*, il insiste sur le fait que **l'action est en cours de déroulement**. On utilise cette forme :

• Pour parler d'une action qui a des **traces visibles au présent**.

You've been running, you're sweating! *Tu as couru, tu transpires !*

- Pour parler d'une action qui a commencé dans un passé non déterminé et dont on indique qu'elle continue dans le présent.

It **has been snowing** all day. *Il a neigé toute la journée.* [Et il neige toujours.]

- Pour insister sur la **durée** de l'action.

I **have been waiting** for you for an hour!

Cela fait une heure que je t'attends !

- Pour marquer son **énervement** ou son **irritation** par rapport à une action qui se répète.

John! You've **been playing** computer games again!

John ! Tu as encore joué sur l'ordinateur !



Certains verbes, qui ne décrivent pas une activité et donc ne peuvent être associés ni à une durée, ni à un déroulement, sont quasiment incompatibles avec la forme en *be + V-ing* : verbes d'état, verbes décrivant une action très ponctuelle (*start, finish...*).

PIÈGES ET DIFFICULTÉS

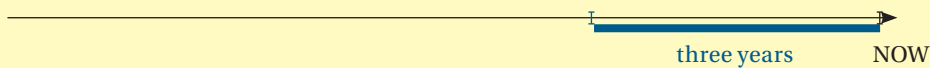
For et since

Ne confondez pas *for* et *since*, qui peuvent tous deux se traduire par « depuis » et sont accompagnés d'une forme en *have + participe passé*.

■ For + durée

They have known her **for three years**.

Il y a trois ans qu'ils la connaissent / Ils la connaissent depuis trois ans.

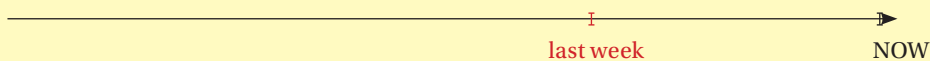


■ Since + moment précis du passé

I haven't walked in this forest **since last week**.

Il y a / Cela fait une semaine que je ne me suis pas promené(e) dans cette forêt.

Je ne me suis pas promené(e) dans cette forêt depuis la semaine dernière.



4

Le past perfect

A Le past perfect simple

- **Formes** : *had + participe passé*

She said she **had** already **made** up her mind. *Elle a dit qu'elle avait déjà pris sa décision.*

- **Emplois**

- Le *past perfect* s'utilise pour parler d'une action **antérieure** à une action passée.

When I came into the meeting room, it was empty: everybody **had gone** home.

Quand je suis entré dans la salle de réunion, elle était vide : tout le monde était rentré chez soi.

- Il s'utilise après *if (only), I wish, I would rather*, pour exprimer le **regret**.

If only I **hadn't been** so stupid!

Si seulement je n'avais pas été aussi stupide !

I'd rather you **had told** me before.

J'aurais préféré que tu m'en parles avant.



Pour exprimer le souhait, on utilisera le prétérit. La situation se déroule maintenant, elle n'est pas résolue, il n'est pas trop tard !
I wish he cared more about me.
J'aimerais qu'il fasse plus attention à moi.

B Le past perfect en *be + V-ing*

■ **Formes :** *had + been + V-ing*

Then I realised he **had been acting** like a fool.

J'ai alors pris conscience qu'il s'était comporté comme un idiot.

■ **Emplois**

• Son emploi est similaire à celui du *present perfect* en *be + V-ing*, mais on situe l'action par rapport à un moment déterminé du **passé**.

He **had been speaking** for about an hour when he suddenly realised that nobody was listening.

Il parlait depuis environ une heure quand soudain il prit conscience que personne n'écoutait.

• On l'utilise donc :

- quand on est dans un contexte passé, à cause de la **concordance des temps** (*past*) ;
- quand on fait un **bilan**, que l'on envisage les conséquences de l'activité sur le présent du récit (*perfect*) : avec *for, since...* ;
- quand l'action était encore **en cours de déroulement**, pour insister sur la **durée** et marquer parfois son **énervement** (*be + V-ing*).

EXERCICES D'APPLICATION

EXERCICE 1

Soulignez la proposition qui convient en fonction du contexte. Justifiez votre choix.

1. Tom!... Tom!! (What do you do? / What are you doing?)
2. I'm fed up with your behaviour. You (always say / are always saying) silly things!
3. Glad to hear you've got a new job. What about Tom? What (does he do / is he doing)? (Does he work / Is he working) or is he still unemployed?
4. My brother (plays / is playing) the violin every evening and he (gets / is getting) better and better.

EXERCICE 2

Mettez les verbes entre parenthèses au prétérit simple ou en *be + V-ing*.

The Genesis of *Peter Pan*

James Barrie (be born) in Scotland in 1860. He (want) so much to be like his brother David, who had died at 14, that he (stop) growing at the same age. One day, as he (work) on a play in Kensington Gardens, he (meet) Llewelyn Davis's boys, with whom he (become) friends. When their parents (die) of cancer, he (adopt) them. He (lose) a lot of money in unsuccessful plays when he (write) *Peter Pan*, which immediately (become) a great success.

EXERCICE 3

Mettez le verbe entre parenthèses au *present perfect* (simple / en *be + V-ing*) ou au *past perfect* (simple / en *be + V-ing*).

1. I (work) on that survey for over a week when my boss suddenly realised that he (give) me the wrong figures.
2. They (live) in this city for ten years, it will be difficult for them to move.

3. My uncle told me he (already / be) to Mexico, but I didn't believe him: I (see) any pictures from Mexico in his photo album so far.
4. I could see Kim was fed up with that survey: she (try) to find information about bus services in Los Angeles and (not / manage) to meet anyone who could tell her anything about them.

CORRIGÉS

EXERCICE 1

1. What are you doing? (Tom est appelé deux fois, il ne répond pas : le locuteur est visiblement énervé. On pourrait traduire ici par : « Qu'est-ce que tu fabriques ? »)
2. are always saying (irritation, reproche)
3. What is he doing? Is he working...? (On se demande si sa situation a changé récemment.)
4. plays (habitude, pas d'irritation ici puisque le jugement apporté dans la phrase qui suit est positif) • is getting (transformation, insistance sur une action en cours de déroulement)

EXERCICE 2

James Barrie **was born** in Scotland in 1860. He **wanted** so much to be like his brother David, who had died at 14, that he **stopped** growing at the same age. One day, as he **was working** on a play in Kensington Gardens, he **met** Llewelyn Davis's boys, with whom he **became** friends. When their parents **died** of cancer, he **adopted** them. He **was losing** a lot of money in unsuccessful plays when he **wrote** *Peter Pan*, which immediately **became** a great success.

EXERCICE 3

1. I **had been working** (contexte passé, bilan de durée) on that survey for over a week when my boss suddenly realised that he **had given** (il a donné les mauvais chiffres avant d'en prendre conscience !) me the wrong figures.
2. They **have lived** / **have been living** in this city for ten years, it will be difficult for them to move.
3. My uncle told me he **had already been** (contexte passé, bilan) to Mexico, but I didn't believe him: I **haven't seen** (cette fois le bilan est présent) any pictures from Mexico in his photo album so far.
4. I could see Kim was fed up with that survey: she **had been trying** (contexte passé, insistance sur la durée) to find information about bus services in Los Angeles and **had not managed** (*manage est ponctuel : il n'est guère compatible avec be + V-ing*) to meet anyone who could tell her anything about them.

3

L'expression de l'avenir
et de la modalité

LES AUXILIAIRES MODAUX servent à exprimer le **jugement** que le locuteur porte sur une action. Ils peuvent aussi intervenir dans l'expression de l'**avenir**.

1 L'expression de l'avenir

A **Will et shall**

■ **Formes** : *will / shall (+ not) + V*

I won't (= will not) go.

Shall I close the door? They **will be** cold if I don't.

■ *Will* et *shall* sont des modaux. À l'expression de l'avenir s'ajoutent donc souvent des nuances telles que la volonté, l'ordre, la menace.

👉 Même si *will* peut avoir une nuance de volonté, le verbe « vouloir » se traduit par *want to + V*.

👉 *Will* n'est jamais contracté lorsqu'il est dans une question ou employé seul, dans un tag par exemple.
Will John be there? Yes, he will. John sera là ? Oui.

• *Will* → volonté

I won't go. *Je n'irai pas* [car je ne veux pas y aller].

• *Shall* → détermination, menace, ordre (contexte littéraire)

You shan't disobey. *Tu ne désobéiras pas !* [Sinon gare à toi !]

■ **'ll** est à la fois la contraction de *will* et de *shall*. Il s'emploie de plus en plus souvent pour exprimer simplement le futur.

■ *Will* et *shall* peuvent être accompagnés...

• De *be + V-ing* pour indiquer que l'action à venir sera encore en cours de déroulement, ou pour insister sur sa durée.

I will be basking in the sun on the beach at this time next week.

La semaine prochaine à la même heure, je serai en train de lézarder au soleil sur la plage.

• De *have + participe passé* pour indiquer que l'action sera terminée.

I will have finished at 8 o'clock, I hope. *J'aurai terminé à 8 heures, j'espère.*

B **Autres structures**

■ **Présent simple** → L'information est **brute**, factuelle, sans commentaire.

That's true, I go to Japan next Summer. *C'est vrai, je vais au Japon l'été prochain !*

■ **Présent en *be + V-ing*** → L'événement à venir est tellement **certain** que c'est comme s'il se produisait déjà.

"I can't look after Rex next week. I am leaving tomorrow you know."

Je ne peux pas m'occuper de Rex la semaine prochaine. Tu sais bien que je pars demain.

■ ***Be going to + V*** → L'événement à venir, souvent associé à une **intention**, découle logiquement des circonstances.

They are going to visit Temple Bar once they are in Dublin.

Ils vont visiter / Ils ont l'intention de visiter le quartier de Temple Bar quand ils seront à Dublin.

■ ***Be about to + V*** → L'événement est **imminent**, sur le point de se produire.

He is about to tell the whole truth.

Il est sur le point de dire toute la vérité.

■ ***Be to + V*** → L'événement est **planifié**, organisé (un des sens de « devoir » en français). Contrairement à *be + V-ing*, *be to + V* réfère à un événement prévu, plus contraignant, qui peut être imposé au sujet.

The Prime Minister is to meet his Russian counterpart next Thursday.

Le Premier Ministre doit rencontrer son homologue russe jeudi prochain.



• Après les subordonnants de temps *when, as soon as, until* et *once*, l'anglais utilise le présent quand le français utilise le futur.

I will go to that club when they invite me.
J'irai à ce club quand ils m'inviteront.

• Quand *when* est interrogatif, *will* est possible.

When will he make up his mind?

Quand prendra-t-il sa décision ?

C L'expression de l'avenir dans un récit au passé

Would + V (*would* est le prétérit de *will*) s'emploie pour parler, à l'intérieur d'un cadre passé, d'une action envisagée dans l'avenir. En français, on utilise le conditionnel.



2 La modalité

A Les caractéristiques générales des modaux

■ Les modaux indiquent la manière dont le locuteur considère l'action dont il parle. Il peut la juger **possible ou impossible, autorisée ou interdite, obligatoire, certaine ou incertaine...**

■ Sont des modaux : *can, could, shall, should, will, would, must, may* et *might*.

• Forme affirmative : modal + V

He must work. Il faut qu'il travaille.

• Forme négative : modal + *not* + V

You might not find it. Il se pourrait que tu ne le trouves pas.

• Forme interrogative : modal + sujet + V

Can he come? Il peut venir ?

■ Les modaux sont invariables. Ils ne prennent pas le **-s** de la 3^e personne du singulier !



Need peut s'employer comme un verbe ordinaire mais aussi comme un modal à la forme négative.

La modalité peut aussi être exprimée grâce à des formes verbales ordinaires.
You are not allowed to say a word. Vous n'avez pas le droit de dire le moindre mot.
Elles sont particulièrement utiles là où le modal n'a pas de forme correspondante, par exemple pour exprimer l'avenir.

B La capacité

	capacité	incapacité
modal au présent	can I can swim very well. Je sais très bien nager.	cannot = can't Can't you say something? Tu n'as vraiment rien à dire ?
modal au passé	could I could go climbing if I had my boots. Je pourrais faire de la randonnée en montagne si j'avais mes chaussures. [conditionnel] In the past, I could run much faster. Avant, je pouvais courir bien plus vite. [capacité passée]	could not = couldn't I couldn't drive so fast. Je ne pourrais pas conduire aussi vite. [conditionnel] I couldn't see anything. Je n'ai rien pu voir. [incapacité passée]
équivalents	be able to + V He was utterly unable to say who was who. Il était totalement incapable de dire qui était qui.	be unable to + V / not be able to + V I'm sure he won't be able to break the record. Je suis sûre qu'il ne réussira pas à battre le record.

Distinguez la capacité de la permission, toutes deux exprimées en français par le verbe « pouvoir ».

I **can** run one mile in less than ten minutes.

Je peux courir un kilomètre et demi en moins de dix minutes. [capacité]

She **can** smoke if she wants to. Elle peut fumer si elle veut. [permission]

C La permission

	permission	interdiction
modal au présent	can Can I come with you? Je peux venir avec toi ? may May I open the window? Puis-je ouvrir la fenêtre ? [l'autorisation dépend du locuteur]	cannot = can't Sorry, you can't smoke here. Désolé, on ne fume pas ici. may not You may not speak here. Il est interdit de parler ici.
modal au passé	could I could do whatever I liked when I was a child. Quand j'étais enfant, je pouvais faire tout ce que je voulais. [permission dans le passé]	could not = couldn't I couldn't smoke until I was 18. Je n'ai pas eu le droit de fumer jusqu'à 18 ans. [interdiction dans le passé]

	permission	interdiction
équivalents	<p>be allowed to + V</p> <p>He was allowed to leave earlier when he worked in that firm. Il avait le droit de partir plus tôt quand il travaillait dans cette entreprise.</p>	<p>be forbidden to + V / not be allowed to + V</p> <p>They will not be allowed to / will be forbidden to take their dog along with them when they fly to Japan. Ils n'auront pas le droit de prendre leur chien avec eux quand ils iront au Japon en avion.</p>

Même si en français on les traduit souvent par « pouvoir », ces structures n'ont pas le même sens.

- **You may stay.** Tu peux rester. [C'est moi qui t'y autorise.]
- **You can stay.** Tu peux rester. [C'est possible si tu le souhaites.]
- **You are allowed to stay.** Tu peux rester. [C'est autorisé par autrui, un règlement, par exemple.]

Deux auxiliaires de modalité ne peuvent pas se suivre. Avec **will** pour exprimer le futur, on doit avoir systématiquement recours aux formes verbales équivalentes pour exprimer la capacité : **be (un)able** ou la permission : **be allowed to**.

When I am 15, I **will be allowed to** go out on my own. Quand j'aurai 15 ans, je pourrai sortir seul.

D L'obligation

	obligation	absence d'obligation
modal	<p>must</p> <p>She must leave London before 2 o'clock tomorrow. Il faut qu'elle quitte Londres d'ici demain 2 heures.</p>	<p>need not = needn't</p> <p>You needn't worry. Inutile de t'inquiéter.</p>
équivalents	<p>have to + V have got to + V</p> <p>She said she had to leave London immediately. Elle a dit qu'elle devait quitter Londres immédiatement.</p>	<p>not need to + V not have to + V</p> <p>You don't have to stay if you don't want to. Tu n'as pas besoin de rester, si tu ne veux pas.</p>

Il y a au présent une différence de sens entre **must** et **have to**.

You must go. Tu dois partir. [C'est moi qui le veux.]

You have to go. Il faut que tu partes.

[C'est une autre personne, ou les circonstances, qui l'imposent.]

E Le conseil

modal	<p>should (not)</p> <p>You shouldn't listen to them. Tu ne devrais pas les écouter.</p>
formes verbales	<p>had better + V</p> <p>You'd better forget it! Tu ferais mieux d'oublier ça.</p>

■ **Ought (not) to + V** peut aussi exprimer un conseil qui se réfère non pas au jugement personnel du locuteur mais aux conventions sociales.

You ought to apologise. *Tu devrais t'excuser.*

■ **Should + have + participe passé** peut être employé pour exprimer un regret au passé.

I shouldn't have said that. *Je n'aurais pas dû dire cela.*

PIÈGES ET DIFFICULTÉS

L'expression de la probabilité

Deux Londoniens se demandent où est leur amie.

She **might be in Paris, but honestly I don't think so.**

Elle est peut-être à Paris, mais honnêtement je ne crois pas. [Faible probabilité.]

She **may be in Paris, it wouldn't be surprising.**

Peut-être est-elle à Paris, ce ne serait pas surprenant. [Probabilité moyenne.]

She **can't be in Paris, I've just seen her in London!**

Ce n'est pas possible qu'elle soit à Paris, je viens de la voir à Londres! [Certitude négative.]

She **could be in Paris, she always spends her holidays abroad.**

Il se pourrait bien qu'elle soit à Paris, elle passe toutes ses vacances à l'étranger.

[Probabilité logique.]

She **should be in Paris by now, she left Heathrow an hour ago.**

Elle devrait être arrivée à Paris, elle a décollé de l'aéroport d'Heathrow il y a une heure.

[Déduction logique.]

She **must still be in Paris, she said she'd be back next week.**

Elle est sûrement encore à Paris, elle a dit qu'elle reviendrait la semaine prochaine.

[Quasi-certitude.]

EXERCICES D'APPLICATION

EXERCICE 1

Choisissez parmi les valeurs de futur proposées, puis traduisez.

1. Je suis sur le point d'abandonner.

Information factuelle

Événement imminent

Événement planifié

2. Je ne peux pas venir, je dois aller à Londres pour voir ma tante, elle a besoin de moi.

Événement organisé, contraignant

Intention

Événement imminent

3. Il visite une nouvelle maison demain.

Intention

Information factuelle

Événement imminent

EXERCICE 2

Identifiez la modalité exprimée par le modal en gras, puis complétez ces phrases en fonction du contexte.

Exemple : You **may** go out. *But you're lucky: when I was young, I go out at night.*

Permission • You **may** go out. *But you're lucky: when I was young, I **wasn't allowed to** (ou **couldn't**) go out at night.*

1. I **can** swim for one hour now, but when I was younger, I swim for so long.
2. She **can't** smoke here, but if she goes out of the office, she smoke if she wants to.
3. They **must** do what they are told, but when they are older, they obey orders like that.
4. I **needn't** go to work, now that I have retired, but in the past, believe me, I work very hard!

EXERCICE 3

Modal + have + participe passé ou modal + be + V-ing ? Complétez avec la forme qui convient.

1. He said he would be back at 8. It's 9, he isn't back home yet. I wonder what he (do).
2. "I told him I didn't want him to come." "You (say) that! That's stupid!"
3. "Why does Lucy look so sad today?" "She (realise) that Tom would never come back."
4. "What is Phil doing?" "I don't know, but as his mother asked him to tidy his bedroom, that is what he (do)."

CORRIGÉS

EXERCICE 1

1. I am **about** to **abandon** / give up. (*évènement imminent*)
2. I can't come, I **am to go** to London, (in order) to see my aunt, she needs me. (*évènement organisé, contraignant*)
3. He **visits** a new house tomorrow. (*information factuelle*)

EXERCICE 2

1. I can [**capacité**] swim for one hour now, but when I was younger, I **couldn't** (ou **wasn't able to**) swim for so long.
2. She can't [**interdiction**] smoke here now, but if she goes out of the office, she **will be allowed to smoke** (*but indique un contraste*) if she wants to.
3. They must [**obligation**] do what they are told, but when they are older, they **will not have to** obey (*but indique un contraste*) orders like that.
4. I needn't [**absence d'obligation**] go to work, now that I have retired, but in the past, believe me, I **had to** work (*but indique un contraste*) very hard!

EXERCICE 3

1. He said he would be back at 8. It's 9, he hasn't come back home yet. I wonder what he **can be doing**.
2. "I told him I didn't want him to come." "You **can't have said** that! That's stupid!"
3. "Why does Lucy look so sad today?" "She **must have realised** that Tom would never come back."
4. "What is Phil doing?" "I don't know, but as his mother asked him to tidy his bedroom, that is what he **must be doing**."

4

Les subordonnées
et le discours indirect

EN SECONDE, il faut progressivement apprendre à construire des phrases complexes et à recourir à des propositions subordonnées.

1 Les subordonnées en *that*. Le discours indirectA Les subordonnées en *that* ou \emptyset

■ Certains verbes comme *think, feel, believe* introduisent des subordonnées en *that* ou \emptyset . Ces structures sont équivalentes, mais on utilise plutôt \emptyset à l'oral.

I don't think \emptyset you should accept this. Je ne pense pas que tu devrais accepter.

I am convinced that she didn't tell the truth about Laura.

Je suis convaincu(e) qu'elle n'a pas dit la vérité au sujet de Laura.

■ « Que » conjonction ne se traduit pas systématiquement par *that* / \emptyset . C'est le cas notamment quand il fonctionne avec un comparatif ou une structure s'y apparentant.

Je préfère aller là-bas plutôt que de rester à la maison. I'd rather go there than stay at home.

B Le discours indirect ou rapporté

■ Dans le discours indirect (ou rapporté), on rapporte des paroles prononcées.

At last she spoke to me. When she addressed the first words to me I was so confused that I did not know what to answer. She asked me was I going to Araby. I forget whether I answered yes or no. It would be a splendid bazaar, she said; she would love to go.

James Joyce, "Araby", in *Dubliners*, 1914, Penguin 20th century Classics.

■ La concordance des temps

Le plus souvent, le passage au discours indirect implique une adaptation des temps (concordance).

discours direct	discours indirect au passé
présent simple "I work here."	prétérit simple He said he worked there.
présent en <i>be</i> + <i>V-ing</i> "I am reading."	prétérit en <i>be</i> + <i>V-ing</i> He told me he was reading.
<i>present perfect</i> simple "I have finished."	<i>past perfect</i> simple He said he had finished.
<i>present perfect</i> en <i>be</i> + <i>V-ing</i> "I have been running."	<i>past perfect</i> en <i>be</i> + <i>V-ing</i> He answered he had been running.

discours direct	discours indirect au passé
prétérit simple "I saw him."	<i>past perfect simple</i> He asserted he had seen him.
prétérit en <i>be + V-ing</i> "I was gardening at 8 o'clock."	<i>past perfect en be + V-ing</i> He said he had been gardening at 8 o'clock.
<i>past perfect simple / en be + V-ing</i> "I had never seen anything so beautiful!"	<i>past perfect simple / en be + V-ing</i> He said he had never seen anything so beautiful.
<i>will</i> "I will see her tomorrow."	<i>would</i> He replied he would see her the next day.
<i>can</i> "I can't stay."	<i>could</i> She said she couldn't stay.
<i>may</i> (probabilité) "She may be there."	<i>might</i> He said she might be there.
<i>must</i> (obligation) "You must come with me."	<i>had to</i> She told me I had to go with her.

■ Les pronoms et les marqueurs de temps et de lieu changent en fonction du locuteur.

• Les pronoms

"I stopped wearing **this** sweater **last year**," John said.

John said **he** had stopped wearing **that** sweater **the year before**.

• Les marqueurs de temps

Last... → The previous... / The... before

Next... → The next / following...

• Les marqueurs de lieu

This... → That...

Here → There si les paroles ne sont pas prononcées au même endroit.

"There is nobody **here**," he answered. « Il n'y a personne ici, » répondit-il.

He answered that there was nobody **there**. Il répondit qu'il n'y avait personne là-bas.



Les verbes introducteurs

He said (to me) (that)... Il (m') a dit que...

He told me (that)... Il m'a dit que...

He asked (me) if... Il (m') a demandé si...

He answered / replied / retorted (that)...

Il répondit / répliqua / rétorqua que...

He claimed (that)... Il déclara que...

He asserted (that)... Il affirma que...

TRANSPOSER DES PHRASES INTERROGATIVES OU IMPÉRATIVES AU DISCOURS INDIRECT

■ Les phrases interrogatives

Quand on rapporte une question, l'ordre de la phrase affirmative est rétabli dans la subordonnée, ce qui est normal puisqu'il ne s'agit plus d'une question.

Les mots introducteurs varient selon le type de question.

- Dans les *Wh- questions*, le pronom interrogatif devient subordonnant.

"What **did** you **bring**?"
pronom interrogatif auxiliaire sujet verbe

Qu'as-tu apporté ?

She asked him what **he** **had** **brought**.
subordonnant sujet auxiliaire verbe

Elle lui a demandé ce qu'il avait apporté.

- Pour les *Yes / no questions*, on utilise le subordonnant *if / whether* (si).

“**Are** **you** **going to New York next week?**”
auxiliaire sujet verbe

Vas-tu à New York la semaine prochaine ?

She asked me *if / whether* **I** **was** **going** to New York the following week.
subordonnant sujet auxiliaire verbe

Elle m'a demandé si j'allais à New York la semaine suivante.

■ Les phrases impératives

Quand on rapporte une phrase impérative, on emploie les verbes *tell / ask / beg / implore / order (+ not) + to + V*. Attention à la place de *not avant to*.

“Don't say anything about it!”

He **told** them **not to say** anything about it.

2 Les subordonnées relatives

Les propositions relatives complètent un nom. Elles sont introduites par un pronom relatif qui représente ce nom (**l'antécédent**) dans la relative.

A man is standing near the counter. I have already seen him.

Un homme est debout près du comptoir. Je l'ai déjà vu.

[Ces deux propositions sont indépendantes.]

*I have already seen the man **who** is standing near the counter.*

antécédent pronom relatif
 proposition relative

A Comment choisir le pronom relatif ?

■ En anglais, pour choisir le relatif, il faut savoir si l'antécédent est animé (humain, animal auquel on est attaché) ou inanimé (objet).

- Antécédent animé

pronom relatif sujet

who / that

*I met a physiotherapist **who / that** had already worked for Manchester United.*

J'ai rencontré un kinésithérapeute qui avait déjà travaillé pour MU.

pronom relatif complément


who / ø / that / whom

*The teacher **who / ø / that / whom** I had last year has retired.*

Le professeur que j'ai eu l'année dernière a pris sa retraite.

- Antécédent inanimé

pronom relatif sujet
which / that Don't take the book which / that is on the shelf, it's mine. <i>Ne prends pas le livre qui est sur l'étagère, c'est le mien.</i>
pronom relatif complément
which / ø / that Here is a picture of the house which / that / ø I have just bought. <i>Voici une photo de la maison que je viens d'acheter.</i>

 Lorsque le pronom relatif est complément d'un verbe prépositionnel (verbe + préposition), celle-ci est rejetée à la fin de la relative.
I eventually found the book which / that / ø I was looking for.
J'ai fini par trouver le livre que je cherchais.

■ Autres pronoms relatifs

- *Which* peut reprendre une proposition entière.
He said that he was sorry, which really surprised me.
Il a dit qu'il était désolé, ce qui m'a réellement surpris.
[Notez la présence de la virgule. Seul *which* est possible.]
- « Ce qui », « ce que » peut aussi se traduire par *what*.
What counts is what I'm telling you.
Ce qui compte, c'est ce que je suis en train de te dire.
- Deux autres relatifs souvent oubliés : *when* et *where*.
This is just the place where such a subject should be debated.
C'est précisément le lieu où l'on doit débattre d'un tel sujet.
I'll always remember the day when I met her.
Je me souviendrai toujours du jour où je l'ai rencontrée.

B La traduction de « dont »

- Pour traduire « dont » quand il exprime la possession, on utilise *whose*.

Attention : l'objet « possédé » suit directement *whose*.

C'est l'homme dont j'ai conduit la voiture hier. This is the man whose car I drove yesterday.

- « Dont » ne marque pas toujours la possession ! Il ne se traduit donc pas toujours par *whose* / *of which*.

Voici le monument dont je t'ai parlé. This is the monument that / which / ø I told you about.

[Je t'ai parlé d'un monument : parler à qqn de qqch. = *tell sb about sth*]

3 Les subordonnées circonstancielles

Une proposition subordonnée dépend d'une proposition principale.

Une subordonnée circonstancielle donne des informations sur les circonstances de l'action exprimée dans la principale.

A Les subordonnées de temps

- Actions simultanées avec *when*, *while* et *as*

When he came in, he immediately noticed something was wrong.

Quand il entra, il remarqua immédiatement que quelque chose n'allait pas.

- **Actions consécutives avec *before* ou *after***
He decided to take a break **after** he had finished his job.
*Il décida de faire une pause **après** avoir fini son travail.*
- Un des événements est un **point de départ ou d'arrivée**.
As soon as he saw her, he remembered his youth.
*Dès **qu'**il la vit, il se rappela sa jeunesse.*
- Action potentiellement **répétitive**
You may come **whenever** you want.
*Tu peux venir **chaque fois que** tu le désireras / quand tu veux.*

B Les subordonnées de cause, conséquence, but et concession

- **Cause avec *because*, *as*, *since***
She wants to study this possibility **because** she finds it interesting.
*Elle veut étudier cette éventualité **parce qu'**elle la trouve intéressante.*
- **Conséquence**
 - **So (*that*) + proposition**
It was raining, **so (*that*)** we eventually decided to stay indoors.
*Il pleuvait, **de sorte que** nous avons fini par décider de rester à l'intérieur.*
 - **So + adjectif + *that* + proposition**
He was **so clever *that*** there was no way to trap him.
*Il était si malin **qu'**il n'y avait aucun moyen de le piéger.*
 - **Such + groupe nominal + *that* + proposition**
He is **such an original guy *that*** everybody comes to like him.
*C'est un gars si original **que** tout le monde en vient à l'aimer.*
- **But**
 - Certains subordonnants (*so that*, *in order that*...) introduisent une proposition dont le verbe fonctionne avec un **modal** (*can*, *could*, *may*, *might*, *should* ou *would*).
I asked her to join us **so that** you **may** know what she thinks of it.
*Je lui ai demandé de nous rejoindre **afin que** tu saches ce qu'elle en pense.*
 - D'autres, parce qu'ils expriment une visée, sont suivis d'une proposition infinitive introduite par *to*, *in order to*, *for*, *so as to*.
I have come **to** apologise. Je suis venu **pour** m'excuser.
He switched the television on **for** her **to watch** her favourite programme.
*Il alluma la télévision **afin qu'**elle regarde son émission préférée.*
- **Concession**
La concession est le fait d'envisager deux actions, a priori contradictoires, comme compatibles.
She never takes time to see her relatives, **though / although** she loves her children and her grandchildren.
Elle ne prend jamais le temps de voir sa famille bien qu'elle adore ses enfants et ses petits-enfants.
Even if / Even though you gave me this coat, I wouldn't take it! It's too ugly.
Même si tu me le donnais, ce manteau, je n'en voudrais pas ! Il est trop laid !

C Les subordonnées de condition

■ Subordonnants

- **If** est le subordonnant de condition le plus courant.
If I were you, I would accept this solution. *Si j'étais toi, j'accepterais cette solution.*
- **Unless** a un sens négatif (*if... not*).
He will not come, unless you invite him. *Il ne viendra pas, à moins que tu ne l'invites.*
[= *He will not come if you don't invite him.*]
- **Provided (that)** et **on condition (that)** ont un sens exclusif (*if and only if*).
The Prime Minister will attend the meeting provided that / on condition that the U.N.O. issues a declaration to the press. *Le Premier Ministre assistera à la réunion à condition que l'ONU fasse une déclaration à la presse.*

■ Emplois

- Lorsque la **condition peut encore être réalisée** on utilise **if + présent** et **will** dans la principale.

If he comes, she will certainly be very happy. *S'il vient, elle sera sûrement très heureuse.*

- Lorsque la **condition n'est pas réalisée dans le présent** (irréel du présent) on utilise **if + prétérit** et **would** dans la principale.

He would be sorry if he knew how much he has hurt her. *Il serait désolé s'il savait combien il l'a blessée.*

Be au prétérit se conjugue : *I was, you were, he was...* Mais on trouve souvent *were* au lieu de *was* après *I* ou *he / she* dans la structure *If I / he were you...* **et uniquement dans ce cas.**

If I were you, I would apologise. *Si j'étais toi, je m'excuserais.*

- Lorsque la **condition ne s'est pas réalisée dans le passé**, il est trop tard. On utilise **if + past perfect** et **would have + participe passé** dans la principale.

If he had known, he wouldn't have gone there. *S'il avait su, il ne serait pas allé là-bas.*

EXERCICES D'APPLICATION

EXERCICE 1

Complétez ces trois textes en mettant les verbes entre parenthèses à la forme qui convient.

1. Prince Charles is considering changing his name when he becomes King. If he (keep) his first name Charles when he becomes a monarch, he (become) known as Charles III, which people believe is jinxed (*porte la poisse*). If he (change) his name, he (be known) as George VII.

2. "Laura... Paul has proposed to me. Do you think I should accept?" "I don't think he really loves you. If he really (love) you, he (not / kiss) that other girl you told me about. I don't think you should accept, unless you really (trust) him." "If I (not / trust) him, I (not / be) with him any more." "Well, if I (be) you, I (refuse)."

3. Oh how I regret telling George he was nasty (*méchant*)! If I (know), I (never / say) that! Now he doesn't want to speak to me anymore! He says he (not / speak) to me anymore unless I (apologise).

EXERCICE 2

Rapportez au passé cet échange entre Martin Savidge, un journaliste de CNN, et Gerald Strober, un biographe de la famille royale d'Angleterre.

Diana's memory

Le sujet est le souvenir laissé par la princesse Diana.

M. Savidge: Gerald, is [Lady Diana's] memory still intact? [...]

G. Strober: Well, [...], the emotion has waned. There are some who are Diana diehards¹, who will to their last breath, remember her, love her, adore her. There are many people in the British establishment, many people who we interviewed, who were very upset with Diana for the feeling that she had tried to upset the royal apple cart² and embarrass the royal family and the palace and the Queen. So I think these feelings will go on into the indefinite future. And the camps will remain divided.

<http://transcripts.cnn.com/> August 31, 2002.

1. *diehard* : pur et dur • 2. *upset the (royal) apple cart* : semer le trouble

CORRIGÉS

EXERCICE 1

1. Prince Charles is considering changing his name when he becomes King. If he **keeps** his first name Charles when he becomes a monarch, he **will become** known as Charles III, which people believe is jinxed. If he **changes** his name, he **will be known** as George VII.

(Charles I^{er} fut exécuté en 1649 après une guerre civile qui l'opposa aux Puritains de Cromwell.

To know more about Charles I of England: <http://www.royal.gov.uk/HistoryoftheMonarchy/HistoryoftheMonarchy.aspx>)

2. "Laura... Paul has proposed to me. Do you think I should accept?" "I don't think he really loves you. If he really **loved** you, he **wouldn't have kissed** (*fait référence à un événement passé - wouldn't kiss signifierait qu'il a l'habitude de l'embrasser*) that other girl you told me about. I don't think you should accept, unless you really **trust** him." "If I **didn't trust** him, I **wouldn't be** with him any more." "Well, if I **were** you, I **would refuse**."

3. Oh how I regret telling George he was nasty! If I **had known**, I **would never have said** that! Now he doesn't want to speak to me any more... He says he **won't speak** to me any more unless I **apologise**.

EXERCICE 2

Diana's memory

Savidge asked Gerald Strober if Lady Diana's memory **was** still intact. Gerald answered (that) the emotion **had waned**. He said there **were** some who **were** Diana diehards, who **would** to their last breath remember her, love her, adore her. He added there **were** many people in the British establishment, many people who they **had interviewed**, who **had been** very upset with Diana for the feeling that she **had tried** to upset the royal apple cart and embarrass the royal family and the palace and the Queen. So he said he **thought** these feelings **would go** on into the indefinite future, and the camps **would remain** divided.



EN SECONDE, on vous entraîne à répondre à des questions de compréhension sur un texte et à traiter des sujets d'expression dans la perspective du bac. Ces exercices sont nouveaux pour vous. Pour les réussir, vous devez, pour commencer, bien comprendre les consignes.

1 Les questions de compréhension sur un texte

A Recommandations générales

■ Les questions de compréhension vont toujours **du plus global au plus détaillé**. Pour y répondre, les éléments périphériques (photos, documents d'accompagnement, nom de l'auteur, etc.) peuvent vous apporter de précieux indices.

■ Les premières questions sont généralement très **simples** : *who? where? when? why? how?*

Il s'agit de situer les personnages (*characters*), le sujet (*topic*), l'action et les éléments caractéristiques.

■ Les questions suivantes sont **plus pointues**. Y répondre doit vous aider à comprendre les passages plus difficiles.

On vous demande par exemple :

- de repérer des informations du type *wh-questions* ;
- de trouver à qui ou à quoi se réfère un pronom ;
- de vérifier la véracité de certaines affirmations (*true/false* ou *right/wrong*) en justifiant votre réponse grâce à des citations qu'il faut sélectionner avec rigueur ;
- de trouver dans le texte des équivalents de mots connus.



Lisez le texte entièrement au moins une fois avant d'aborder les questions, et ne vous inquiétez pas si vous ne comprenez pas tous les détails : ce que vous avez compris peut suffire pour répondre aux questions.

B Quelques erreurs à ne pas commettre

■ **When does the scene take place?**

Ne pas dire **où** mais **quand** se situe l'action.

Bien lire les questions pour éviter les confusions, plus fréquentes qu'il n'y paraît, entre *who* et *where*, *when* et *where*...

■ **Focus on lines 39 to 43 and say how the characters react.**

Ne pas donner d'éléments pris en dehors des lignes indiquées.

Parler de **tous** les personnages mentionnés dans ces lignes (*characters*).

■ **Sum up the narrator's reaction in your own words.**

Ne pas reprendre des passages du texte : il faut résumer (*sum up*) avec vos **propres** mots.

■ **Pick out the word that illustrates the mother's anxiety.**

Ne pas citer plusieurs mots, ni un groupe de mots : seul **un** mot (*the word*) est attendu.

■ **True or false? Justify with one quotation from the next.**

- Ne pas oublier de **justifier** : un vrai / faux non justifié est systématiquement considéré comme une absence de réponse.
- Ne pas citer de phrases trop longues, ni de phrases tronquées, dépourvues de sens. Il faut sélectionner le groupe de mots le plus pertinent.

■ **List the characters actually present in the text.**

Ne pas citer ceux qui sont uniquement mentionnés (*actually present*: on vous demande ceux qui sont **réellement** là).

■ **Between line 5 and 15, find a synonym for hurt: ... / adored: ...**

Donnez des synonymes ayant la **même catégorie** grammaticale que ceux indiqués. La catégorie grammaticale des mots donnés doit vous aider à trouver leurs synonymes.

POUR COMPRENDRE LE VOCABULAIRE DES CONSIGNES



www.prepabac.com/media

■ Les mots clés

a character	<i>un personnage</i>	a phrase	<i>une expression</i>
a clue	<i>un indice</i>	a quotation	<i>une citation</i>
an event	<i>un événement</i>	the relationship	<i>la relation, le lien</i>
an excerpt	<i>un extrait</i>	a sentence	<i>une phrase</i>
an explanation	<i>une explication</i>	a statement	<i>une affirmation</i>
an extract	<i>un extrait</i>	a summary	<i>un résumé</i>
a grid	<i>une grille</i>	a topic	<i>un sujet, un thème</i>
the meaning	<i>la signification</i>	a translation	<i>une traduction</i>
to deduce	<i>déduire</i>	to quote	<i>citer</i>
to describe	<i>décrire</i>	to rephrase	<i>reformuler</i>
to explain	<i>expliquer</i>	to sum up	<i>résumer</i>
to fill in	<i>remplir</i>	to tick	<i>cocher</i>
to list	<i>faire une liste de</i>	to translate	<i>traduire</i>
to match	<i>faire correspondre</i>	to underline	<i>souligner</i>
to pick out	<i>choisir</i>	to use	<i>utiliser</i>

■ Les mots en situation

List the **characters** present in this passage.

Find out a **clue** and **deduce** where the scene takes place.

Describe the **relationship** between the two major **characters**.

Fill in the **grid** with the **events** in chronological order.

What **explanation** is given to Paul's absence?

Read the **extract** twice. Read this **excerpt** and **explain** who or what the "dodo" is.

Match each **sentence** with its **translation**.

Underline the quotation that best justifies your answer.

Pick out the **phrase** that best **sums up** the first paragraph.

Is this **statement** true or false? **Tick** the right box and **quote** the text when you can.

Rephrase this **sentence** differently, keeping the same **meaning**.

Choose the correct **translation**, without **using** a dictionary.

2 Les sujets d'expression

A Recommandations générales

■ Dans le travail d'expression écrite, on peut vous demander par exemple d'« écrire à la manière de » l'auteur étudié, de donner votre point de vue sur un thème, de partir de votre expérience personnelle ou de votre imagination.

■ Analysez toujours attentivement les **termes du sujet** pour savoir ce qui est attendu de vous. Il est souvent utile de commencer par les définir.

■ Veillez à respecter le nombre de mots demandé s'il est indiqué et à le noter sur votre copie.

➡ Pensez à réutiliser dans votre rédaction les éléments lexicaux et grammaticaux donnés par la consigne.

B Quelques erreurs à ne pas commettre

■ **Sally writes about her visit to London. Write her letter.**

Ne pas oublier la présentation selon le type de sujet : une lettre implique un destinataire (*an addressee*), un expéditeur, un échange, une signature...

■ **Imagine a dialogue between Joan and her father.**

Ne pas noyer le dialogue dans du récit. Si on vous demande un dialogue, il doit occuper l'essentiel de votre copie même si vous pouvez avoir besoin parfois de quelques lignes pour situer la scène.

■ **In your opinion, is our modern society tolerant? Give examples.**

Ne pas vous contenter de banalités : on vous demande un **point de vue personnel**. Analysez le sujet. Qu'est-ce que « notre société moderne » ? À quoi s'oppose-t-elle ? Vis-à-vis de quoi est-elle tolérante ? Ne pas oublier d'illustrer votre propos avec des exemples comme le demande la consigne.

■ **Does becoming a star imply losing one's personality?**

Ne pas se lancer dans le sujet de réflexion sans l'avoir bien compris et l'avoir analysé grammaticalement, notamment en repérant le sujet grammatical (*becoming a star*), le verbe (*imply*)... Cette question, qui contient trois formes verbales, signifie : « Est-ce que le fait de devenir une star implique forcément de perdre sa personnalité ? »

■ Les mots clés

a compound (word)	<i>mot composé</i>	the phrase	<i>l'expression</i>
the dictionary	<i>le dictionnaire</i>	a riddle	<i>une devinette</i>
the key word	<i>le mot clé</i>	a stress	<i>un accent (tonique)</i>
a language	<i>une langue</i>	a translation	<i>une traduction</i>
the meaning	<i>la signification</i>	a wording	<i>une formulation</i>
to check	<i>vérifier</i>	to look up	<i>chercher (dans le dictionnaire)</i>
to grope for words	<i>chercher ses mots</i>	to misunderstand	<i>mal comprendre</i>
to guess	<i>deviner</i>	to translate	<i>traduire</i>
to infer	<i>inférer, déduire</i>	meaningless	<i>dénué de sens</i>
fluently	<i>couramment</i>	obvious	<i>évident</i>
foreign	<i>étranger</i>		

■ Les mots en situation

- To find the **translation** of “computer network”, which is a **compound word**, you must **look “network” up** in the **dictionary**, because it is the key word.
- To speak a **foreign language fluently**, you have to work out how **stresses** and pronunciation work.
- You may **grobe for words** if you are not used to using the proper **phrases** or expressions.
- This is a **riddle** I bet I can **guess**.
- If you don’t understand the meaning of a word, use the context to **infer** it. Sometimes, it is more obvious than it seems at first glance! But you can always **translate** it if you want to **check**!
- If you **misunderstand** a sentence because of its incorrect **wording**, it may become utterly meaningless.

EXERCICE D'APPLICATION

Lisez les consignes suivantes et cochez ce que vous devez faire (plusieurs réponses sont parfois possibles).

1. Identify the type of document.

Vous devez

- dire qui sont les personnages
- dire s'il s'agit d'un extrait de roman, d'un article de journal...
- dire de quoi le document est extrait
- justifier votre réponse

2. What is the relationship between Tom and Robert? Support your answer with a clue from the text.

Vous devez

- faire la liste des personnages
- dire si Tom et Robert sont frères, amis...
- citer le texte pour justifier votre réponse
- être sûr qu'il y a un indice dans le texte

3. What is the main topic of this text?

Vous devez

- trouver dans le texte l'expression qui résume le texte
- faire la liste des sujets abordés par le texte
- trouver le sujet essentiel du texte

4. What is the genre of this passage?

Vous devez

- dire si vous trouvez le texte bien écrit
- trouver des phrases qui indiquent le ton des personnages
- dire s'il s'agit d'un roman, d'une pièce de théâtre, d'un article de presse...

5. Pick out three adjectives describing the main character.

Vous devez

- trouver dans le texte trois adjectifs
- inventer trois adjectifs

Ces adjectifs

- sont utilisés par
- s'appliquent
 - au personnage principal
 - aux principaux personnages

CORRIGÉS

1. Vous devez dire s'il s'agit d'un extrait de roman, d'un article de journal...
2. Vous devez dire si Tom et Robert sont frères, amis... / citer le texte pour justifier votre réponse.
3. Vous devez trouver le sujet essentiel du texte.
4. Vous devez dire s'il s'agit d'un roman, d'une pièce de théâtre, d'un article de presse...
5. Vous devez trouver dans le texte trois adjectifs. Ces adjectifs s'appliquent au personnage principal.

6

Comprendre le sens global d'un texte

www.prepabac.com/media

DANS L'ÉVALUATION de la compréhension écrite, en classe comme au baccalauréat, les questions portent d'abord sur le sens global du texte, ce qui permet de s'assurer que l'essentiel a été compris.

1

Faire une première lecture

■ Avant de vous plonger dans le texte, analysez ses éléments périphériques pour mieux cerner le **contexte** : images, genre et titre dont il est extrait (article de presse, roman, publicité), auteur, date de parution...

■ **Exemple** : On vous donne un article du journal *The Times* (quotidien britannique), paru le 27 janvier 2006, et intitulé : *Don't follow super-size Americans, says Prince*. Cet article est illustré d'une photographie représentant des gens obèses. Vous pourrez anticiper que le Prince dont il est question est le Prince Charles et que l'article parle de l'obésité en Grande-Bretagne, en particulier par rapport au modèle américain.

■ Lisez le texte sans vous focaliser sur les mots que vous ne connaissez pas. Au contraire, prenez appui sur le vocabulaire connu, la phrase de base (sujet / verbe / complément !) pour dégager le sens général. Les phrases clés vous permettent de répondre même si le reste vous semble obscur.

2

Répondre aux questions de base

A

Les six questions de base

■ Relisez le texte en vous posant, comme pour un texte en français, les six questions de base : *who? where? what? when? how? why?*

Repérez les paragraphes : ils marquent une **articulation** dans le texte. Les **mots de liaison** et transitions vous aideront à mieux saisir comment ils s'organisent.

■ **Who?**

• Qui sont les personnages ? Vous les repérez par leur prénom (*first / Christian name*) ou par leur nom de famille (*surname*) ou même encore par leur surnom (*nickname*).

Attention : un même personnage peut être désigné de plusieurs manières dans le texte... N'en faites pas pour autant plusieurs personnages distincts.

• Faites la distinction entre les personnages présents (qui agissent, parlent, dans le récit) et ceux qui ne sont que mentionnés. Ne prenez pas pour des personnages les noms qui figurent dans des interjections (*Jesus! Christ! God!*).

• Essayez de trouver les liens (familiaux, sentimentaux, professionnels) entre les personnages à l'aide d'indices du texte (*husband and wife / father and son / friends...*)

■ **Where?**

Le pays peut déterminer les faits culturels dont on vous parle : si un texte se déroule en Inde avant 1947, on comprendra que le pays est toujours sous administration britannique, ce qui n'est plus le cas après cette date.

■ **What?**

Trouvez de quels événements il est question dans le texte. En plus des phrases clés, aidez-vous aussi du ton général, du contexte.

■ **When?**

- Repérez la chronologie des événements, en vous aidant des mots de liaison, des adverbes... utilisés par le narrateur.
- Analysez les temps verbaux. En anglais, sauf dans de rares cas où le présent est employé (textes contemporains), le temps du récit est le prétérit. Un *past perfect* pourra par exemple indiquer un flashback.
- Le plus souvent, le récit est organisé de façon chronologique, mais certains éléments (verbes : *remember, recall...* ou prépositions / adverbes : *before, previously...*) peuvent indiquer une incursion dans le passé.
- L'auteur peut aussi choisir d'exposer préalablement la situation la plus récente puis de fournir des explications sur les causes. Le repérage des phrases clés vous aidera à distinguer les événements importants de ceux qui ne sont pas cruciaux pour l'action.

Les événements n'apparaissent pas forcément dans le texte dans l'ordre chronologique.

■ **How? Why?**

Trouvez comment et pourquoi les personnages agissent. Ces questions vous permettent de cerner leur personnalité, leur cohérence.

B Exemple commenté

Mr Brocklehurst s'entretient avec Miss Temple : il vient de découvrir lors d'une discussion avec l'intendante que ces deux dernières semaines on a servi deux fois du pain et du fromage aux jeunes filles de l'institution qu'il dirige.

"I find in settling accounts with **the housekeeper**, that a lunch, consisting of bread and cheese, has twice been served out to the girls during the past fortnight. How is this? I look over the regulations, and I find no such meal as lunch mentioned. **Who introduced this innovation? and by what authority?**"

"**I must be responsible for the circumstance, sir,**" replied Miss Temple : "**the breakfast was so ill-prepared that the pupils could not possibly eat it** ; and I dared not allow them to remain fasting¹ till dinner-time."

"Madam, allow me an instant. You are aware that **my plan** in bringing up these **girls is, not to accustom them to habits of luxury and indulgence**, but to render them hardy, patient, self-denying. Should any little accidental disappointment of the appetite occur, such as the spoiling of a meal, the under and the over-dressing of a dish, the incident ought not to be neutralized by replacing with something more delicate the comfort lost, thus pampering² the body and obviating the aim of the **institution**. [...]"

Mr Brocklehurst, standing on the hearth with his hands behind his back, majestically surveyed the whole **school**.

Charlotte Brontë, *Jane Eyre*, 1847, Penguin Classics.

1. fasting : *le jeûne* (breakfast : *on rompt le jeûne*) • 2. pamper : *dorloter*

■ Réponses aux questions de base

Vous remarquerez que les éléments de réponse donnés ci-dessous sont justifiés par des extraits qui ne contiennent **pas de vocabulaire difficile**. Ils apparaissent en **gras** dans le texte.

En d'autres termes, il n'est pas nécessaire de comprendre tous les mots du texte pour pouvoir en dégager les éléments essentiels.

- **Where?**

Il est question d'élèves (*pupils*), et même de filles (*girls*), de *school* et d'*institution* (école à caractère religieux ou orphelinat).

The scene takes place in a (boarding-)school.

- **Who?**

La nature du texte, un dialogue, facilite la réponse. Deux personnages sont face à face : *I* et Miss Temple, la première à être nommée ; elle a pu modifier les menus de l'école, c'est donc qu'elle y travaille. *I* est identifié à la fin du texte : c'est Mr Brocklehurst ; il demande des comptes, c'est donc le directeur de l'institution. L'intendante (*the housekeeper*) est uniquement mentionnée.

There are two characters present : Mr Brocklehurst, called "sir", the manager of the school, and Miss Temple, called "madam", who works there. The housekeeper is only mentioned.

- **When?**

Pas d'indication précise sur l'époque, mais la date de publication du roman, en plein XIX^e siècle victorien, explique que les pensionnaires aient des repas si frugaux...

- **What?**

Il s'agit d'une dispute entre les deux personnages.

– **Son point de vue à lui** : il juge qu'elle n'avait pas à prendre l'initiative de changer les repas (*Who introduced this innovation?*), qu'elle a contesté son autorité (*And by what authority?*) en habituant les jeunes filles à trop de confort (*not to accustom them to habits of luxury and indulgence*).

– **Son point de vue à elle** : elle reconnaît que c'est elle qui a changé les repas et en endosse la responsabilité (*I must be responsible*).

The two main characters are having an argument.

- **Why?**

Miss Temple a jugé le repas trop mauvais (*so ill-prepared that the pupils could not possibly eat it*), c'est pourquoi elle a modifié les menus.

Because Miss Temple has changed the menus, which is not her business according to Mr Brocklehurst, who is the head of the school.

3 Comprendre les phrases complexes

■ Une fois identifié le sens de base qui permet de répondre aux questions générales, il faut parfois une analyse plus approfondie pour comprendre les phrases difficiles. Comment procéder ?

■ **Exemple**

You are aware that my plan in bringing up these girls is, not to accustom them to habits of luxury and indulgence, but to render them hardy, patient, self-denying. Should any little accidental disappointment of the appetite occur, such as the spoiling of a meal, the under and the over-dressing of a dish, the incident ought not to be neutralized by replacing with something more delicate the comfort lost, thus pampering the body and obviating the aim of the institution.

Charlotte Brontë, *Jane Eyre*, 1847, Penguin Classics.

A Mots de liaison

Faites attention à l'**articulation des phrases** et repérez les principaux mots de liaison (soulignés) pour construire le sens du texte.

- *that* : complétive introduisant une explication
- *but* : opposition
- *should* + sujet + verbe = *if* + expression de la condition
- *such as* (tel que) introduisant une série d'exemples
- *thus* (ainsi) : expression de la conséquence


B Noyau de la phrase

Dans les phrases longues et complexes, retrouvez le noyau des phrases (**en gras** dans le texte p. 425), repérez le verbe, puis le sujet de chaque proposition.

You are aware that my plan is to render them hardy, patient, self-denying. Should any little accidental disappointment of the appetite occur, the incident ought not to be neutralized.

Rappelez-vous qu'en anglais, à la forme affirmative, on privilégie l'ordre suivant : sujet - verbe - complément d'objet. Révisez les propositions relatives et conjonctives.

POUR EXPRIMER LA CAUSE ET LA CONSÉQUENCE

 www.prepabac.com/media


■ Les mots clés

as	<i>comme</i>
as a result of which	<i>en conséquence de quoi</i>
because	<i>parce que</i>
because of	<i>à cause de</i>
by V-ing	<i>en + participe présent (en réponse à how)</i>
consequently	<i>par conséquent</i>
due to / owing to	<i>à cause de</i>
it arises from	<i>cela vient de</i>
on account of	<i>en raison de</i>
thanks to	<i>grâce à</i>
since	<i>puisque</i>
therefore	<i>en conséquence</i>

■ Les mots en situation

- **As** she didn't invite him, you bet he didn't go!
- She wrote a defamatory article about this pop star, **as a result of which** he definitely refused to grant her any interview from then on.
- I love you, **because...** Well, I can't explain.
- I regret attending that party **because of** his behaviour, which was totally unacceptable.
- How can you help? **By** getting up and buzzing off!
- **Due to** heavy rainfall, the journey to Leeds Castle has been cancelled.
- Don't leave **on account of** me!
- I have finished my homework, **thanks to** you!
- I'll never show my face round there anymore, **since** you're asking!
- Several countries have agreed on the Kyoto protocole, **therefore** nations are hopeful again about the future of the planet.

POUR EXPRIMER LE BUT, L'OPPOSITION, LA CONDITION

 www.prepabac.com/media

■ Les mots clés

• Le but

to aim to	<i>avoir pour but de</i>
in order to	<i>afin de</i>
so that	<i>de sorte que</i>

• La condition

hence	<i>d'où</i>
even if / though	<i>même si</i>
provided (that)	<i>à condition que</i>
thus	<i>ainsi</i>
unless	<i>à moins que</i>

• L'opposition

although	<i>bien que</i>
however	<i>cependant</i>
on the contrary	<i>au contraire</i>
still	<i>pourtant (en début de phrase)</i>
though	<i>pourtant (en fin de phrase)</i>
unlike	<i>contrairement à</i>
whereas	<i>alors que</i>
while	<i>pendant que</i>

■ Les mots en situation

- This letter **aims to** get to know you.
- She called **in order to** know if Tom was in.
- Mike refused, so **that** eventually everybody was compelled to stay at home.

- **Although** he is rude, I **still** think he is a nice guy.
- I knew he was not basically a nice person. I didn't think he was so mean, **though**.
- I am not allowed to go out. **However** I may help you to get ready.
- "Do you think I should call her?" "**On the contrary**, I think you should ignore her!"
- He came, **unlike** his sister who stayed at home.
- She is dressed smartly **whereas** his clothes are really casual.
- They were fast asleep **while** she was doing all the housework!
- It is cheaper and **hence** more people buy it.
- She will not accept **even though** you beg her on your knees.
- She will finish the chores **provided** you help her with the washing up.
- Ask him! **Thus** you will know what he thinks about this plan!
- She will never excuse him, **unless** he truly and sincerely apologises.

EXERCICES D'APPLICATION

EXERCICE 1

Lisez cet extrait de *Pastoralia* puis répondez aux questions ci-dessous.

Morse began to run. In all probability **this** was silly. In all probability the girls were safe onshore, or, if not, help was already on its way, although certainly it was possible that the girls were not safe onshore and help was not on its way, and in fact it was even possible that the help that was on its way was **him**, **which** was worrisome, because **he** had never been good under pressure and in a crisis often stood mentally debating possible options with his mouth hanging open.

George Saunders, *Pastoralia*, first appeared in *The New Yorker*, used by permission of the author, Riverhead Books, 2000.

1. Parmi les différents *that* de cet extrait, lequel est un pronom relatif ? Retrouvez son antécédent.
2. À qui ou à quoi réfèrent les pronoms en gras ?
3. Entourez en rouge les conjonctions de coordination.

4. Soulignez la subordonnée de cause, la subordonnée de condition et la subordonnée de concession.
5. La proposition *if not* est elliptique. Reconstituez la proposition complète.
6. Quel est le sujet de *stood*?

EXERCICE 2

Lisez le texte ci-dessous sans vous inquiéter de ce que vous ne comprenez pas.

[Garvin] pulled the front of the muck-spattered jacket together and buttoned it against the chill that crept up his body from the water. This was typical of Lloyd, never on time, completely undependable. **Lloyd had never married, and seldom held a job over six months.** He lived carelessly, worked sloppily, didn't seem to have a care or ambition beyond the present moment.

Damn it! Can't he realize what I'm going through!

Garvin's face grew thoughtful. **Was Lloyd really the way he seemed?** Or was it a front that had been developed over the years? He recalled an incident that had taken place only a few weeks ago. **Lloyd was in the office and Mary had come in.** They had just bought this property and were involved in all the plans for the new house.

Garvin remembered how Lloyd sat quietly on the corner of the desk, listening to Mary's excited chatter about materials and colors and landscaping, and Ray's plans for the monorail for the boat.

Richard Hardwick, *High Tide*, © 1963 by H.S.D. Publications, Inc.
from *Alfred Hitchcock's Noose Report*, Dell Publishing Co., 1966, D.R.

1. Dans les phrases en gras de ce texte, encadrez le verbe et soulignez le sujet de chaque proposition principale.
2. Faites un slash (/) pour séparer le flash-back de la description de la scène proprement dite, et soulignez le(s) verbe(s) qui l'introduit(ent).
3. Expliquez en deux phrases ce dont parle le texte.

CORRIGÉS

EXERCICE 1

Morse began to run. In all probability this was silly. In all probability the girls were safe onshore, **or, if not**, help was already on its way, **although** certainly it was possible that the girls were not safe onshore **and** help was not on its way, **and** in fact it was even possible that the help that was on its way was him, which was worrisome, **because** he had never been good under pressure **and** in a crisis often stood mentally debating possible options with his mouth hanging open.

1. *the help that was on its way* → antécédent de *that* = *help*
2. **this**: *beginning to run* • **him**: *Morse* • **which**: *the fact that the help that was on its way was him* • **he**: *Morse*
3. Les conjonctions de coordination sont en rouge dans le texte ci-dessus.
4. subordonnée de **cause** : **because** *he had never been good under pressure and in a crisis often stood mentally debating possible options with his mouth hanging open*
subordonnée de **condition** : **if not**
subordonnée de **concession** : **although** *certainly it was possible that the girls were not safe onshore and help was not on its way*
5. *if not* → *if the girls were not safe onshore*
6. sujet de *stood* : **he** (**had never been good** under pressure **and** in a crisis **often stood**)

EXERCICE 2

1. (Garvin) pulled of the muck-spattered jacket together and buttoned it against the chill that crept up his body from the water.

Lloyd had never married, and seldom held a job over six months.

Was Lloyd really the way he seemed?

Lloyd was in the office and Mary had come in.



On note dans cet extrait l'emploi d'un *past perfect* avant le flash-back (*had never married*), mais celui-ci est juste la mention d'un événement antérieur. On note aussi à l'intérieur du flash-back l'emploi du prétérit (*sat*), comme si le personnage revivait l'anecdote au moment où elle est décrite. Il s'agit là d'une technique d'écriture visant à rendre la scène plus présente.

2. Verbes introduisant le flash-back : *recalled*, *remembered*. Le flash-back commence à : *Lloyd was in the office...*

3. Garvin semble au départ dans une situation difficile (*Can't he realize what I'm going through!* / *against the chill that crept up his body from the waters*: ce n'est pas une position normale que d'être dans l'eau glacée) dont l'issue favorable dépend d'un dénommé Lloyd.

Or, à la réflexion, Lloyd ne semble être ni fiable (*He lived carelessly, worked sloppily, didn't seem to have a care or ambition*), ni sincère (*Was Lloyd really the way he seemed?*), comme en témoigne un événement récent qui s'est déroulé avec Mary, vraisemblablement la femme de Garvin.



LA COMPRÉHENSION détaillée permet d'entrer dans **l'implicite** du texte et de l'interpréter. Elle suscite des questions plus précises sur des événements ponctuels, sur le vocabulaire, sur la psychologie des personnages.

Une attention particulière doit être portée sur les outils grammaticaux et stylistiques employés par l'auteur. Ces **indices linguistiques** permettent eux aussi de construire une interprétation.

1 Comprendre le sens des mots

Les exemples seront donnés à partir du texte suivant.

You can sniff an atmosphere straight away, you know when something funny's going on. Off duty? Maybe, maybe not. I sat at a table by the window. The shower had turned into a downpour. A waitress with a strange, hounded look seemed only too pleased to serve me. Three tables along, a big man (Marco? – I'll never know) was standing, towering over a girl who was sitting facing me but not looking at me, looking hard at her hands, one of which held a just-lit cigarette. The big man was speaking – under his breath but as if he might suddenly bellow – and she was ignoring what he was saying. He jabbed a finger towards the door. She wore a raincoat – unbuttoned, dry – but looked like she didn't mean to budge. He wore a grubby T-shirt, a tea towel tucked into his belt.

Graham Swift, *The Light of Day*, Hamish Hamilton, 2003
A. P. Watt Ltd on behalf of Graham Swift.

A L'inférence

■ Au baccalauréat, on vous demande de traduire des mots en anglais ou de trouver des synonymes. Ces questions sont souvent utiles pour comprendre des passages plus longs.

■ Si vous n'avez jamais rencontré les mots demandés, vous pouvez en trouver le sens par **inférence**. Inférer, c'est déduire le sens des mots en fonction de leur construction (voir page 418) et du contexte.

• Question 1

1. In this text, find a translation for:

a. meugler, brailler : b. torchon à vaisselle :

• Question 2

2. In this text, find a synonym for:

a. pointed at : b. to move :

• Réponse 1

a. « meugler », « brailler »

→ catégorie grammaticale : verbe

→ contexte : est situé non loin de *speak* dans le passage, et utilisé dans le même contexte → **bellow**

b. « torchon à vaisselle »
 → catégorie grammaticale : nom
 → contexte : *tucked into his belt* : accroché à la ceinture, comme on le voit dans tous les cafés et restaurants → **tea towel**

• Réponse 2

a. *pointed at* → **jabbed towards**

Le mot est proposé au prétérit, il faut donc chercher la même forme.

D'autre part la présence du mot *finger* non loin de *jabbed* est un bon indice.

b. *move* → **budge** (mot transparent : bouger)

B Les référents

Il s'agit de trouver à qui ou à quoi se réfèrent des pronoms (personnels, relatifs...), c'est-à-dire quels mots ou groupes de mots ils remplacent.



Faites toujours attention :
 – au statut (in)animé : *it(s)*
 ou *which* impliquera un référent inanimé, contrairement à *who* ;
 – au genre : *him, his* impliquent un référent masculin, contrairement à *her(s)* ;
 – au nombre : *them, their(s)* impliquent un référent pluriel.

• Question 3

Who or what do the underlined words refer to ?

a. you know when something funny's going on :

b. looking hard at her hands :

c. one of which held :

• Réponse 3

you → *the reader / someone like the narrator*

her → *a girl* (surtout pas *a waitress* : il s'agit d'une autre personne)

which → *one of her hands*

PIÈGES ET DIFFICULTÉS

Les pronoms relatifs

■ Les propositions relatives complètent un nom. Elles sont introduites par un pronom relatif qui représente ce nom (l'antécédent) dans la relative.

A man is standing near the counter. I have already seen him.

Un homme est debout près du comptoir. Je l'ai déjà vu. (= deux propositions indépendantes)

I have already seen the man who is standing near the counter.

Antécédent PR Proposition relative

■ Comment choisir le pronom relatif ?

	Pronom rel. sujet de la phrase	Pronom rel. complément de la phrase
Antécédent animé	WHO (/THAT) I met a physiotherapist who (/that) had already worked for Manchester United. <i>J'ai rencontré un kinésithérapeute qui avait déjà travaillé pour M.U.</i>	WHO/ Ø /THAT (/WHOM) The teacher who/ Ø / (that/whom) I had last year got retired then. <i>Le professeur que j'ai eu l'année dernière a pris sa retraite.</i>
Antécédent inanimé	WHICH/THAT Don't take the book which/that is on the shelf, it's mine. <i>Ne prends pas le livre qui est sur l'étagère, c'est le mien.</i>	WHICH/ Ø /THAT Here is a picture of the house which/that/ Ø I have just bought. <i>Voici une photo de la maison que je viens d'acheter.</i>

2 Interpréter le texte

Certains éléments qui font le sens du texte ne sont pas nécessairement « explicités », écrits noir sur blanc : on dit qu'ils sont implicites.

A La scène et ses événements

Le travail d'inférence opéré sur les mots permet de dégager le sens de passages plus larges du texte. Ce travail est nécessaire pour avoir accès à l'implicite du texte.

• Question 4

True or false? Justify.

- Outside, the weather is sunny and bright.
- The waitress seems quite comfortable working there.

• Question 5

- *Where is the scene located?*
- *What job may the narrator have?*
- *Who may "the big man" be?*



Il s'agit de repérer dans le texte l'élément porteur de la réponse et d'en tirer une conclusion en rapport avec la question posée.

• Réponse 4

- L'élément porteur de sens est *shower*, ici au sens d'« averse » et non de « douche » (voir le contexte : pourquoi une douche dans un café ?), associé à *downpour* (déluge). **False.**
- L'élément porteur de sens est *hounded*, dérivé de *hound*, traquer / chasser, que l'on retrouve dans *a hound*, un chien de chasse ; associé à *strange* et à *seemed only too pleased to serve me*, il montre que la serveuse n'a pas l'air à l'aise. **False.**

• Réponse 5

- Les indices sont : **a table, three tables, a waitress** (une serveuse).

It is located in a bar / café.

- L'élément porteur de la réponse est **off duty**, « pas en service / pas de garde », terme qui s'applique à un soldat, un médecin, un policier. Associé à l'idée que le narrateur est capable de flairer - **sniff** - si quelque chose ne va pas, il entraîne cette réponse :

He may be a policeman / police officer / an investigator / a detective.

- Nous sommes dans un café. *The big man* est un homme qui travaille là (il a un torchon à vaisselle coincé sous la ceinture) et qui est en position de mettre à la porte une jeune femme.

He must be the boss. He may be Marco.

B Les sentiments des personnages

■ Il y a toujours dans l'épreuve du baccalauréat des questions de compréhension qui engagent une interprétation de la psychologie des personnages. Vous devez donc vous constituer un lexique de base des sentiments que vous réviserez et augmenterez.

■ Certaines questions, plus faciles, vous proposent un choix d'adjectifs. D'autres vous demandent de les fournir pour caractériser un personnage.

• Question 6

What are the big man's and the girl's feelings? Choose the appropriate adjectives : rebellious - authoritarian - compliant - furious - forgiving

• **Réponse 6**

The big man: **authoritarian – furious** (towering over a girl, under his breath as if he might suddenly bellow, He jabbed a finger towards the door)

The girl: **rebellious** (looking hard at her hands, she was ignoring what he was saying, looked like she didn't mean to budge)

• **Question 7**

What may have happened before the narrator arrived?

• **Réponse 7**

Reprenons les éléments : nous sommes dans un café, où le patron semble indiquer la porte à une jeune fille, peut-être une cliente qui ne veut pas payer ou une serveuse qu'il met dehors. Celle-ci refuse de l'écouter et reste assise à une table, comme si elle voulait être à présent servie.

The girl may have made a mistake in her job / the boss may have misbehaved towards (done something wrong to) her and now he wants to fire / sack her.

POUR EXPRIMER SES SENTIMENTS



www.prepabac.com/media

■ Les mots clés

admiration (admiring)	<i>l'admiration</i>
amazement (amazed)	<i>la stupéfaction</i>
anger (angry)	<i>la colère</i>
authority (authoritarian)	<i>l'autorité</i>
bravery (brave)	<i>la bravoure</i>
cowardice (coward)	<i>la couardise</i>
diffidence (diffident)	<i>le manque de confiance en soi</i>
embarrassment (embarrassed)	<i>l'embarras</i>
fright, fear (frightened, fearful)	<i>la peur</i>
guilt (guilty)	<i>la culpabilité</i>
hope (hopeful)	<i>l'espoir</i>
jealousy (jealous)	<i>la jalousie</i>
pain (painful)	<i>la douleur</i>
pleasantness (pleasant)	<i>le caractère agréable</i>
pride (proud)	<i>la fierté</i>
rebellion (rebellious)	<i>la rébellion</i>
relief (relieved)	<i>le soulagement</i>
reluctance (reluctant)	<i>la réticence</i>
responsibility (responsible)	<i>la responsabilité</i>
scorn (scornful)	<i>le mépris</i>
self-confidence (self-confident)	<i>l'assurance</i>
selfishness (selfish)	<i>l'égoïsme</i>
stubbornness (stubborn)	<i>l'entêtement</i>
upheaval (upset)	<i>le bouleversement</i>
weakness (weak)	<i>la faiblesse</i>
wit (witty)	<i>l'esprit</i>

EXERCICE D'APPLICATION

Lisez le texte suivant puis répondez aux questions.

I think I'm a good librarian. I love books, and the people who read them, and if it makes me intolerant of the video and computer age, it doesn't matter much in here. Paul was embarrassed by my job. It didn't fit in with his Creative Director image at dinner parties. He'd rather I had either stayed at home, and then he could continue to make jokes about me being the last housewife in captivity; or else that I had found some trendy, highly-paid job in the media. When I pointed out that I did work in the media, it just wasn't highly paid, he would look afflicted¹.

I've always been addicted to the printed word. A former headmistress once said, "If Constance had nothing else to read, she'd read the label² on a jam jar!"

She meant to be scathing³, and the other girls tittered sycophantically⁴, but I thought she was being silly. You could learn a lot from the labels on jam jars...

Adapted from Angela Lambert, *Love Among the Single Classes*, Bodley Head, London, 1989
© Angela Lambert (permission of A. P. Watt Ltd on behalf of Angela Lambert).

1. afflicted: *peiné* • 2. a label: *une étiquette* • 3. scathing: *cinglant* • 4. sycophantically: *obséquieusement*

1. Find an expression meaning:

- a. it has no importance:
- b. a woman who looks after her house:
- c. fashionable:
- d. to laugh stupidly:

2. Who / what do the following underlined words refer to?

- a. the people who read them:
- b. It didn't fit in with his Creative Director image:
- c. she'd read the label:
- d. You could learn a lot:

3. True or false? Justify.

- a. The narrator is a woman.
 True False Justification:
- b. Paul would have liked the narrator to work in the media.
 True False Justification:
- c. Paul considered being a librarian as a job in the media.
 True False Justification:
- d. The narrator has not always been fond of reading.
 True False Justification:

4. a. What tone must the mistress have used when she pronounced these words: "If Constance had nothing else to read, she'd read the label on a jam jar!"?

- b. How did the rest of the class react?
- c. How did the narrator feel?

CORRIGÉS



Pensez à regarder la catégorie grammaticale des mots demandés.

1. a. it has no importance: **it doesn't matter**
- b. a woman who looks after her house: **a housewife**
- c. fashionable: **trendy**
- d. to laugh stupidly: **to titter**

2. a. the people who read them: **books**

b. It didn't fit in with his Creative Director image: **my job** / **Paul** (the narrator's husband)

c. she'd read the label: **Constance**, the narrator

d. You could learn a lot: everybody, **people**

3. a. The narrator is a woman.

True : *He'd rather I had either stayed at home, and then he could continue to make jokes about me being the last housewife in captivity... (I est associé à housewife)*

b. Paul would have liked the narrator to work in the media.

True : *He'd rather [...] I had found some trendy, highly-paid job in the media.*

c. Paul considered being a librarian as a job in the media.

False : *When I pointed out that I did work in the media [...] he would look afflicted / He'd rather [...] I had found some trendy, highly-paid job in the media.*

d. The narrator has not always been fond of reading.

False : *I've always been addicted to the printed word.*

4. a. She must have been scornful / contemptuous / despising / scathing.

b. They were amused because they tittered. They laughed at / made fun of her.

c. She felt detached from / indifferent to / superior to their teasing.

ON VOUS DEMANDE dans ce type de sujet de partir du texte pour élaborer une suite, un dialogue, une lettre. Ceci implique d'avoir bien compris les éléments essentiels du texte afin d'y faire référence, sans le paraphraser.

1 Les consignes d'un sujet d'imagination

Voici quelques-unes des **consignes** les plus fréquentes.

Imagine a sequel to this story.	Imaginez une suite à cette histoire.
Imagine (that)... Write what the character does afterwards.	Imaginez que... Écrivez ce que le personnage fait ensuite.
Imagine the same scene seen through ...'s eyes.	Imaginez la même scène vue par...
Write the letter the narrator writes to...	Rédigez la lettre que le narrateur écrit à...
That night, the narrator writes in his diary.	Cette nuit-là, le narrateur écrit dans son journal intime.
Write a text in the same manner about...	Rédigez à la manière de (auteur) un texte à propos de...
Ten years later, the main character meets... Imagine their conversation.	Dix ans plus tard, le personnage principal rencontre... Imaginez leur conversation.

Pour le vocabulaire des consignes, voir page 416.

2 Écrire une suite ou « à la manière de... »

Voici un exemple de sujet, suivi de quelques conseils.

There was something mysterious in the air that morning. Nothing was done in its regular order and several of the native servants seemed missing, while those whom Mary saw slunk or hurried about with ashy and scared faces. But no one would tell her anything and her Ayah did not come. She was actually left alone as the morning went on, and at last she wandered out into the garden and began to play by herself under a tree near the veranda. She pretended that she was making a flower-bed, and she stuck big scarlet hibiscus blossoms into little heaps of earth, all the time growing more and more angry and muttering to herself the things she would say and the names she would call Saidie when she returned. [...] She was grinding her teeth [...] when she heard her mother come out on the veranda with someone.

Frances H. Burnett, *The Secret Garden*, 1909.

Imagine a sequel to this text.

A Sélectionner les éléments utiles au récit

- L'histoire est ici focalisée sur un personnage féminin, plus précisément une enfant (elle joue seule dans le jardin avec les fleurs).
- L'histoire se passe dans un pays lointain (le terme *Ayah* désigne une servante d'origine indienne / fleurs exotiques : *big scarlet hibiscus blossoms*).
- Ce qui va se produire est inhabituel : un changement va avoir lieu (*something mysterious in the air*), qui sera annoncé à la fille par sa mère (déménagement, événement...).
- Le personnage (*someone*) qui accompagne la mère dans la véranda (*when she heard her mother come out on the veranda with someone*) devra être décrit dans les premières lignes de votre expression et jouera un rôle dans l'événement annoncé à la fillette.
- L'état d'esprit de la fillette (en colère, voire furieuse parce qu'on ne lui dit rien : *But no one would tell her anything*) aura une influence sur sa réaction en entendant la nouvelle.

B Rester fidèle au style de l'auteur

Un narrateur omniscient sait tout ce qui se produit, même s'il ne porte pas toutes les informations à la connaissance du lecteur. La narration peut être focalisée sur un personnage, si le narrateur, externe à l'histoire, raconte ce qui se passe du point de vue d'un de ses personnages.

Dans toutes les productions où l'on vous demande d'imaginer la suite de l'histoire, il vaut mieux rester fidèle, dans la mesure du possible, au **style de l'auteur**. Veillez notamment à utiliser le même temps, à garder la même proportion de discours direct ou rapporté et le même point de vue narratif (omniscient / focalisé sur un des personnages...), à développer la psychologie interne de certains personnages, à être cohérent avec ce qui précède.

C Rester cohérent

- En traitant un sujet d'imagination, vous devez aussi veiller à proposer une fin vraisemblable : évitez les fins saugrenues, et, à moins que le texte d'origine ne l'autorise, le recours à des événements surnaturels !
- Rédigez un texte **qui forme un tout** débouchant sur quelque chose : le lecteur doit avoir le sentiment que vous avez terminé.

3 Écrire un dialogue

■ Évitez (sauf indication contraire) d'écrire votre dialogue en mettant uniquement le nom du locuteur suivi d'un tiret, comme dans une scène de théâtre. D'ailleurs, en anglais, le discours direct est introduit par des guillemets ("..."). Rédigez des phrases pour amorcer le discours, lui donner un contexte : donnez des indications spatiales et temporelles.

■ Variez les verbes introducteurs : *say / tell / reply / retort / snort / ask / answer...*

When he **asked** me if I had enjoyed the film I **retorted** that I had never seen anything so stupid and **told** him that next time I would choose what film to watch.

Quand il me demanda si j'avais aimé le film, je répliquai que je n'avais jamais rien vu d'aussi stupide et lui dis que la prochaine fois, c'est moi qui choisirais quel film on regarderait.

- Accompagnez-les d'adverbes (*lovingly / suspiciously / kindly / ruefully / sadly...*).

He lovingly put his hand on her shoulder.

Il posa amoureusement sa main sur son épaule.

- Faites attention au niveau de langue, par exemple évitez les américanimes (*wanna, gonna...*) dans un dialogue entre deux Britanniques.

- Décrivez précisément les actions des personnages ainsi que leurs déplacements (*as he stood up / staring at her...*).

PIÈGES ET DIFFICULTÉS

Les tags

Vous pouvez les utiliser pour rendre votre dialogue plus vivant.

■ Short answers (réponses courtes)

Forme : *Yes*, + sujet + auxiliaire / *No*, + sujet + auxiliaire + *-n't*

Have you repaired the car? Yes, I have. / No, I haven't.

Tu as réparé la voiture ? Oui. / Non.

■ Tags de surprise

Forme : auxiliaire (+ *-n't*) sujet + ?

"He is really nice." "Is he?"

« *Il est vraiment sympa. – Tu trouves ?* »

Si le locuteur est surpris, l'intonation sera montante. En revanche, s'il feint la surprise, elle sera descendante.

■ Question tags

Formes :

– Phrase affirmative, auxiliaire + *-n't* pronom sujet + ?

The MPs voted the law yesterday, didn't they?

Les députés ont voté la loi hier, non ?

– Phrase négative, auxiliaire + pronom sujet + ?

She will not regret it, will she?

Elle ne regrettera pas, hein ?

Ils servent à demander confirmation d'une information, essentiellement à l'oral. On les traduit souvent par « *non ?* », « *hein ?* », « *pas vrai ?* », « *n'est-ce pas ?* ».

4

Écrire une lettre, une page de journal intime

A La lettre

Présentez-la comme une vraie lettre avec le nom du destinataire, la date et la signature.

- Début (du plus au moins formel)

Dear Sir / Madam / Dear... / Dearest...

- Fin (du plus au moins formel)

Yours faithfully / Best regards / Looking forward to hearing from you / Love



N'oubliez jamais que votre destinataire est une personne. Évitez le monologue. Dialoguez avec la personne à qui vous écrivez pour avoir des conseils, son avis...

B Le journal intime

Comme pour une lettre, vous devez écrire la date, et commencer par *Dear Diary*. Le journal intime, auquel on se confie, peut en effet être considéré comme un destinataire imaginaire. On lui fait part de ses interrogations, de ses doutes, et on lui livre ses réactions.

5 Écrire un article de journal

- La présentation doit correspondre à celle d'un article authentique.
 - Titre : en général, il est en style télégraphique : déterminants et auxiliaires omis, verbe au présent simple ou au participe passé.
 - Signature : mettez le nom du journal, du journaliste et la date.
- Le style journalistique se caractérise par des paragraphes courts, allant de l'information générale aux détails de l'événement. Voici un exemple de brève :

BABY FOUND IN CAR PARK

[Pour : A baby **was** found in a car park]

by Paul Johnson

Yesterday, a baby was discovered in a car park.

A lady, who was just walking across Hampton car park, in Holborn, heard someone whimpering. As she looked where the sound came from, she discovered a baby in a trolley.

The Foggy-Bottom Daily, 12 Apr. 2008.

POUR PARLER DE LA PRESSE ET DU SPORT



www.prepabac.com/media

■ Les mots clés

the area	la surface de réparation
the championship	le championnat
the contender	le concurrent
a contest	une rencontre
the cover	la couverture
doping	le dopage
the headline	le titre
the Olympics	les Jeux Olympiques
a referee	un arbitre
a tabloid	un tabloïde
a tournament	un tournoi
biased	subjectif
to cheat	tricher
to deal with	parler de
to score	marquer un but

■ Les mots en situation

- In **tabloids**, newspaper articles can be very **biased**. The **headline**, of the magazine **cover**, give indications as to what the article will **deal with**.
- In football a penalty can be whistled for by the **referee** if there is a fault in the **area**. The football **championship** is based on leagues. Football players have to **score** as many goals as possible.
- During **the Olympics**, **doping** is strongly criticised, as well as **cheating**.
- In a **contest**, the **contender** has to play fair. Some tennis **tournaments**, like Wimbledon, are very famous.

EXERCICE D'APPLICATION

Lisez le texte ci-dessous et répondez aux questions.

In May '68 [...], just after my eleventh birthday, my father asked me if I'd like to go with him to the FA Cup Final between West Brom and Everton; a colleague had offered him a couple of tickets. I told him that I wasn't interested in football, not even in the Cup Final. [...] My father tried again with the football that September, and he must have been amazed¹ when I said yes.

I had never before said yes to any suggestion of his, although I rarely said no either. [...]

1968 was, I suppose, the most traumatic² year of my life. After my parents' separation we moved into a smaller house, but for a time, because of some sort of chain, we were homeless³ and had to stay with our neighbours; I became seriously ill with jaundice⁴; and I started at the local grammar school. [...]

I don't recall⁵ much about the football that first afternoon. One of those tricks of memory enables me to see the only goal clearly: the referee awards a penalty (he runs into the area, points a dramatic finger, there's a roar); a hush as Terry Neill takes it, and a groan as Gordon Banks dives⁶ and pushes the ball out; it falls conveniently at Neill's feet and this time he scores. But I am sure this picture has been built up from what I have long known about similar incidents, and actually I was aware of none of this. All I really saw on the day was a bewildering⁷ chain of incomprehensible incidents, at the end of which everyone around me stood and shouted. If I did the same, it must have been an embarrassing ten seconds after the rest of the crowd.

But I do have other, more reliable⁸, and probably more meaningful memories. I remember the overwhelming⁹ *maleness*¹⁰ of it all – cigar and pipe smoke, foul language (words I had heard before, but not from adults, not at that volume), and only years later did it occur to me that this was bound to have an effect on a boy who lived with his mother and his sister; and I remember looking at the crowd more than at the players.

Nick Hornby, *Fever Pitch*, © 1992 by Nick Hornby,
First published by Victor Gollancz Ltd, 1992, D.R.

1. amazed: *surpris* • 2. traumatic: *traumatisant* • 3. homeless: *sans domicile* • 4. jaundice: *jaunisse* • 5. to recall: *se rappeler* • 6. to dive: *plonger* • 7. bewildering: *ahurissant* • 8. reliable: *fiable* • 9. overwhelming: *écrasant* • 10. maleness: *masculinité*

1. Le type de narration est-il... ?

- omniscient à focalisation externe
 à focalisation interne autobiographique

2. Au moment du match, quel est l'état d'esprit général du narrateur ?

- plutôt bon plutôt mauvais

Justifiez votre choix en vous référant au texte.

3. Quelle relation le narrateur semble-t-il entretenir avec son père ?

- très proche distante

4. Le match de football va-t-il les rapprocher ou les éloigner ? Pourquoi ?

5. Le sujet est : *Many years later, the narrator finds his diary. Imagine the diary page for that day.* **Par quoi devra commencer votre devoir ?**

6. Les événements suivants, mentionnés par le narrateur, se sont-ils réellement déroulés ? Pourront-ils être utilisés dans votre suite de texte ?

- a. Terry Neill scores a goal. oui non
b. The goal was scored after a penalty. oui non
c. The narrator shouted after the goal was scored. oui non
d. The adults used rude words, insults. oui non
e. The narrator spent most of his time watching the crowd. oui non

7. Quel temps doit être utilisé dans le journal intime pour raconter ce qui s'est passé pendant le match ?

8. Quelles structures allez-vous utiliser ?

- Expression du souhait Exclamations
 Formes passives Conseil
 Expression de la surprise

9. Quelle fin pouvez-vous proposer à la page de journal intime ?

CORRIGÉS

1. À focalisation interne / autobiographique.

2. Plutôt mauvais. Ses parents se sont séparés, il a eu la jaunisse, il s'est retrouvé hébergé chez des voisins.

3. Distante. Ils ne vivent pas ensemble et jusque là ne partagent pas les mêmes centres d'intérêt.

4. Il semble que le match de football va les rapprocher, sinon l'auteur ne jugerait pas utile de mentionner ce passage de sa vie.

5. (...*th*) *September, 1968. Dear Diary...*

6. Les événements suivants se sont réellement déroulés : a, d, e. Non, ils ne pourront pas être utilisés puisque les souvenirs du narrateur ne correspondent pas à la réalité.

7. Le prétérit, mais le *present perfect* ou le *past perfect* pourront être employés pour faire le bilan : *I had never thought a football match would be so exciting!*

8. Exclamations : *How incredible! What foul language the adults around me used!* Expression de la surprise.

9. Expression du souhait ou du regret :

I hope Daddy will soon take me to another match.

I wish I hadn't said no last time.

Touche d'optimisme concernant les relations avec le père : *I am so happy because I feel closer to Daddy than at any other time.*



LES SUJETS de réflexion s'appuient sur votre opinion ou votre expérience personnelles. Pour développer votre opinion, vous devez la fonder sur des arguments logiquement articulés, mais aussi fournir des exemples précis qui illustrent votre propos.

1 Les consignes liées au sujet de réflexion

Voici quelques-unes des **consignes** les plus fréquentes.

Would you like to...?	Aimeriez-vous... ?
How can you account for...?	Comment pouvez-vous expliquer... ?
Do you think/consider...? Give your arguments and illustrate them with examples.	Pensez-vous que... ? Donnez vos arguments et illustrez-les par des exemples.
What is your idea of.../How do you picture...?	Comment vous imaginez-vous... ?
Referring to your own experience, relate how...	En vous référant à votre propre expérience, racontez comment...
To what extent is it...?	Dans quelle mesure est-ce... ?
Comment upon the following statement...	Commentez l'affirmation suivante...
What are the advantages and drawbacks of...?	Quels sont les avantages et les inconvénients de... ?
Would you be tempted to...?	Seriez-vous tenté(e) de... ?

2 L'introduction

Dans l'introduction, vous devez analyser les termes du sujet, tenir compte de sa syntaxe et définir les mots clés.

A Sujet d'opinion personnelle

■ **Exemple :** *What does the word "hero" mean to you? Give specific examples.*

■ Ce sujet, qui fait appel à votre opinion personnelle, interroge sur ce qu'est un héros. Un Superman ; un quidam qui sauve des vies grâce à son courage ; un pompier qui brave les flammes quotidiennement ; un vétéran qui a survécu à des guerres sont-ils des « héros » ?

Vous devrez reformuler la question posée en plaçant le sujet dans un cadre plus général.



Surtout ne commencez jamais par "Yes, I would like to..." Il ne s'agit pas dans l'introduction de répondre à la question posée. Quel serait alors l'intérêt du développement ?

■ **Exemple :** *Do you think mothers should stay at home or go out to work?*

Observez l'énoncé : il s'agit de définir le rôle des mères (*mothers*) et non des femmes. Le sous-entendu est clair : le rôle des femmes doit-il changer quand elles deviennent mères ?

Il ne s'agit pas de donner un point de vue général, mais bien le vôtre (*Do you think*).

L'emploi du modal *should* oriente le sujet vers ce qui serait préférable... pour qui ? Les mères ? Leurs enfants ? Leur mari ? La société ?

■ **Introduction possible**

In Western societies, the role of women has gradually evolved. Thanks to the part they played during the First and the Second World War when they worked in factories while their husbands were fighting, they have acquired more and more autonomy and independence. Nowadays, they can have access to the same jobs as men. Yet, they are often discriminated against because they may become pregnant (have children). From that moment on, should they keep their jobs or stay at home and be housewives?

B Sujet d'expérience personnelle

■ **Exemple :** *During your school days, have you ever had a teacher who made you like a subject and gave you the desire to know more about it?*

■ Le vocabulaire vous aide à répondre : *school* (*school days*: scolarité), *a teacher* (un professeur, et non *a professor* qui enseigne à l'université), *make someone do something* (faire faire quelque chose à quelqu'un), *a subject* (faux ami : une matière)...

La formulation du sujet vous aide à limiter les fautes de grammaire dans les premières lignes de votre devoir. Faites notamment attention au temps utilisé dans la question, aux déterminants. Racontez ce qui s'est passé avec ce professeur au prétérit (*came, made*) puis faites un bilan au *present perfect* (*have had*).

3 Le développement

Comme en français, vous devez, une fois le sujet analysé, **mobiliser vos idées** : notez-les, en français d'abord, puis voyez comment les articuler. Faites aussi le point sur le lexique dont vous allez avoir besoin, celui que vous connaissez et que vous allez pouvoir employer.

A Le plan

Préférez un sujet où le lexique nécessaire vous est connu plutôt qu'un sujet que vous n'avez pas les moyens linguistiques de traiter.

■ Le développement peut être organisé, le plus souvent, en deux parties.

• Le **plan thèse-antithèse-synthèse**, propre aux méthodes de dissertation en français, peut fonctionner à condition que cela ne vous amène pas à vous contredire : vous ne pouvez pas défendre un point de vue bec et ongles en première partie pour démonter votre argumentation dans la deuxième.

• Adoptez de préférence dans la première partie le point de vue que trouvez le moins défendable, pour développer vos meilleurs arguments dans la deuxième partie.

■ **Exemple :** *Do you think mothers should stay at home or go out to work?*

Si vous pensez que les mères de famille devraient garder leur travail (source d'épanouissement, revenu), ne développez pas ces arguments dans votre première partie pour expliquer dans la deuxième que le travail des femmes nuit aux enfants ou encore que c'est le rôle de la femme de rester à la maison ! Vous commencerez plutôt par dire que, certes, on peut trouver des avantages au fait que les mères ne travaillent pas mais à condition que cela corresponde à un choix de leur part.

B Les enchaînements

Vous devez être lisible, soigner la ponctuation et articuler votre discours grâce à des mots de liaison. Voici quelques **mots de liaison** (*link words*) utiles pour structurer votre développement.

- **Pour introduire et exposer un plan**
first of all / to begin with: tout d'abord
then / next: ensuite *finally: finalement*
- **Pour opposer deux arguments**
whereas / while: alors que *instead of + V-ing: au lieu de + inf.*
on the one hand / on the other hand: d'un côté / d'un autre côté
- **Pour surenchérir**
besides: en outre *moreover / what's more: de plus*
- **Pour exprimer la concession**
yet / however: cependant *nevertheless / nonetheless: néanmoins*
although: bien que *even though / even if: même si*

4 La conclusion

La conclusion reformule, sans les répéter, les arguments du développement. Vous pouvez déboucher sur une généralisation, un bilan d'expérience. Voici quelques **mots de liaison** (*link words*) utiles **pour conclure**.

- to conclude: pour conclure* *on the whole: dans l'ensemble*
to sum up: pour résumer *in other words: en d'autres termes*

POUR EXPRIMER SON OPINION



www.prepabac.com/media

■ Les mots clés

<i>according to...</i>	<i>selon...</i>
<i>to agree</i>	<i>être d'accord (I agree)</i>
<i>to approve of</i>	<i>approuver</i>
<i>as far as I'm concerned</i>	<i>en ce qui me concerne</i>
<i>to believe</i>	<i>croire</i>
<i>convinced</i>	<i>convaincu</i>
<i>to differ with sb on...</i>	<i>ne pas être du même avis que qqn au sujet de...</i>
<i>to disagree</i>	<i>ne pas être d'accord</i>
<i>to disapprove of</i>	<i>désapprouver</i>
<i>it depends on</i>	<i>cela dépend de...</i>
<i>to reckon</i>	<i>supposer</i>
<i>ridiculous / ludicrous</i>	<i>ridicule</i>
<i>to share</i>	<i>partager</i>
<i>to my mind / in my view</i>	<i>à mon avis</i>

EXERCICES D'APPLICATION

EXERCICE 1

Reprenez les termes de chacune des questions à la forme affirmative, puis négative.

1. How important are friends in your life? Develop your point and give examples.
2. "We must forgive but not forget." Do you agree with this statement?
3. Would you like to spend a year abroad?
4. Have you ever passed a judgement too quickly and regretted it?
5. "Clothes do not make the man." Discuss.

EXERCICE 2

Voici un texte qui répond au sujet : *Do you think mothers should stay at home or go out to work?* Complétez-le en utilisant les mots de liaison suivants :

instead of – to begin with – however – on the one hand – while – on the other hand – although – moreover – even though.


....., it is true to say that children benefit from their mothers' presence at home. It is a good thing for children to be looked after by their mothers.


..... being alone when they come back from school, they can be helped with their homework, and this contributes to the creation of a strong link with one of the parents.

....., not all mothers are devoted housewives. Some women may choose to stay at home after the birth of their children..... some others will keep their jobs , it is true that it may be better for the whole family to have a mother who stays at home, but , what benefit can there be if the mother is embittered by staying at home? , as a child, I would have preferred my mother to be a housewife, in the end, I am glad that she kept her job. , in most families, the money earned by women is necessary for a better standard of living. As far as I'm concerned, I am convinced that working is necessary for one's fulfilment, there are of course drawbacks to this situation.

CORRIGÉS

EXERCICE 1

 Cet exercice vous permet de voir que la formulation du sujet doit être prise en compte dans la formulation de vos réponses, mais il ne s'agit évidemment pas d'utiliser ces réponses dans votre introduction !

 Attention à reprendre les termes du sujet sans ajouter de déterminants quand il n'y en a pas : *∅ clothes – généralité – et à accorder le verbe en conséquence.*

1. Friends are very important (count = matter) in my life. / Friends are not very important in my life.

How + adjectif : évaluation du degré, ici, d'importance.

2. I agree with this statement. / I don't agree (I disagree) with this statement.
to agree : être d'accord

3. I would like to spend a year abroad. / I wouldn't like to spend a year abroad.
Réemployez *would* et non *will*, qui indiquerait une certitude vis-à-vis de votre avenir.

4. I have already passed a judgement too quickly. / I have never passed a judgement too quickly.

Ever, qui figure dans la question, donne *already* dans la phrase affirmative.

5. Clothes make the man. / Clothes don't make the man.

EXERCICE 2

To begin with – Instead of – However – while – On the one hand – on the other hand – Even though – Moreover – although.

DEPUIS la mise en place du **Cadre européen commun de référence**, l'oral prend une place croissante dans votre évaluation. Lors du bac sont évaluées les différentes compétences : compréhension orale, prise de parole en continu, prise de parole en interaction.

1 Prononciation des mots

L'**alphabet phonétique international** est un ensemble de signes associés à des sons. Une fois maîtrisé, il vous permet :

- de noter en cours la prononciation des mots entendus pour la première fois afin de les apprendre correctement ;
- de savoir comment prononcer un mot trouvé dans le dictionnaire.

A Les principaux signes phonétiques

■ Voyelles courtes

/æ/ **cat** /ɪ/ **pig** /ɒ/ **dog**
/e/ **hen** /ʌ/ **bus** /ʊ/ **good**

■ Voyelles longues (symbolisées par « : »)

/ɑ:/ **far** /u:/ **room** /i:/ **mean**
/ɜ:/ **bird** /ɔ:/ **fork** /ju:/ **mute**

■ Diphtongues (comme par exemple dans « aïe » en français)

/eɪ/ **plate** /əʊ/ **rose** /aʊ/ **around** /ɪə/ **fear**
/aɪ/ **mine** /eə/ **hair** /ɔɪ/ **boy** /ʊə/ **moor**

■ Consonnes

/b/ **bat** /p/ **pit** /l/ **lie** /s/ **sin**
/d/ **dog** /t/ **flat** /j/ **yes** /z/ **rose**
/f/ **flag** /k/ **cat** /v/ **viper** /θ/ **think**
/g/ **glad** /ʃ/ **sure** /ŋ/ **coming** /ð/ **then**
/h/ **honest** /w/ **was** /m/ **man**
/z/ **treasure** /r/ **run** /n/ **niece**

■ Syllabe non accentuée : /ə/ (**an amazing novel**)

B L'accent de mot

■ En anglais, les mots de deux syllabes et plus sont particulièrement accentués sur **une syllabe** (accent de mot). En alphabet phonétique, l'accent de mot est figuré par une apostrophe située avant la syllabe accentuée.

imagine → /ɪ'mædʒɪn/

PIÈGES ET DIFFICULTÉS

■ Consonne + **voyelle** + consonne (+ consonne...) → voyelle courte.

Exemples : **cat, map, flatter, trap, clatter, stammer** /æ/

■ Consonne + **voyelle** + consonne + voyelle → voyelle longue / diphtongue.

Exemples : **mare, stare** /eə/; **plate, late, pale** /eɪ/

■ Souvent les francophones veulent prononcer toutes les voyelles. Or, dans la plupart des mots, **seules les voyelles de la syllabe accentuée** sont prononcées de façon « pleine » (avec un son vocalique ou une diphtongue), les autres étant souvent prononcées /i/ ou /ə/.

an incredible story → /ən ɪn'kredɪbl 'stɔːri/

a comfortable sofa → /ə 'kʌmfərtəbl 'səʊfə/

■ Attention à la prononciation des mots suivants.

enough /ɪ'nʌf/ **blood** /blʌd/ **children** /'tʃɪldrən/

now /naʊ/ **child** /tʃaɪld/ **bear** /beə/

■ De façon générale, distinguez **-ch** /tʃ/ comme dans *sandwich*, de **-sh** /ʃ/ comme dans *English*.

■ Certains mots contiennent des lettres non prononcées.

know /nəʊ/ **would** /wʊd/ **friend** /frend/ **listen** /'lɪsən/

island /'aɪlənd/ **could** /kʊd/ **daughter** /'dɔːtə/ **half** /hɑːf/

■ Certains **suffixes**, appelés « **forts** », déterminent la place de l'accent de mot : ils déplacent l'accent à la syllabe qui les précède. Parmi ces suffixes, on trouve : **-ity, -ion, -ic(s), -ical, -ous, -ial**.

imagine → /ɪ'mædʒɪn/ → **imagination** /ɪmædʒɪ'nɒʃjən/

courage /'kʌrɪdʒ/ → **courageous** /kə'reɪdʒəs/

■ Parmi les **suffixes faibles** (qui ne déplacent pas l'accent de mot), on trouve : **-al, -hood, -ship, -ment**.

2 Prononciation des phrases

A Mots lexicaux et mots grammaticaux

En anglais, on n'accentue généralement pas les mots grammaticaux (déterminants, auxiliaires...) sauf s'ils sont porteurs d'une information importante. Par contre, on accentue les mots lexicaux (noms, adjectifs, verbes).

I didn't really understand what he was talking about.

[En gras, les mots lexicaux, qui sont accentués.]

/aɪ 'dɪdnɪt 'rɪəli ʌndə'stænd wɒt hi wəz 'tɔːkɪŋ ə'baʊt/

Notez dans cette phrase la prononciation de **was** /wəz/ et non /wɒz/.

B L'accent de phrase

On accentue généralement davantage le dernier mot lexical de la phrase (**accent de phrase**).

I didn't really understand what he was talking about.

Il arrive néanmoins que, pour insister sur un mot par opposition à d'autres, on l'accentue quelle que soit sa place. Comparez :

I met **Julie** yesterday. (Not Judy!) – I met Julie **yesterday**. (Not last week!)

C L'intonation

Attention à l'**intonation**, qui est différente en français et en anglais.

• Intonation montante

- Yes / no questions : **Are you sure?** ↗
- Listes inachevées : **I saw John, Paul, Pete...** ↗
- Phrases affirmatives / négatives sur un ton fier, joyeux : **I am so glad he passed his exam!** ↗

• Intonation descendante

- Phrases affirmatives / négatives sur un ton neutre ou triste : **She didn't mention anything.** ↘
- Wh- questions : **Why did you say that?** ↘



Il faut bannir l'intonation monocorde française. Écouter régulièrement la langue anglaise vous familiarisera avec ses accents de mots et de phrases.

D Les respirations

Il est important de ménager des souffles naturels dans la phrase. La ponctuation, mais aussi la structure de la phrase, vous aident à savoir où vous arrêter, sans couper une proposition sans raison. La lecture ne doit pas être hachée : il ne faut pas ajouter des « h » aspirés au début de chaque mot !

Did she say / why John mentioned that day / when they had been arrested by the police?

POUR S'EXPRIMER À L'ORAL



www.prepabac.com/media

■ Les mots clés

a bone of contention	une pomme de discorde	a statement	une affirmation
a sentence	une phrase	a topic	un sujet, un thème
to agree	être d'accord (I agree)	to express	exprimer
to argue	se disputer / débattre	to lay emphasis on	mettre l'accent sur
to assert	affirmer	to mean	vouloir dire
to chat	bavarder	to rephrase	reformuler
to convince	convaincre	to stress	accentuer
to discuss	discuter	to utter	prononcer
as far as I know	pour autant que je sache	well...	ben...
so to speak	pour ainsi dire	you know...	vous savez...

■ Les mots en situation

You may not **agree** about everything, even when you **chat** with your best friends. Some **topics** are real **bones of contention**. At the beginning, you can try to **convince** the person you **discuss** with, and if they don't understand what you **mean**, you may also **rephrase** your ideas, **you know**, to be clearer and **express** yourself better. But if you **assert** your convictions too strongly this may lead to **arguing** with the person, **so to speak**. **As far as I know**, the best way to **stress** the importance of a **sentence** or a **statement** is, **well**, to look at the person straight in the eyes when you **utter** it.

EXERCICES D'APPLICATION

EXERCICE 1

Retrouvez ces mots d'après leur transcription phonétique.

/'bɪznɪs/ : /'pleɪzə/ :
 /'neɪtɪv/ : /'θæŋk ju:/ :
 /'ʃʊgə/ : /dɪ'zaɪə/ :

EXERCICE 2

Écrivez ces mots en alphabet phonétique.

train: memorial:
 Thames: language:
 building: marvellous:

EXERCICE 3



www.prepabac.com/media

Astérix et Obélix arrivent sur les côtes anglaises. Repérez dans les phrases suivantes les pauses possibles et les mots accentués.



Asterix in Britain © 1966,
 translation by Anthea Bell and Derek Hockridge,
 Les éditions Albert René / Goscinny-Uderzo.

CORRIGÉS

EXERCICE 1

business - pleasure - native - thank you - sugar - desire

EXERCICE 2

/treɪn/ - /mɪ'mɒrɪəl/ - /temz/ (la Tamise) - /'læŋgweɪdʒ/ - /'bɪldɪŋ/ - /'mɑ:vələs/

EXERCICE 3



Notez l'insistance sur *We ourselves* fondée sur le contraste entre Anglais et Gaulois : « Nous aussi, nous y avons pensé... »

Obelix - You **know what**, / Asterix? I think a **tunnel** / between **Gaul** and **Britain** / would be a **good idea**. **Then**/ **people** could keep out of the **rain** and the **fog** on the **crossing**.
 Englishman - **We've** been thinking of a tunnel **ourselves**, / we've even **started digging** one, / but it **looks like taking** a jolly long **time, what!**

INDEX

Mathématiques

algorithme 6
alignement 64, 77
antécédent 26
caractère qualitatif 43
caractère quantitatif 43
carré (fonction) 32
coefficient directeur 34, 75, 77
coordonnées 66, 67
distance 69
droites parallèles 75, 79
droites sécantes 75, 79
échantillon 56
événement 53, 54
événement contraire 54
factorisation 12
fonction affine 31, 72
fonction croissante 28
fonction décroissante 28
fonction monotone 28
fractions 9
fréquences cumulées 44
histogramme 48, 49
hyperbole 33
identités remarquables 12
image 26
intersection 54
intervalle de fluctuation 56
inverse 9, 11, 33
maximum 28
minimum 28
opposé 11
ordonnée à l'origine 31, 72
orthonormal 66
orthonormé 66
parabole 32, 38-40
polynôme 38
pourcentage 32
principes de résolution 15, 16, 21
relation de Chasles 62
résolution graphique 19, 27
tableau de signes 23
tableau de variation 28
tangente 60
translations 61
union 23, 54
vecteurs colinéaires 64
volumes 82, 83

Physique-Chimie

année lumière 88
atome 86, 93-94, 101-104,
106-108, 129-131
classification périodique 111-112
concentration massique 146
concentration molaire 146

décantation 136
dilution 147-148
dispersion 92, 97-98
dissolution 146, 148, 171
échographie 125
électron 86, 101-114,
129-133
équation de réaction 154
étoile 86, 88, 95
extraction 135-137
fibroscopie 126
filtration 139
force 117-121, 159-165, 170,
173-174
fréquence 122, 124
fréquence respiratoire 166
gravitation 118-121
hydrodistillation 136-137
indice de réfraction 97, 134, 139
ion 106-110, 112-113
isomère 130
isotope 104-105, 142
lois de Descartes 97
longueur d'onde 92-93, 96-98, 125
mole 142-145
molécule 129-131, 142-143,
164-166, 169
neutron 101-105, 109-110
nucléon 101-105, 110
onde électromagnétique 125, 126
pesanteur 119-120, 160
planète 105, 115-118
poids 111, 119-120, 160
pression 134, 151-152, 164-174
principe d'inertie 117-118, 160
prisme 92-94, 97-98
proton 101-105, 109-110
radiographie 122, 125, 127
référentiel 115-118, 158-160,
161-162
réflexion 124-126
reflux (chauffage) 138
réfraction 97, 126
règles du duet et de l'octet
107-108, 112, 129
satellite 115, 118, 120-121
spectre continu 92, 93
spectre d'absorption 94-96
spectre de raies 93-94
système solaire 115-121
ultrason 124-125

SVT

accident musculaire 222-225
agrocarburant 205, 206
albédo 201
anthropique 199

atmosphère 175
barorécepteur 220
biocombustible 206
biodiversité 185-187, 206
biomasse 191-194, 205, 206
carbone 198, 199
cardio accélération 217, 218
cardio modération 218
cellules pacemaker 218
climat 199
combustible 192-198
couplage cardio-respiratoire 216
cycle biogéochimique 199
dégradation 205, 210, 211
dérive génétique 189
dopage 224
écosystème 186
électromagnétique 201
énergie 191, 193, 199, 202, 213
énergie renouvelable 192, 203
extinction 186, 190
gradient 202
humification 207
hydrocarbure 193-196
ligament 222
lithosphère 174, 175
macromolécule 179, 182
minéralisation 207
monomère 179
mutation 181, 183, 185, 189
nutriments 213
parenté 187, 188
pétrole 193-196
photosynthèse 191, 192
planète 174, 175
podzol 209, 210
polynucléotide 179, 182, 184
pression artérielle 214, 219, 220,
221
respiration 213, 217
unité astronomique 175
unité tendino-musculaire 223
urbanisation 205
vie 175
VO₂ max 213

Français

allégorie 240
analogie 240, 281, 292
antiphrase 241, 249
antithèse 239, 240, 242
bienséances 271
chiasme 239, 241
chute 252
classicisme 268-271
comédie 263, 265, 269-271
comique (registre) 249-250
comparaison 240
connecteur logique 231, 394

connotation 238
 dialogue 256, 266, 287, 288
 didascalie 266
 dilemme 289
 discours rapporté 256
 ellipse 255
 énonciation 226-228, 235, 266
 épique (registre) 247-248
 euphémisme 241
 focalisation 254
 hyperbole 242
 incipit 252
 ironie 241, 249
 lyrique (registre) 245, 283
 métaphore 240
 métonymie 241
 modalisateur 228
 narrateur 227, 254
 naturalisme 259, 260
 oxymore 241
 pamphlet 289
 plaidoyer 289
 polémique (registre) 248-249
 quiproquo 250
 réalisme 257-258, 259-260
 romantisme 278-280
 sonnet 275, 276-277
 sophisme 293
 stichomythie 266
 surréalisme 282-284
 syllogisme 293
 symbolisme 281-282
 thèse 290-291
 tragédie 263-264, 271
 tragique (registre) 245
 vers libre 275, 283

Histoire

Bible 324-326
 Bonaparte 340-341
 Botticelli 328
 censure 341
 Châtelet (Émilie du) 330-331
 citoyen 302-306, 336-337
 concile 310, 313, 326
 Constantinople (Istanbul) 307, 310, 318-319, 324
 Constitution 335, 337-340, 343-345
 Convention 335, 338-340
 croisade 310, 319
 Danton 340
 démocratie 302-304
 Diderot (Denis) 330, 335-336
 éducation 325
 égalité 302, 338-339, 343
 église 307-316, 320, 325-327, 329, 335, 338, 341
 enseignement 308, 327, 330, 344
 Érasme 325-326
 Gaillée 329
 Gutenberg 324
 humanisme 324-326, 328

islam 318-319
 Juifs 308, 310, 316, 319
 libéralisme 341-342
 Louis XVI 337-338
 Médicis 328
 monarchie parlementaire 333, 338, 342
 Montaigne 325
 Newton (Isaac) 330, 332
 opinion publique 329, 336-337, 345
 parlement 333-334
 Pékin 320-321
 Printemps des peuples 343
 Raphaël 328
 réforme 307, 326-327
 Renaissance 324-328
 république 305, 334-335, 338-341, 343-344
 Robespierre 339-340
 Rousseau (Jean-Jacques) 336
 Saint-Just 340
 Sainte-Alliance 342
 Tenochtitlan (Mexico) 322
 Voltaire 335

Géographie

Agenda 21 350, 351, 372
 agriculture 349-350, 352-361, 380, 383
 agrobusiness 353, 356
 agrocarburants (ou biocarburants) 355, 366
 aléa 355, 382, 384-386
 aridité 357, 358, 384
 biomasse 361, 363, 365-366
 commerce équitable 357
 crise alimentaire 355
 déforestation 356, 366
 développement 347-351, 356, 357, 379, 384-386
 développement durable 347-351, 356, 366, 368-372, 376, 378, 382
 écoquartier 372
 empreinte écologique 351
 équité 350
 famine 355
 frontière 365, 373-374
 front pionnier 353
gated communities 369
 géothermie 361, 366
 héliotropisme 379
 HQE 365, 372
 hydrocarbures 356, 362-365, 375, 376, 380
 IDH 347-348, 351
 intrants 356, 383
 littoralisation 378-379
 malnutrition 354
 mangrove 380, 381
 mégalopole 369, 378
 mégapole 368

métropolisation 368
 OGM 357
 pergélisol (ou permafrost) 373, 375, 377
 périurbanisation 369
 polder 360, 379
 protocole de Kyoto 351
 réchauffement climatique 351, 360, 363-364, 374-375, 377, 380-381
 risque 363-364, 369, 371, 380, 382-386
 sécheresse 355, 358, 382-383
 ségrégation sociospatiale 349, 369, 372, 384
 sous-alimentation 354-355, 384
 taux d'urbanisation 349, 368
 transition démographique 349
 vulnérabilité 371, 376, 384-385

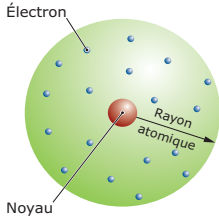
Anglais

but (expression du) 412, 424
 capacité (expression de la) 404
 cause (expression de la) 412, 423
 concession (expression de la) 412, 441
 condition (expression de la) 413, 424
 conseil (expression du) 405-406
 conséquence (expression de la) 398, 400, 412, 423
 consignes 415-418, 433, 439
 discours direct 408-409
 discours indirect 408-413
 il y a (traduction de) 399
 intonation 445
 langage (vocabulaire du) 418
link-words 441
 modaux 402-406
 mots de liaison 420, 421, 423, 441
 obligation (expression de l') 405
 opinion (expression de l') 441
 opposition (expression de l') 424
past perfect 399-400
 permission (expression de la) 404-405
 phonétique 443-444
 présent 395-396
present perfect 398-399
 presse (vocabulaire de la presse) 436-437
 prétérit 396-397
 probabilité (expression de la) 406
 pronoms relatifs 410-411, 423
 prononciation 443-445
 quantificateurs 392-393
 sentiments (vocabulaire des) 429-430
since 398-399, 412
 sport (vocabulaire du) 436-437
 subordonnées circonstancielles 411-413
 subordonnées relatives 410-411
tags 435

SCHÉMAS CLÉS EN PHYSIQUE-CHIMIE

La structure de l'atome

Un atome peut être représenté par une **sphère** dont le rayon est de l'ordre de 10^{-10} m. Au centre de cette sphère, se trouve le **noyau** dont le rayon est de l'ordre de 10^{-15} m.

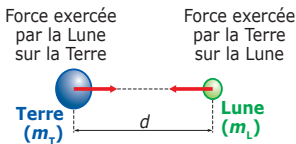


L'interaction gravitationnelle

Exemple: la loi de gravitation universelle permet d'exprimer l'intensité $F_{T/L}$ de la **force exercée par la Terre sur la Lune** (identique à l'intensité $F_{L/T}$ de la force exercée par la Lune sur la Terre) :

$$F_{T/L} = F_{L/T} = G \frac{m_T m_L}{d^2}$$

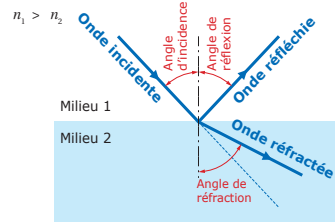
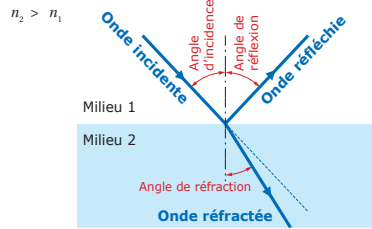
La force gravitationnelle exercée par la Terre sur la Lune est orientée du centre de la Lune vers le centre de la Terre, et réciproquement.



Force exercée par la Lune sur la Terre

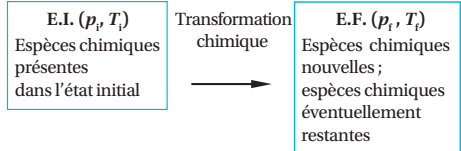
Force exercée par la Terre sur la Lune

Réflexion et réfraction



Transformation chimique

Lors d'une transformation chimique, un système chimique passe d'un état initial (E.I.) à un état final (E.F.) différent ; des espèces chimiques disparaissent (**réactifs**) et des espèces chimiques nouvelles se forment (**produits**).



Spectres lumineux

► Spectre continu de la lumière blanche



► Spectre de raies d'émission

À chaque entité chimique (atome ou ion), correspond un spectre de raies d'émission spécifique, constituant une véritable **signature**.

Exemple : mercure



► Spectre de raies d'absorption

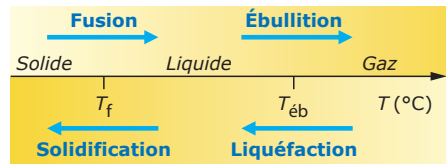
Le spectre de raies d'absorption d'un atome comporte des raies sombres, exactement aux **mêmes longueurs d'onde** que les raies du spectre d'émission de ce même atome.

Exemple : mercure



Changements d'état

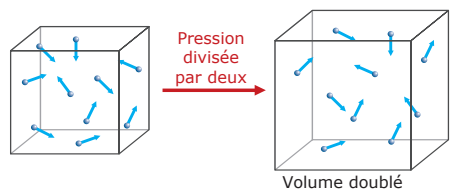
Pour une pression donnée, le changement d'état d'une espèce chimique a lieu à une **température fixe**.



La loi de Boyle-Mariotte

À température constante, la pression p et le volume V d'un nombre donné de molécules de gaz sont liés par la relation :

$$pV = \text{constante.}$$

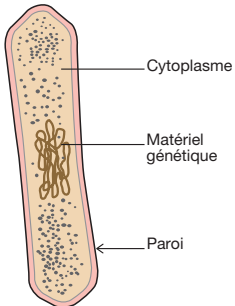


SCHÉMAS CLÉS EN SVT

Les cellules

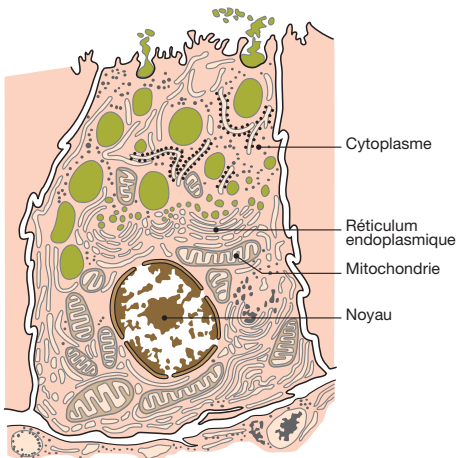
Les procaryotes

Les procaryotes sont des êtres vivants formés d'une seule cellule contenant un matériel génétique (chromosome) libre dans le cytoplasme. Ils n'ont pas d'enveloppe nucléaire et donc pas de noyau.

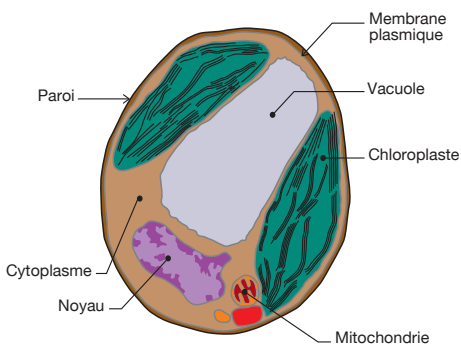


Les eucaryotes

Les eucaryotes sont des êtres vivants formés d'une ou de plusieurs cellules, dont l'information génétique est contenue dans un noyau délimité par une enveloppe nucléaire et dont le cytoplasme renferme plusieurs organites.



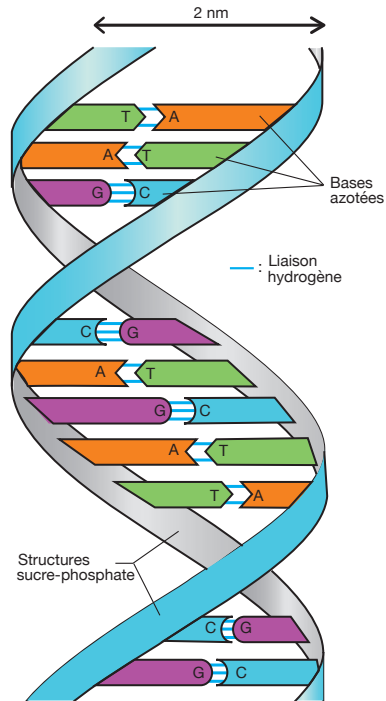
Cellule pancréatique



Cellule végétale chlorophyllienne

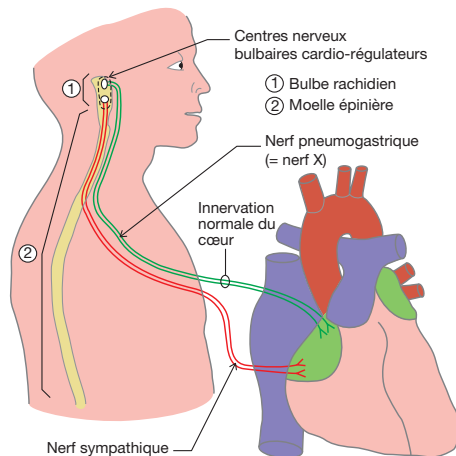
L'ADN

L'ADN est une molécule organique formée de deux chaînes ou brins, présentant une structure en double hélice. Elle constitue le support moléculaire universel du programme génétique.



Le contrôle nerveux de l'activité cardiaque

Le cœur est innervé par des fibres nerveuses appartenant aux systèmes sympathique et parasympathique : le nerf sympathique est cardioaccélérateur et le nerf pneumogastrique est cardiomodérateur.



FIGURES CLÉS EN MATHS

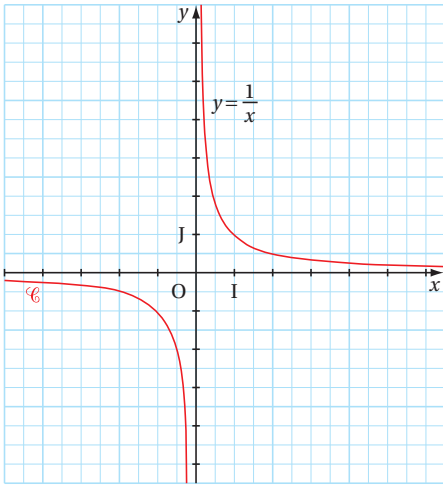
Fonctions

► Fonction inverse

La fonction inverse est la fonction définie sur \mathbb{R}^* par :

$$f(x) = \frac{1}{x}$$

Sa représentation graphique est une hyperbole.



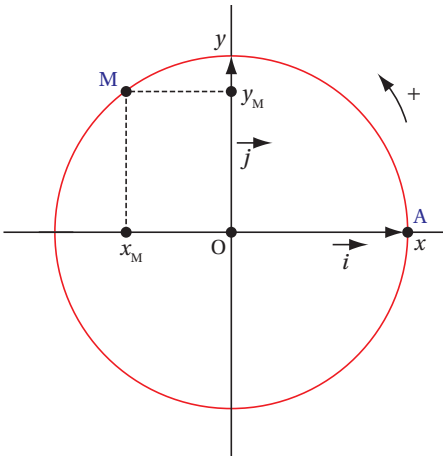
► Fonctions sinus et cosinus

Si x un réel positif, on enroule sur le cercle trigonométrique de centre O et d'origine A un fil de longueur x en fixant une extrémité en A et en enroulant le fil dans le sens positif; l'autre extrémité du fil se trouve alors en un point M , après plusieurs tours de cercle éventuellement.

Si x est un réel négatif, on enroule un fil de longueur $(-x)$ dans le sens négatif.

Par définition :

$$\cos(x) = x_M \text{ et } \sin(x) = y_M$$



Fonctions

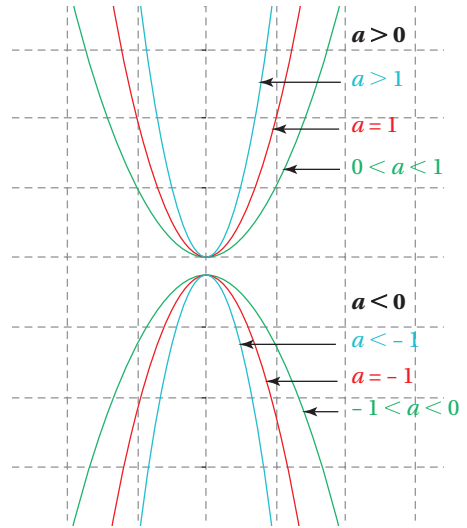
► Fonctions polynômes du second degré

Une fonction polynôme du second degré est une fonction définie sur \mathbb{R} par :

$$f(x) = ax^2 + bx + c$$

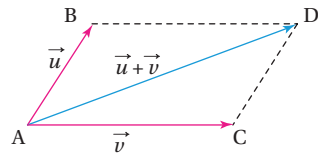
où a , b et c sont trois nombres réels fixés et $a \neq 0$.

Sa représentation graphique est une parabole.

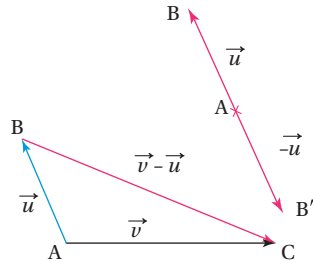


Vecteurs

► Addition

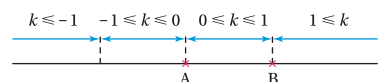


► Soustraction



► Multiplication par un réel

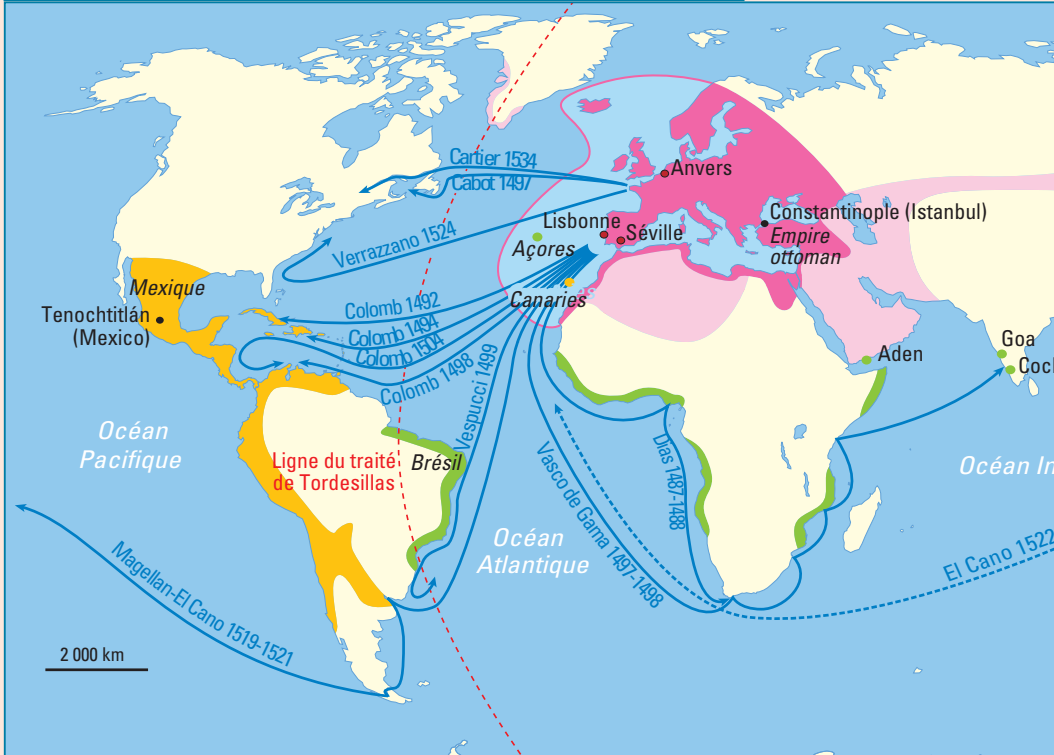
Place d'un point C pour que $\vec{AC} = k\vec{AB}$:



CHRONOLOGIE DE LA LITTÉRATURE FRANÇAISE

Période	Repères historiques	Auteurs	Mouvements littéraires
Moyen Âge	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 1450 : invention de l'imprimerie 	Marie de France Chrétien de Troyes Charles d'Orléans François Villon	
XVI^e siècle	▶ 1494-1559 : guerres d'Italie	Rabelais Marot	HUMANISME
	▶ 1562-1598 : guerres de religion	Du Bellay Ronsard	LA PLÉIADE
	▶ 1589-1610 : règne d'Henri IV	Montaigne	
XVII^e siècle	▶ 1610-1643 : règne de Louis XIII	Honoré d'Urfé Cyrano de Bergerac	BAROQUE
	▶ 1643-1661 : régence d'Anne d'Autriche	Corneille La Fontaine Molière	CLASSICISME
	▶ 1661-1715 : règne de Louis XIV	Madame de Sévigné Madame de la Fayette Racine La Bruyère	
XVIII^e siècle	▶ 1715-1774 : règne de Louis XV	Marivaux Voltaire Rousseau Diderot	LES LUMIÈRES
	▶ 1774-1792 : règne de Louis XVI	Beaumarchais Choderlos de Laclos	
	▶ 1789 : Révolution française		
XIX^e siècle	▶ 1804-1815 : Premier Empire	Chateaubriand Stendhal	ROMANTISME
	▶ 1815-1830 : Restauration	Hugo	RÉALISME
	▶ 1830-1848 : monarchie de Juillet	Balzac Flaubert	
	▶ 1848-1852 : révolution de 1848 II ^e République	Zola Maupassant	NATURALISME
	▶ 1852-1870 : Second Empire	Gautier	PARNASSE
	▶ 1870 : Commune de Paris début de la III ^e République	Baudelaire Mallarmé Verlaine	SYMBOLISME
	▶ 1895 : naissance du cinéma	Rimbaud	
XX^e et XXI^e siècles	▶ 1914-1918 : 1 ^{re} Guerre mondiale	Proust Apollinaire Céline	SURREALISME
	▶ 1939-1945 : 2 ^{de} Guerre mondiale	Éluard Breton Aragon	
	▶ 1946 : début de la IV ^e République	Sartre Camus	EXISTENTIALISME
	▶ 1958 : début de la V ^e République	Beckett Ionesco	THÉÂTRE DE L'ABSURDE
	▶ 1968 : mouvement de mai 68	Sarraute Robbe-Grillet	NOUVEAU ROMAN
	▶ 1969 : invention d'Internet	Ernaux Le Clézio Modiano	
	▶ 2013 : l'Union européenne des 28	Koltès	

L'élargissement du monde aux xv^e et xvi^e siècles



Gérer les ressources terrestres pour 7 milliards d'hommes





- Monde connu et fréquenté par les Européens à la fin du Moyen Âge
- Régions plus ou moins connues non fréquentées par les Européens à la fin du Moyen Âge
- Empire colonial espagnol
- Empire colonial portugais
- Grands ports européens
- Principaux voyages



- 1. Sept milliards d'hommes sur Terre...**
 - Foyers de peuplement principaux
 - Foyers de peuplement secondaires
 - Principales agglomérations
 - Pays à forte croissance démographique
- 2. ...dont les besoins sont inégalement satisfaits**
 - Régions en pénurie ou stress hydrique
 - Pays en état de sous-alimentation chronique
 - Principaux pays producteurs d'hydrocarbures
- 3. Des enjeux environnementaux à prendre en compte**
 - Zones côtières très peuplées, menacées par la hausse du niveau des mers
 - Dégradations du milieu par l'homme
 - Émissions de dioxyde de carbone
 - Conférences mondiales pour le développement durable

prépac

TOUT-EN-UN
COURS • EXOS • CORRIGÉS

Toutes les matières
en un seul ouvrage !



Dans chaque matière :

- l'essentiel du **cours**
- les **méthodes clés**
- **exercices** et **sujets**
- tous les **corrigés**



ACCÉDEZ GRATUITEMENT,*

avec l'achat de ce livre,
à toutes les ressources
du site **annabac.com**

- fiches de synthèse
- cours audio & vidéo
- quiz interactifs
- sujets corrigés...

* selon conditions précisées
sur le site **www.annabac.com**

Graphisme de couverture & illustrations : Philippe Sabin

Dans la même collection, pour la 2^{de} :

COURS & ENTRAÎNEMENT pour progresser toute l'année

