

Nouveau programme



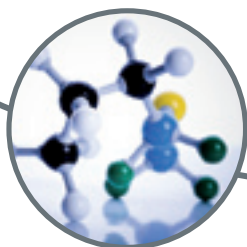
COLLECTION DULAURANS DURUPHTY

1^{re}
S

Physique Chimie

Observer > Comprendre > Agir

Livre du professeur



hachette
ÉDUCATION

Physique Chimie

1^{re} S

Livre du professeur

Sous la direction de

Thierry DULAURANS
Lycée Fernand-Daguin à Mérignac

André DURUPHTY
Lycée Paul-Cézanne à Aix-en-Provence

Michel BARDE
Lycée Marcel-Pagnol à Marseille

Nathalie BARDE
Lycée Saint-Charles à Marseille

Jean-Philippe BELLIER
Lycée Michel-Montaigne à Bordeaux

Vincent BESNARD
Lycée Montesquieu à Bordeaux

Marc BIGORRE
Lycée des Graves à Gradignan

Éric DAINI
Lycée Paul-Cézanne à Aix-en-Provence

Maryline DAINI-D'INCAN
Lycée Maurice-Janetti
à Saint-Maximin-la-Sainte-Baume

Marie des Neiges DE FLAUGERGUES
Lycée du Grésivaudan à Meylan

Magali GIACINO
Lycée Paul-Cézanne à Aix-en-Provence

Nicolas LESCURE
Lycée Michel-Montaigne à Bordeaux

Vanina MONNET
Lycée Michel-Montaigne à Bordeaux

Bruno POUDENS
Lycée des Graves à Gradignan

Isabelle TARRIDE
Lycée Val de Durance à Pertuis

hachette
ÉDUCATION

Sommaire

OBSERVER : Couleurs et images

1	Vision et images	3
2	Couleur des objets	11
3	Sources de lumières colorées	17
4	Pigments et colorants	23
5	Changement de couleur et réaction chimique	30
6	Des atomes aux molécules	39
	Exercices de synthèse	46

COMPRENDRE : Lois et modèles

7	Cohésion de la matière	48
8	Radioactivité et réactions nucléaires	53
9	Cohésion de la matière à l'état solide	59
10	Dissolution de composés ioniques ou moléculaires	65
11	De la structure aux propriétés, cas des alcanes et des alcools	76
12	Champs et forces	84
13	Principe de conservation de l'énergie	90
	Exercices de synthèse	96

AGIR : Défis du XXI^e siècle

14	Ressources énergétiques	98
15	Conversions d'énergie	101
16	Stockage et conversion de l'énergie chimique	107
17	Piles et accumulateurs, une réponse au défi énergétique	113
18	Composés organiques oxygénés	120
19	Synthèses organiques	126
20	Synthèse de nouveaux matériaux et de molécules biologiquement actives	136
	Exercices de synthèse	144

	Liste des ressources disponibles dans le manuel numérique enrichi 2.0	147
--	---	-----

Remarque

L'Inspection Générale de sciences physiques et chimiques fondamentales et appliquées ayant indiqué que la notation « = » était à proscrire dans les équations de réactions, nous avons remplacé les signes « = » par des doubles flèches ($\rightleftharpoons$) pour la réimpression de l'ouvrage. Il est donc probable que les élèves aient la version avec la notation préconisée ($\rightleftharpoons$). En revanche, la notation « = » figure dans tous les spécimens envoyés aux enseignants.

Couverture :
Pierre-Antoine Rambaud
**Maquette intérieure
et composition :**
CMB Graphic
Schémas :
Patrick Hanequand
et Jean-Luc Maniouloux

Vision et images

Chapitre

1

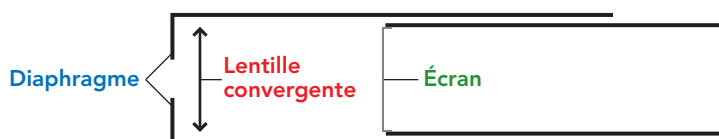
Activités

1 L'œil et l'appareil photographique (p. 14)

1 a. Pour obtenir une image nette d'un objet proche avec la maquette de l'œil, la distance lentille-écran étant fixe, il faut modifier la forme de la lentille jouant le rôle du cristallin. Lorsque l'objet se rapproche, il faut gonfler d'eau la poche de silicone pour retrouver une image nette.

b. Pour obtenir une image nette d'un objet proche avec la maquette de l'appareil photographique, la distance focale de la lentille étant fixe, il faut modifier la distance lentille-écran. À partir d'une visée à l'infini (vision nette d'un objet très éloigné), pour visualiser un objet proche, il faut reculer l'écran.

2 Schéma du modèle de l'appareil photographique :



3	Œil réel	Œil réduit	Appareil photographique
	Iris	Diaphragme	Diaphragme (ouverture)
	Cristallin	Lentille convergente	Objectif
	Rétine	Écran	Capteur

Manuel numérique 2.0
Animation : Accommodation de l'œil.
Vidéo : Maquette de l'œil réduit, accommodation.

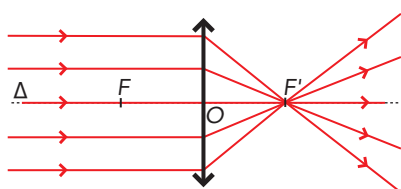
La vidéo disponible dans le manuel numérique peut servir pour la correction de cette activité.

2 Image d'un objet par une lentille convergente (p. 15)

A Étude des rayons caractéristiques

1. Schématisation des expériences	2. Association expérience/règle
Expérience a	Règle 3 : Tout rayon lumineux passant par le foyer objet, point de l'axe optique noté F, émerge de la lentille parallèlement à cet axe.
Expérience b	Règle 1 : Tout rayon lumineux passant par le centre optique O d'une lentille ne subit aucune déviation.

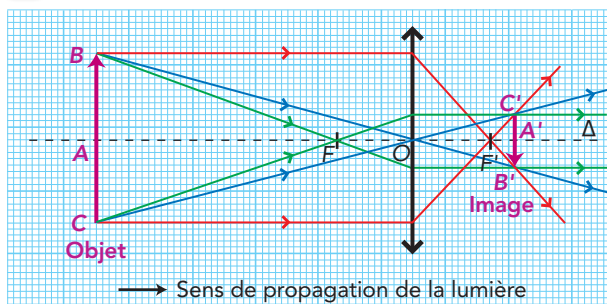
Expérience c



Règle 2 : Tout rayon lumineux arrivant parallèlement à l'axe optique Δ émerge de la lentille en passant par le foyer image, point de l'axe optique noté F' . La distance entre O et F' est la distance focale (notée f').

B Construction graphique

3



4 L'image A' du point A est sur l'axe optique, à l'intersection du segment $B'C'$ et de l'axe optique de la lentille.

5 Les rayons caractéristiques permettant de tracer l'image d'un point sont :

- le rayon passant par le centre optique O de la lentille ; il n'est pas dévié quand il traverse la lentille ;
- le rayon parallèle à l'axe optique Δ de la lentille ; il est dévié par la lentille vers son foyer image F' ;
- le rayon passant par le foyer objet F de la lentille ; il émerge de la lentille parallèle à l'axe optique Δ .

Manuel numérique 20
Animation : Construction de l'image par une lentille.

3 Quelles relations pour une lentille convergente ? (p. 16)

Complément

Sur un banc d'optique, on a placé un objet lumineux, une lentille convergente et un écran. Pour différentes distances lentille-objet, on recherche la position de l'écran permettant d'obtenir une image nette.

$\overline{OA}$: valeur algébrique de la distance entre l'objet et le centre de la lentille ;

$\overline{OA'}$: valeur algébrique de la distance entre le centre de la lentille et l'image ;

$\overline{AB}$: valeur algébrique de la dimension de l'objet ;

$\overline{A'B'}$: valeur algébrique de la dimension de l'image nette sur l'écran.

L'axe horizontal est orienté de gauche à droite (dans le sens de propagation de la lumière).

L'axe vertical est orienté de bas en haut.

1 Exemples de résultats obtenus avec des mesures au mm près sur le banc d'optique :

	Lentille $f' = +5$ cm			
$\overline{OA}$ (cm)	-10,0	-15,0	-20,0	-25,0
$\frac{1}{\overline{OA}}$ (cm ⁻¹)	-0,100	-0,0667	-0,0500	-0,0400
$\overline{OA'}$ (cm)	+10,0	+7,5	+6,7	+6,3
$\frac{1}{\overline{OA'}}$ (cm ⁻¹)	0,100	0,13	0,15	0,16
$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}}$ (cm ⁻¹)	0,200	0,20	0,20	0,20
$\overline{AB}$ (cm)	+2,5	+2,5	+2,5	+2,5
$\overline{A'B'}$ (cm)	-2,5	-1,3	-0,8	-0,6
$\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$	-1,0	-0,52	-0,3	-0,2
$\frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$	-1,00	-0,50	-0,34	-0,25

Manuel numérique 20

Vidéo : Établissement des relations de conjugaison et de grandissement.
Tutoriel : Usage du tableur.

	Lentille $f' = +10$ cm			
$\overline{OA}$ (cm)	-15,0	-20,0	-25,0	-30,0
$\frac{1}{\overline{OA}}$ (cm ⁻¹)	-0,0667	-0,0500	-0,0400	-0,0333
$\overline{OA'}$ (cm)	+30,0	+20,0	+16,7	+15,0
$\frac{1}{\overline{OA'}}$ (cm ⁻¹)	0,0333	0,0500	0,060	0,0667
$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}}$ (cm ⁻¹)	0,100	0,100	0,100	0,100
$\overline{AB}$ (cm)	+2,5	+2,5	+2,5	+2,5
$\overline{A'B'}$ (cm)	-5,0	-2,5	-1,7	-1,3
$\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$	-2,0	-1,0	-0,68	-0,52
$\frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$	-2,00	-1,00	-0,668	-0,500

	Lentille $f' = +20$ cm			
$\overline{OA}$ (cm)	-25,0	-30,0	-35,0	-40,0
$\frac{1}{\overline{OA}}$ (cm ⁻¹)	-0,0400	-0,0333	-0,0286	-0,0250
$\overline{OA'}$ (cm)	+100,0	+60,0	+47,0	+40,0
$\frac{1}{\overline{OA'}}$ (cm ⁻¹)	0,0100	0,0167	0,0213	0,0250
$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}}$ (cm ⁻¹)	0,0500	0,0500	0,0500	0,0500
$\overline{AB}$ (cm)	+2,5	+2,5	+2,5	+2,5
$\overline{A'B'}$ (cm)	-10,0	-5,0	-3,3	-2,5
$\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$	-4,0	-2,0	-1,3	-1,0
$\frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$	-4,00	-2,00	-1,34	-1,00

2 On constate que $\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'}$.

3 On constate que $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$.

4 Relation de conjugaison : $\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'}$

Relation de grandissement : $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$

Exercices (p. 21-28)

QCM

- 1** A; **2** 1. B; 2. B et C; **3**. A; **3** 1. A; 2. A et C; **3**. B; **4**. B et C; **5**. B; **6**. C; **7**. C; **4** 1. B; 2. B; **3**. C.

Application immédiate

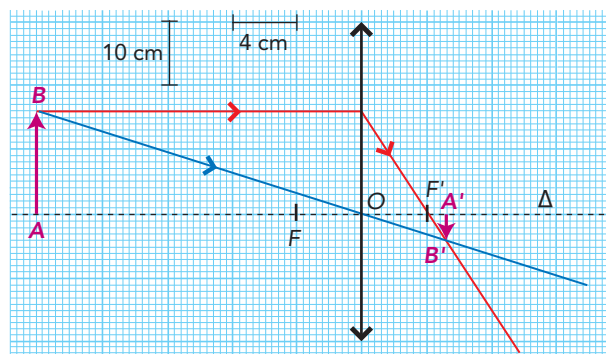
5 Avec $\overline{OA'} = 16,7$ mm = 1,67 cm et $\overline{OA} = -60$ cm, on trouve :

$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{1,67} - \frac{1}{-60} = \frac{1}{1,67} + \frac{1}{60}$$

soit $f' = 1,6$ cm, soit $f' = 1,6 \times 10^{-2}$ m.

Cela correspond à une vergence $V = \frac{1}{f'} = 62$ δ.

6 Le lézard est représenté par un segment fléché AB. En prenant une échelle verticale de 1 cm pour 10 cm, le segment mesure 1,6 cm.



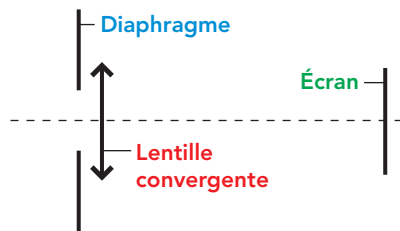
D'après le schéma : l'image est située 5 cm derrière la lentille, sa taille est de 4 cm et elle est renversée par rapport à l'objet.

Pour commencer

7 Connaître le modèle de l'œil

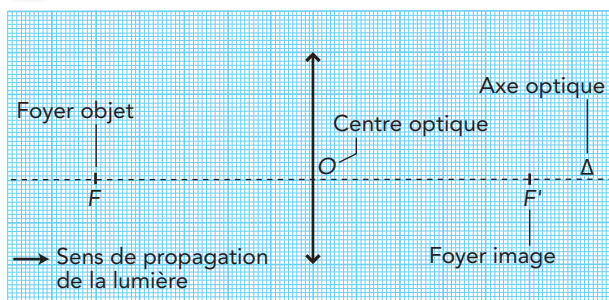
1. $1 \leftrightarrow b$ (iris) ; $2 \leftrightarrow a$ (cristallin) ; $3 \leftrightarrow c$ (rétine).

2. a.



b. Le diaphragme correspond à l'iris, la lentille convergente au cristallin et l'écran à la rétine.

8 Schématiser une lentille



9 Lire un schéma

1. Il s'agit d'une lentille convergente.

2. Sa distance focale est de 4,0 cm, soit 0,040 m.

3. Sa vergence est donc $V = \frac{1}{f'} = \frac{1}{0,040} = 25 \delta$.

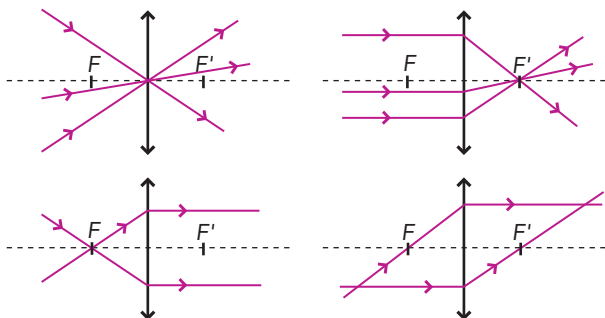
10 Calculer une vergence et une distance focale

1. $V = \frac{1}{f'} = \frac{1}{5,0 \times 10^{-2}} = 20 \delta$.

2. $f' = \frac{1}{V} = \frac{1}{5,0 \times 10^{-2}} = 0,20 \text{ m} = 20 \text{ cm}$.

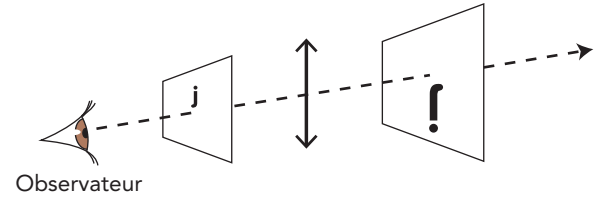
3. La lentille la plus convergente est celle dont la vergence est la plus grande. C'est donc la première lentille ($20 \delta > 5 \delta$).

11 Tracer des rayons lumineux



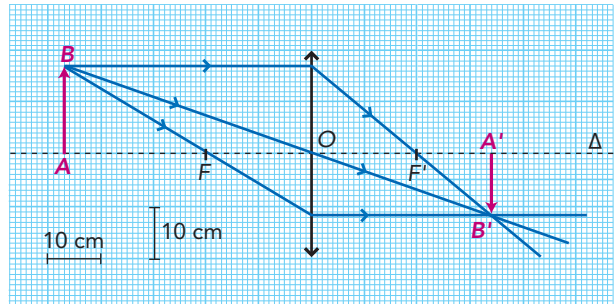
12 Prévoir le sens d'une image

Il s'agit de la proposition 2. Sur l'écran, l'image est retournée horizontalement et verticalement.



13 Construire une image

1.



2. L'image est située à 35 cm de la lentille : $\overline{OA'} = 35 \text{ cm}$.

Elle est renversée. Sa hauteur est 13 cm : $\overline{A'B'} = -13 \text{ cm}$.

14 Appliquer la relation de conjugaison

$$1. \frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'}$$

$$\text{soit } \frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{f'} + \frac{1}{\overline{OA}} = 8,0 + \frac{1}{-0,25}$$

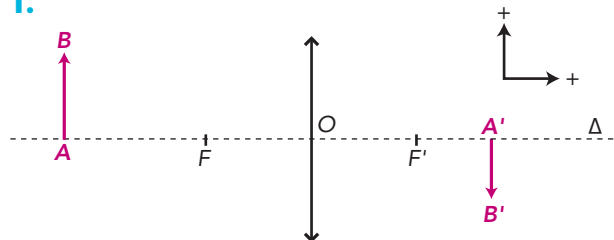
Il vient donc $\overline{OA'} = 0,25 \text{ m}$, soit 25 cm.

$$2. \frac{1}{\overline{OA_1}} = \frac{1}{\overline{OA'_1}} - \frac{1}{f'} = \frac{1}{0,15} - 8,0$$

Il vient donc $\overline{OA_1} = -0,75 \text{ m}$, soit -75 cm.

15 Trouver les caractéristiques d'une image

1.



2. $\overline{OA} < 0$; $\overline{OA'} > 0$; $\overline{AB} > 0$; $\overline{A'B'} < 0$.

3. La relation de conjugaison est $\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'}$

$$\text{D'où } \frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{f'} + \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{0,100} + \frac{1}{-0,300} = 6,67 \text{ m}^{-1}$$

d'où $\overline{OA'} = +0,150 \text{ m} = +150 \text{ mm}$.

L'image est située à droite de la lentille, à 150 mm de celle-ci.

4. On peut en déduire la taille de l'image, en utilisant la relation du grandissement :

$$\gamma = \frac{OA'}{OA} = \frac{A'B'}{AB}$$

$$D'où \overline{A'B'} = \overline{AB} \cdot \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = 0,010 \times \frac{0,150}{-0,300}$$

$$\overline{A'B'} = -5,00 \times 10^{-3} \text{ m}$$

L'image est inversée et mesure 5 mm.

16 Comparer l'œil et l'appareil photographique

1.

Œil réel	Appareil photographique
Iris	Diaphragme
Cristallin	Objectif
Rétine	Capteur

2. Dans l'œil, l'image doit se former sur la rétine ; dans l'appareil photographique, elle doit se former sur le capteur (pellicule ou capteur électronique).

3. En effectuant la mise au point, le photographe déplace la lentille par rapport au capteur pour que l'image se forme toujours sur le capteur. L'image est alors nette.

4. Dans l'œil, la distance entre le cristallin et la rétine est fixe. L'accommodation consiste à modifier la courbure du cristallin pour adapter la distance focale de l'œil afin d'obtenir une image nette sur la rétine.

Pour s'entraîner

17 Distance focale d'une lentille

1. La dioptrie est l'unité de vergence. Cette lentille porte l'inscription +8 δ.

Elle a une vergence $V = +8$ dioptries.

La vergence est l'inverse de la distance focale, d'où

$$f' = \frac{1}{V}. \text{ La distance focale est donc :}$$

$$f' = \frac{1}{8} = 0,125 \text{ m} = 12,5 \text{ cm}.$$

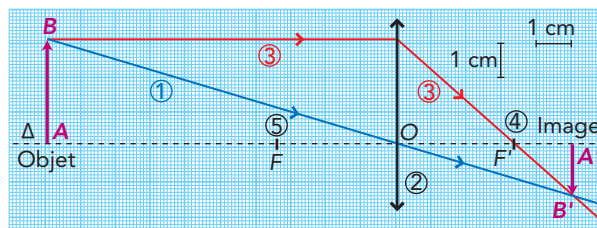
Remarque : L'indication de la vergence inscrite sur la lentille ne permet pas de connaître la précision de cette valeur.

2. Faire parvenir sur la lentille un faisceau de rayons parallèles à son axe optique : ces rayons convergent vers le foyer image F' .

Mesurer la distance entre le centre de la lentille et le foyer image F' : c'est la distance focale de la lentille.

18 À chacun son rythme

Une fois le schéma complété, on obtient :



B' est l'image de B : tout rayon issu de B converge en B' .

2. a. Un rayon lumineux passant par le centre optique d'une lentille n'est pas dévié. ①

b. Le centre optique O est sur l'axe optique de la lentille ; il est à l'intersection de tous les rayons non déviés par la lentille. On peut ainsi placer la lentille ayant pour centre O . ②

3. a. Un rayon lumineux incident parallèle à l'axe optique d'une lentille est dévié vers le foyer image F' de la lentille. ③

b. Le foyer image F' de la lentille est à l'intersection du rayon venant de B parallèlement à l'axe optique après sa traversée de la lentille et de l'axe optique. ④

c. Le foyer objet F de la lentille est le symétrique de F' par rapport à O . ⑤

d. La distance focale f' de la lentille est la distance OF' . Elle vaut $f' = 3,3 \text{ cm}$.

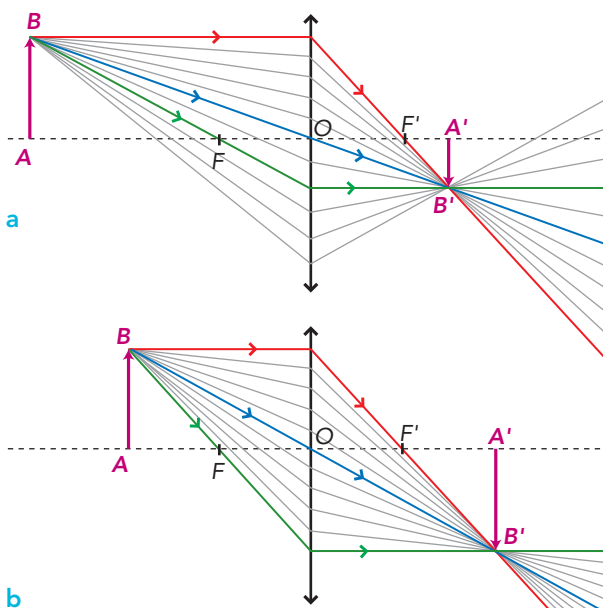
4. La vergence V est l'inverse de la distance focale : $V = 30 \delta$.

19 Évolution de l'image

1. L'image est renversée.

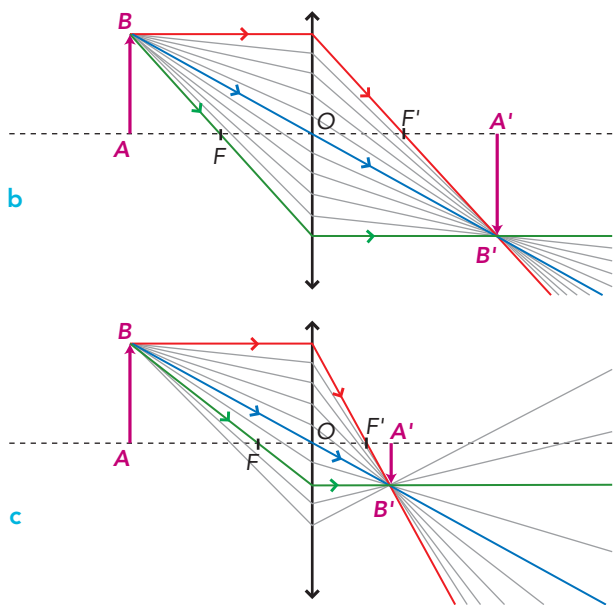
2. La taille de l'image est inférieure à celle de l'objet quand l'objet est très éloigné de la lentille (schéma a). Elle est supérieure à celle de l'objet quand l'objet est proche de la lentille (schéma b).

Remarque : l'objet et l'image ont la même taille lorsque la distance entre l'objet et la lentille égale à deux fois la distance focale.



3. La distance image-lentille augmente (voir les schémas de la question 2).

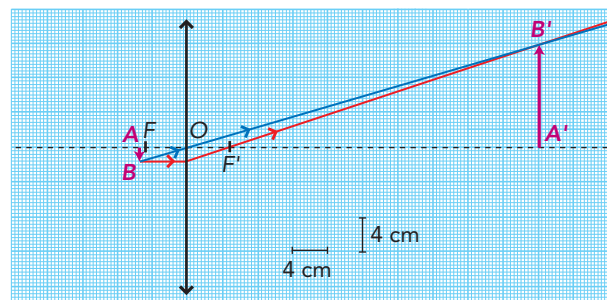
4. Si la lentille a une distance focale plus petite, la distance lentille-image diminue.



20 Chercher l'objet

1. La distance focale de la lentille est :
 $f' = \frac{1}{V} = \frac{1}{20} = 0,050 \text{ m}$, soit $f' = 5,0 \text{ cm}$.

2.



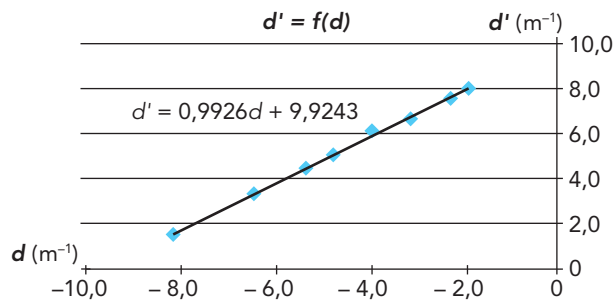
3. Graphiquement, on trouve $\overline{OA} \approx 6 \text{ cm}$ et $\overline{AB} \approx -1,8 \text{ cm}$.

4. $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} \approx -7$

21 Relation de conjugaison

1.

$\overline{OA}$ (cm)	$\overline{OA'}$ (cm)	d (m ⁻¹)	d' (m ⁻¹)
-12,0	61,0	-8,3	1,6
-15,0	30,5	-6,7	3,3
-18,0	22,5	-5,6	4,4
-20,0	20,0	-5,0	5,0
-25,0	16,5	-4,0	6,1
-30,0	15,5	-3,3	6,5
-40,0	13,5	-2,5	7,4
-50,0	12,5	-2,0	8,0



On obtient donc $d' \approx d + 10$
ou encore $d' - d = 10 \text{ m}^{-1}$.

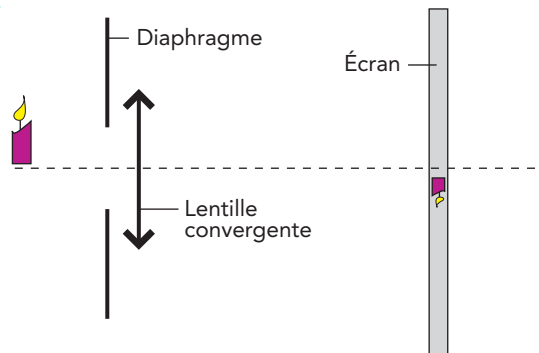
2. Avec les notations de l'exercice, la relation de conjugaison s'écrit :

$$d' - d = \frac{1}{f'}$$

Par identification, on en déduit la distance focale de la lentille : $f' = \frac{1}{10} = 0,10 \text{ m} = 10 \text{ cm}$.

22 Un modèle de l'œil

1.



2. Dans l'œil, la distance entre la lentille (cristallin) et l'écran (rétine) est fixe. La distance focale doit pouvoir varier pour que l'image se forme toujours sur la rétine.

3. La distance focale de l'œil au repos est la distance entre la lentille et la rétine, soit 25 mm.

4. Lorsque l'œil accommode, cette distance diminue. Pour un objet situé à 25 cm, d'après la relation de conjugaison, on a :

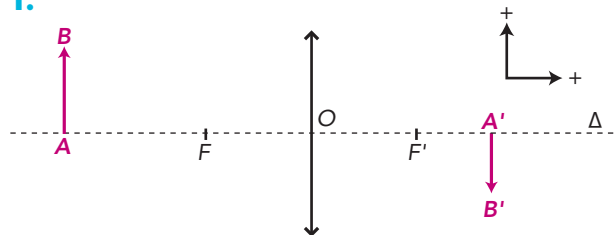
$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'}$$

$$\text{donc } \frac{1}{f'} = \frac{1}{25 \times 10^{-3}} - \frac{1}{-25 \times 10^{-2}} = 44 \text{ m}^{-1}$$

$$\text{d'où } f' = 2,3 \times 10^{-2} \text{ m} = 23 \text{ mm}$$

23 Un peu de lecture

1.



2. On peut en déduire la taille de l'image, en utilisant la relation du grandissement :

$$\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$$

$$\overline{A'B'} = \overline{AB} \cdot \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = 0,004 \times \frac{0,023}{-0,29}$$

$$= -3,2 \times 10^{-4} \text{ m} = -0,32 \text{ mm}$$

L'image rétinienne d'un caractère est inversée et mesure 0,32 mm.

3. La relation de conjugaison est :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'}$$

$$\text{d'où } \frac{1}{f'} = \frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{0,023} - \frac{1}{-0,29} = 46,9 \text{ m}^{-1}$$

$$\text{d'où } f' = +0,021 \text{ m} = +2,1 \text{ cm.}$$

La distance focale de son cristallin est de 2,1 cm.

4. Quand on regarde un objet lointain, le cristallin est moins convergent, sa distance focale augmente.

Pour aller plus loin

24 D'où viennent les pouvoirs de Superman ?

1. D'après le texte, la taille de l'œil doit être plus grande. La pupille doit être plus grande. Les arcades doivent être plus proéminentes et les sourcils plus épais. Enfin la densité des cônes doit augmenter.

2. Les rayons lumineux se propagent dans l'atmosphère qui en absorbe une partie. Pour que la source lointaine reste visible, il faut que la quantité de lumière pénétrant dans l'œil soit suffisante. Il faut donc augmenter la taille de la pupille.

3. Dans les conditions décrites, l'image est très éloignée de l'œil, on peut considérer qu'elle est à l'infini. On a alors $\overline{OA'} = f'$.

D'après la relation de grandissement, le diamètre de l'image est alors :

$$\overline{A'B'} = \overline{AB} \cdot \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = 23,2 \times \frac{0,0500}{-1000} = -1,16 \times 10^{-3} \text{ mm.}$$

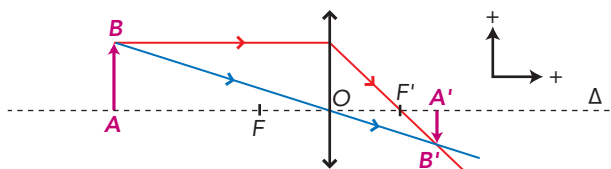
4. La surface de l'image est :

$$S = \pi \times R^2 = \pi \times \left(\frac{1,16 \times 10^{-3}}{2} \right)^2 \approx 1 \times 10^{-6} \text{ mm}^2.$$

D'après le texte, Superman a un million de cônes par millimètre carré, donc un pour 10^{-6} mm^2 . Ainsi la pièce n'est vue que par un seul cône. C'est donc la limite de vision pour Superman !

25 Appareil photographique

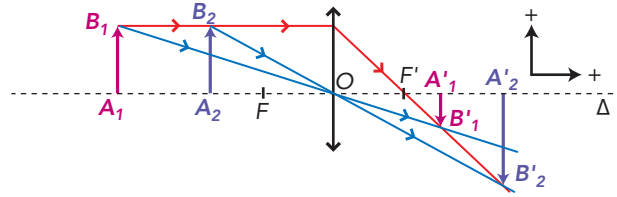
1. L'image qui se forme sur le capteur est renversée.



2. a. L'image d'un objet à l'infini se forme dans le plan perpendiculaire à l'axe optique et contenant le foyer image de l'objectif; la distance lentille-capteur est alors égale à la distance focale de l'objectif, soit 50 mm.

b. Quand on rapproche l'objet de la lentille, l'image s'éloigne de la lentille; la distance lentille-capteur augmente.

c. Quand on rapproche l'objet de la lentille, la taille de l'image augmente (voir schéma ci-dessous).



3. a. Quand la distance objet-lentille diminue, la distance lentille-image augmente. Pour avoir une image nette sur le capteur, il faut que la distance lentille-capteur augmente (voir 2.b.)

b. $\overline{OA'}_{\text{max}} = 55 \text{ mm}$

D'après la relation de conjugaison, il vient :

$$\frac{1}{\overline{OA}} = -\frac{1}{f'} + \frac{1}{\overline{OA'}} = -\frac{1}{0,050} + \frac{1}{0,055} = -1,8 \text{ m}^{-1}$$

$$\text{d'où } \overline{OA} = -5,5 \times 10^{-1} \text{ m} = -55 \text{ cm.}$$

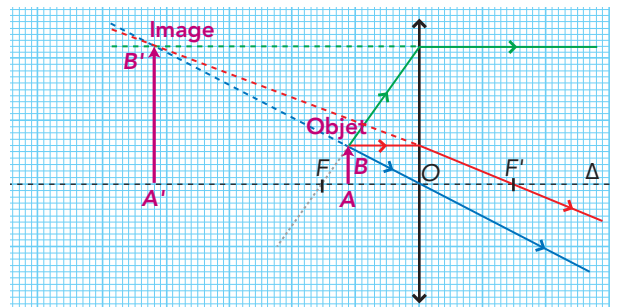
La distance minimale est donc 55 cm.

26 Comprendre le fonctionnement d'une loupe

1. L'objet et son image se trouvent du même côté de la lentille. L'œil de l'observateur se trouve de l'autre côté.

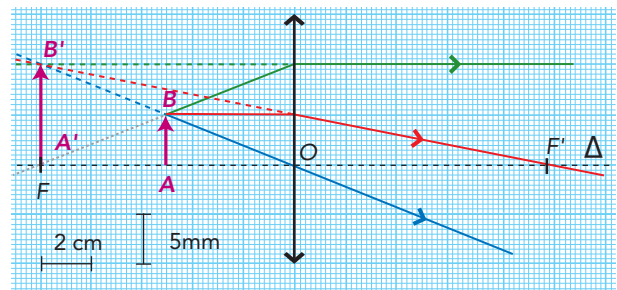
2. Une image virtuelle n'est pas observable sur un écran, car elle est située « avant » la lentille.

3. a. b. c.



27 Observer à la loupe

1. 2. 3.



L'image est à gauche de la lentille (du même côté que l'objet), on ne peut l'observer sur un écran. Dans cette situation, on parle d'image virtuelle.

4. L'image mesure 10 mm, elle est droite et située à 10 cm à gauche de la lentille.

$$5. \frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{f'} + \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{10} + \frac{1}{-5,0}$$

$$\text{soit } \overline{OA'} = -10 \text{ cm.}$$

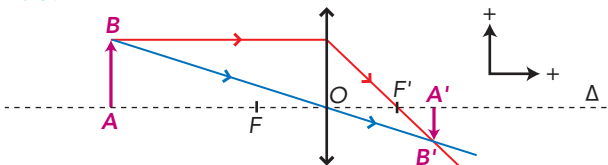
$$\text{Taille : } \gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$$

$$\text{soit } \overline{A'B'} = \frac{\overline{OA'} \cdot \overline{AB}}{\overline{OA}} = \frac{-10 \times 5,0}{-5,0} = +10 \text{ mm.}$$

Retour sur l'ouverture du chapitre

28 Autofocus

1. a.



b. Relation de conjugaison :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'}$$

Si l'objet est à l'infini, $\frac{1}{\overline{OA}} \approx 0$, ainsi $\frac{1}{\overline{OA'}} \approx \frac{1}{f'}$.

Donc la distance entre la lentille et le capteur doit être égale à la distance focale de la lentille pour que l'image nette se forme sur le capteur.

2. a. Lorsque le système autofocus fait la mise au point, la distance lentille-capteur est modifiée.

b. Lorsque le photographe se rapproche du sujet photographié, $|\overline{OA}|$ diminue, donc $|\frac{1}{\overline{OA}}|$ augmente, comme $\frac{1}{\overline{OA}}$ est négatif, $-\frac{1}{\overline{OA}}$ est positif.

Pour que $\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}}$ reste constant et égal à $\frac{1}{f'}$ il faut

que $\frac{1}{\overline{OA'}}$ diminue, donc que $\overline{OA'}$ augmente.

Il faut donc éloigner la lentille du capteur (voir le schéma de l'exercice 25).

3. a. Avec les notations habituelles : $\overline{AB} = 230 \text{ m}$; $f' = 50 \text{ mm}$; $\overline{OA} \approx -800 \text{ m}$ (à cette distance, on peut confondre la distance entre l'objet et la lentille et la distance entre l'objet et le photographe), on obtient :

$$\frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{1}{f'} + \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{0,050} + \frac{1}{-800} \approx \frac{1}{0,050}$$

Il faudra placer la lentille à 50 mm du capteur pour obtenir une image nette de ce pylône.

$$\text{b. } \gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$$

$$\text{Ainsi } \overline{A'B'} = \frac{\overline{OA'} \cdot \overline{AB}}{\overline{OA}} = \frac{0,05 \times 230}{-800} = 0,014 \text{ m} = 1,4 \text{ cm.}$$

On obtiendra donc une photographie complète de ce pylône avec un capteur de 2,4 cm de hauteur.

4. a. Pour percevoir une image nette lorsqu'il se rapproche du pylône, le cristallin doit diminuer la distance focale en augmentant sa courbure.

b. Ce phénomène se nomme « accommodation ».

5. a. L'accommodation s'effectue de façon automatique.

b. La distance entre le centre de la lentille (cristallin) et le capteur (rétine) reste constante dans le cas de l'œil. La mise au point est faite par l'œil en modifiant la distance focale.

Couleur des objets

Chapitre

2

Activités

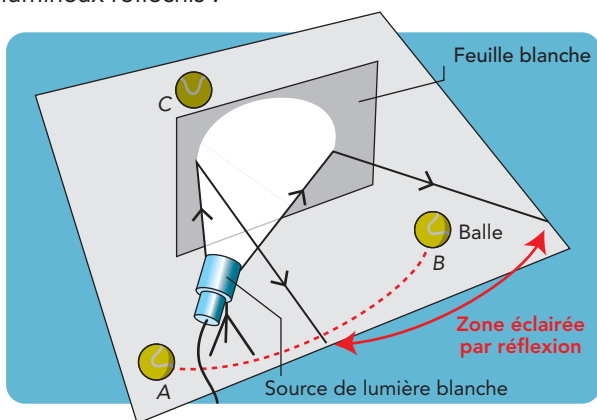
1 Toute la lumière sur l'éclairage (p. 30)

1 La balle est toujours éclairée lorsqu'on la déplace devant la feuille blanche entre les positions A et B.

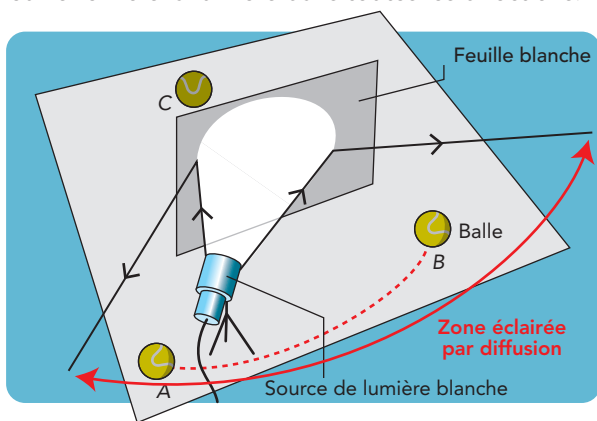
2 a. Lois de la réflexion :

- Le rayon incident, le rayon réfléchi et la normale sont contenus dans le plan d'incidence.
- Les angles d'incidence et de réflexion sont égaux.

b. La balle placée en A n'est pas éclairée par réflexion, car elle n'est pas située dans le faisceau de rayons lumineux réfléchis :



3 La balle en A est éclairée par diffusion, car la feuille renvoie la lumière dans toutes les directions.

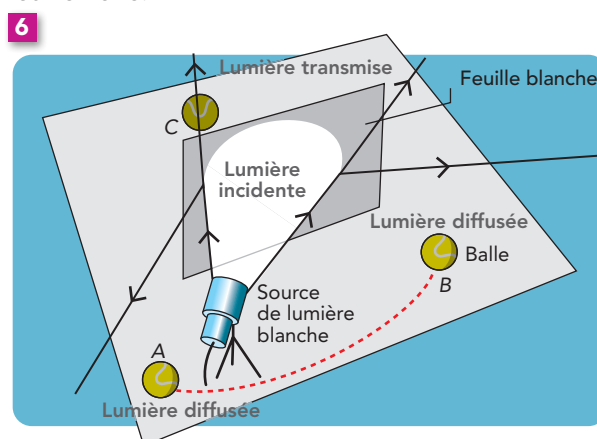


4 Pour une position donnée, la balle est la plus éclairée avec la feuille blanche.

5 a. La balle en C est principalement éclairée avec la feuille transparente, car c'est elle qui est la plus traversée par la lumière.

b. La feuille qui transmet le plus la lumière est donc celle qui est transparente.

c. La feuille qui absorbe le plus la lumière est celle qui en transmet et en diffuse le moins, c'est-à-dire la feuille noire.



2 Un objet, des couleurs (p. 31)

1 Le spectre de la lumière blanche est constitué d'une infinité de radiations allant du violet au rouge.

2	Filtre	Rouge	Vert	Bleu	Jaune	Magenta	Cyan
	Couleurs transmises	Rouge	Vert	Bleu	Rouge et vert	Rouge et bleu	Bleu et vert
	Couleurs absorbées	Cyan	Magenta	Jaune	Bleu	Vert	Rouge

Manuel numérique 2.0

Simulation : Synthèse soustractive (avec filtres).

- 3 a.** Le filtre rouge absorbe le vert et le bleu et laisse passer le rouge. Le filtre jaune laisse passer le rouge et le vert. La lumière transmise sera rouge.
- b.** Le filtre rouge absorbe le vert et le bleu et laisse passer le rouge. Le filtre cyan transmet le bleu et le vert, il absorbe le rouge. Aucune lumière n'est transmise à la sortie de ces deux filtres.
- 4** L'ordre des filtres n'a pas d'importance.

5

Couleur de la lumière transmise par la superposition de deux filtres	Rouge	Vert	Bleu	Jaune	Magenta	Cyan
Rouge	Rouge	Aucune	Aucune	Rouge	Rouge	Aucune
Vert	Aucune	Vert	Aucune	Vert	Aucune	Vert
Bleu	Aucune	Aucune	Bleu	Aucune	Bleu	Bleu
Jaune	Rouge	Rouge	Aucune	Jaune	Rouge	Vert
Magenta	Rouge	Aucune	Bleu	Rouge	Magenta	Bleu
Cyan	Aucune	Vert	Bleu	Vert	Bleu	Cyan

Complément

Tableau à compléter par les élèves :

	Rouge	Vert	Bleu	Jaune	Magenta	Cyan
Rouge						
Vert						
Bleu						
Jaune						
Magenta						
Cyan						

3 Vert, c'est bleu ? (p. 31)

Complément

De nombreux logiciels permettent d'illustrer la notion de couleur d'un objet.

Manuel numérique
Simulation : Couleur d'un objet.

- 1** La lumière blanche permet de voir la couleur des différents objets.
La lampe à vapeur de sodium est une source de lumière jaune.
On choisit un objet bleu que l'on place dans un endroit obscur. On l'éclaire avec la lampe à vapeur de sodium.
- 2** L'objet bleu éclairé par la lampe à vapeur de sodium est perçu noir.
Avec ce matériel, l'hypothèse initiale n'est pas vérifiée.
- 3** La couleur perçue d'un objet dépend de l'objet ainsi que de la lumière qui l'éclaire.

4 Les couleurs d'un écran LCD (p. 32)

Complément

De nombreux logiciels permettent d'illustrer la synthèse additive et le principe de restitution des couleurs sur un écran.

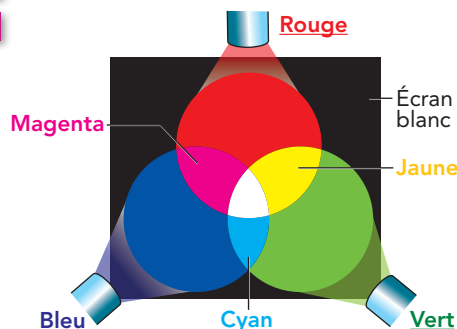
A Synthèse additive des couleurs

- 1 a.** On travaille avec un écran blanc de manière à ce que les lumières colorées ne soient pas absorbées.
b. Avec un écran noir, on ne verrait rien car les lumières seraient absorbées.
- 2 a.** Les couleurs primaires en synthèse additive sont le rouge, le vert et le bleu.
b. Lorsqu'on additionne à une lumière colorée rouge des lumières colorées verte et bleu, on obtient de la lumière blanche. La couleur complémentaire du rouge correspond à l'addition de vert et de bleu, c'est-à-dire du cyan. La couleur complémentaire du rouge est le cyan.

En effectuant un raisonnement similaire, on peut dire que la couleur complémentaire du vert est le magenta et celle du bleu le jaune.

3 En additionnant des lumières colorées rouge, verte et bleue, on obtient une lumière blanche.

4



B Principe de l'écran plat LCD

5 Un pixel est une unité de surface de l'écran qui comporte trois petites zones, appelées sous-pixels, pouvant s'illuminer les uns en rouge, d'autres en vert et les dernières en bleu.

6 Les cristaux liquides transmettent la lumière aux filtres colorés ou, au contraire, empêchent son arrivée sur les filtres colorés. Ils jouent le rôle de stores.

7 Un pixel est perçu rouge si seul le sous-pixel rouge est éclairé.

8

	A	B	C	D	E	F	G
Sous-pixels illuminés	RVB	RB	RV	VB	R	B	V
Couleur perçue du pixel	Blanc	Magenta	Jaune	Cyan	Rouge	Bleu	Vert

9 Si aucune lumière n'est émise par chacun des trois sous-pixels, on peut observer un pixel noir.

10 Dans un écran LCD (*Liquid Cristal Display*), la lumière traverse des cristaux liquides. Cette lumière provient d'une lampe fluorescente ou d'un panneau de diodes électroluminescentes (DEL) de couleur blanche situées à l'arrière de l'écran. Elle traverse ensuite un filtre, soit rouge, soit vert, soit bleu. La couleur d'un pixel est obtenue à partir de trois sous-pixels de couleurs rouge, verte et bleu.

Dans un écran plasma, le rayonnement lumineux provient d'un gaz (argon et xénon) contenu dans les sous-pixels de l'écran. Chaque sous-pixel est une microscopique lampe fluorescente qui émet une couleur primaire : soit rouge, soit vert, soit bleu.

11 Un pixel est composé de trois sous-pixels. Chaque sous-pixel émet ou transmet une lumière rouge ou verte ou bleue. La variation d'intensité de ces trois lumières colorées de couleurs primaires permet de former par synthèse additive une grande quantité de couleurs.

Exercices (p. 37-44)

QCM

- 1** B; **2** 1. C; 2. A; 3. B; 4. A; 5. C; 6. A;
3 1. A; 2. C; 3. B.

Application immédiate

- 4** 1. Les couleurs des lumières transmises et diffusées sont le vert et le rouge. La couleur de la lumière absorbée est le bleu. En effet, en synthèse additive,

le jaune est une superposition de lumières colorées verte et rouge.

- 2.** La couleur de la lumière qui traverse le verre et son contenu est rouge. En effet, le verre rouge absorbe le vert et le bleu.

- 5** D'après la synthèse additive, la couleur perçue pour A est le blanc (superposition des trois lumières primaires), la couleur perçue pour B est le jaune (superposition de lumières verte et rouge) et la couleur perçue pour C est le rouge.

Pour commencer

6 Connaître le principe de la vision des couleurs

1. On trouve trois types de cônes dans l'œil humain.
2. Le premier type de cônes est le plus sensible aux radiations de longueurs d'onde proches de 450 nm (bleu).

Le deuxième type de cônes est le plus sensible aux radiations proches de 540 nm (vert).

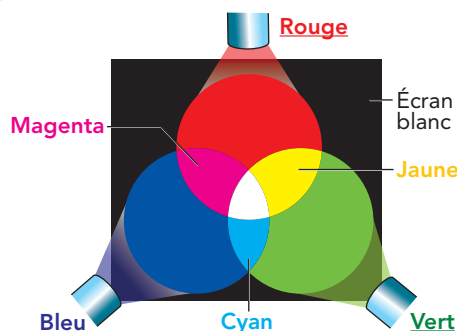
Le troisième type de cône est le plus sensible aux radiations proches de 600 nm (rouge).

3. C'est la synthèse additive qui permet de reproduire des couleurs à partir de trois couleurs de base.

7 Connaître la synthèse additive

1. Les couleurs primaires de la synthèse additive sont le rouge, le bleu et le vert.

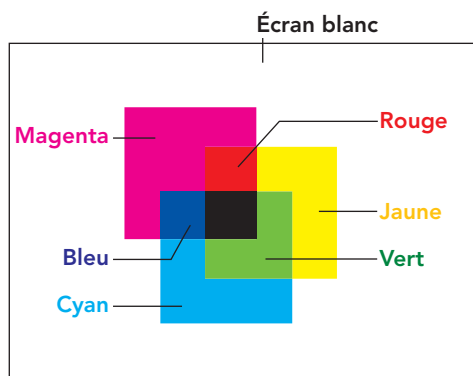
2. En synthèse additive, la superposition de lumières rouge et verte donne une lumière jaune, donc on place le vert. Puis, on place la troisième couleur primaire, le bleu. Enfin, on complète les dernières zones.



8 Connaître la synthèse soustractive

1. Les couleurs primaires de la synthèse soustractive sont le magenta, le jaune et le cyan.

2.



9 Connaître les couleurs complémentaires

1. En synthèse additive, la couleur complémentaire du rouge est le cyan, celle du vert est le magenta et celle du bleu est le jaune.
2. En synthèse soustractive, la couleur complémentaire du magenta est le vert, celle du jaune est le bleu et celle du cyan est le rouge.

10 Prévoir la couleur d'une lumière

1. D'après la synthèse soustractive, la couleur obtenue après avoir traversé un filtre jaune et un filtre cyan est la couleur verte.

2. Pour obtenir une couleur rouge, la lumière blanche doit traverser un filtre jaune et un filtre magenta. Le troisième filtre doit donc être magenta.

3. En superposant les trois filtres MJC, toute la lumière blanche incidente est absorbée.

11 Utiliser la synthèse additive

1. Les couleurs jaune, verte, bleue, magenta, cyan et rouge apparaissent sur la photographie.

2. En synthèse additive, le vert, le bleu et le rouge sont les couleurs des lumières primaires.

3. Le bleu, le vert et le rouge sont obtenus directement. Le jaune est obtenu en additionnant des lumières colorées verte et rouge. Le magenta est obtenu en additionnant du bleu et du rouge. Le cyan est obtenu en additionnant des lumières colorées verte et bleue.

12 Comprendre les couleurs d'un écran

1. Les écrans couleur utilisent trois couleurs : le bleu, le vert et le rouge.

2. Afin d'obtenir pratiquement toutes les couleurs avec ces écrans, on utilise la synthèse additive.

13 Connaître le vocabulaire

Un vitrail diffuse, transmet et absorbe de la lumière.

Une peinture colorée diffuse et absorbe de la lumière.

Une pomme verte diffuse et absorbe de la lumière.

14 Distinguer couleur perçue et couleur spectrale

1. La couleur perçue par l'œil est le vert.

2. La lumière que l'œil reçoit est principalement constituée de radiations bleues, vertes, jaunes et rouges. Les plus intenses sont les radiations vertes.

15 Exploiter un spectre

1. Cette lampe émet une lumière dont les radiations sont principalement bleues et rouges.

2. La couleur perçue devrait être magenta (par superposition de lumière bleue et de lumière rouge).

16 Comprendre la couleur d'un objet

1. Éclairée en lumière blanche, la pomme est rouge.

2. Éclairée en lumière rouge, la pomme est rouge. Éclairée en lumière bleue, elle est noire.

3. La couleur d'un objet dépend de l'objet ainsi que de la lumière qui l'éclaire.

17 Connaître un défaut de vision

1. a. Les personnes atteintes de daltonisme ont des difficultés pour distinguer certaines couleurs.

b. Ce nom vient de John DALTON, physicien anglais, qui souffrait de ce problème.

2. Un individu atteint de deutéranopie ne distingue pas les couleurs verte et rouge.

Pour s'entraîner

18 Voir en relief

1. Le filtre rouge est traversé principalement par des radiations de couleur rouge; le filtre bleu, par des radiations de couleur bleue.

2. L'image projetée en bleu est absorbée par le filtre rouge. L'œil placé devant le filtre rouge ne voit que l'image rouge projetée sur l'écran, l'image bleue est masquée. De même, le filtre bleu ne laisse pas passer les radiations rouges, l'image rouge est masquée.

19 L'art et les crayons

Traduction du texte et des questions :

« L'artiste américain Christian Faur a rassemblé des milliers de crayons de couleur pour créer son œuvre intitulée *True Color Series*, un travail minutieux inspiré du *Pixel Art*.

1. Qu'appelle-t-on pixel pour une image ? Pourquoi cette approche artistique est-elle nommée *Pixel Art* ?

2. À quel type de synthèse lumineuse cette technique fait-elle appel si l'on s'éloigne de l'œuvre ?

3. À la place d'un crayon de couleur cyan, Christian Faur aurait pu utiliser deux autres crayons. Préciser leurs couleurs.

4. À quel mouvement impressionniste cette technique est-elle apparentée ? »

Réponses aux questions :

1. Un pixel est le plus petit point coloré que l'on trouve dans une image. L'ensemble de ces points constitue l'image.

Cette approche artistique est appelée *Pixel Art* car chaque crayon représente un point coloré comme un pixel sur une image.

2. En s'éloignant de l'image, on ne distingue plus les crayons et de ce fait les points colorés qui la constituent. Tout se passe comme lors de la synthèse additive de lumières colorées.

3. À la place d'un crayon cyan, Christian Faur aurait pu associer des crayons bleu et vert.

4. Ce mouvement impressionniste est apparenté au pointillisme.

20 La quadrichromie

Manuel numérique

Simulation :
Synthèse soustractive & Principe de l'imprimerie (voir chapitre 4).

1. En imprimerie, on travaille en synthèse soustractive des couleurs.

2. En synthèse soustractive, les couleurs cyan, magenta et jaune sont appelées les couleurs primaires.

3. On obtient du noir ou du moins une couleur sombre en mélangeant ces trois couleurs primaires.

4. L'ajout du noir permet d'avoir un noir plus intense afin de mieux contraster les images, et de produire des textes plus nets. Le noir est une couleur moins coûteuse à fabriquer que les autres, son intérêt est également économique.

21 La perception des couleurs

1. Sur la rétine d'un œil humain, on trouve des cônes et des bâtonnets.

2. Les cellules sensibles aux couleurs sont les cônes.

3. a. Les cellules A sont les plus sensibles pour des radiations de longueur d'onde comprises entre 400 nm et 450 nm, entre 490 nm et 560 nm pour les cellules B et entre 540 nm et 620 nm pour les cellules C.

b. Ces intervalles de longueurs d'onde correspondent à des radiations violettes et bleues pour les cellules A, vertes pour les cellules B et vertes, jaunes, oranges et rouges pour les cellules C.

c. La couleur perçue se situe dans le jaune lorsque les cellules de types B et C sont stimulées.

22 La trichromie

1. a. Le schéma 1 correspond à la synthèse additive, car le rouge, le vert et le bleu sont les couleurs primaires dans ce type de synthèse.

b. Le cercle blanc en bout de flèche correspond à l'addition des trois lumières colorées bleue, verte et rouge. En synthèse additive, cela donne du blanc.

c. Les deux losanges en dessous du cercle vert sont cyan et jaune. Ils correspondent aux encres qu'il faudrait mélanger afin d'obtenir du vert.

2. a. Le schéma 2 correspond à la synthèse soustractive, car le magenta, le jaune et le cyan sont les couleurs primaires dans ce type de synthèse.

b. Le mélange des peintures cyan, magenta et jaune permet d'obtenir du noir.

c. Les deux cercles en dessous du losange cyan sont bleu et vert. Ils correspondent aux couleurs des lumières à superposer afin d'obtenir du cyan.

23 À chacun son rythme

1. Les couleurs des radiations d'une lumière blanche émise par une lampe à incandescence sont le violet, le bleu, le vert le jaune, l'orange et le rouge.

2. Un filtre cyan transmet les radiations vertes et bleues.

3. Un objet jaune peut diffuser des radiations de couleur rouge, orange, jaune et verte.

4. L'objet jaune reçoit des radiations vertes et bleues. Il ne diffuse que les vertes. Il est perçu vert.

Pour aller plus loin

24 Une couleur vue sous plusieurs angles

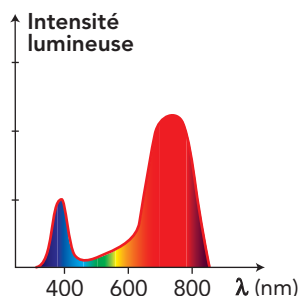
1. L'absorption est le phénomène par lequel un objet éclairé absorbe une partie la lumière incidente.
2. La couleur perçue est la couleur vue par l'œil humain. Ici, la couleur perçue est le magenta.
3. Cette lumière est principalement composée de radiations violettes, bleues, oranges et rouges.
4. Le profil spectral nous indique l'intensité relative des radiations de cette lumière. On constate qu'elle contient toutes les radiations du spectre, mais les plus intenses sont les violettes, les bleues, les oranges et les rouges, ce sont les seules radiations visibles sur le spectre.

25 Ne pas se fier à la couleur

1. Éclairé en lumière blanche, un poivron rouge diffuse le rouge et absorbe le vert et le bleu. Éclairé en lumière blanche, le poivron vert diffuse le vert et absorbe le rouge et le bleu.
 2. Un filtre vert absorbe le rouge et le bleu.
 3. En intercalant un filtre vert, le poivron rouge apparaît noir, car il ne reçoit plus de rouge, qui est la couleur qu'il diffuse.
- Le poivron vert apparaît toujours vert, car il reçoit toujours du vert, qui est la couleur qu'il diffuse.

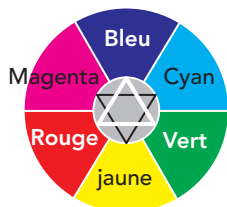
26 Filtre et profil spectral

1. La lumière émise par la lampe doit être de la lumière blanche, car elle comporte toutes les radiations du rouge au violet.
2. Seules les radiations rouges sont transmises par le filtre : le filtre est rouge.
3. La lumière transmise par le filtre magenta comporte des radiations rouges et des radiations bleues.



27 Complémentaires, mon cher Watson

1. a. Les couleurs primaires en synthèse additive sont aux sommets du triangle blanc. Les couleurs primaires en synthèse soustractive sont aux sommets du triangle noir.



b. La couleur dominante du sang est le rouge et celle du bloc opératoire est le vert. Des cônes différents sont sollicités afin de percevoir ces deux lumières colorées.

2. Un objet jaune diffuse des radiations rouges, jaunes et vertes. Le chirurgien en détournant son regard du sang recevrait des radiations rouges provenant de l'environnement. Ces cônes sensibles au rouge ne seraient jamais au repos.

Retour sur l'ouverture du chapitre

28 Les couleurs d'un écran

1. Le plasma émet un rayonnement UV, il émet donc des ondes électromagnétiques.
 2. Le revêtement de chaque alvéole absorbe le rayonnement UV et émet de la lumière visible.
 3. Si les sous-pixels sont soit éteints soit illuminés, on ne peut obtenir que 8 teintes :
 - du noir s'ils sont tous éteints;
 - du rouge ou du vert ou du bleu si un seul est illuminé;
 - du cyan, du magenta ou du jaune si deux sont illuminés;
 - du blanc s'ils sont tous illuminés.
 4. Dans ce cas, le vert est quasiment éteint. Le pixel paraît proche du magenta (rouge + bleu).
 5. Chaque sous-pixel peut prendre 256 intensités différentes et il y a trois types de sous-pixels. Le nombre de teintes possibles est donc $256^3 = 16\,777\,216$ teintes.
- Nos yeux sont bien incapables de distinguer autant de teintes différentes.
6. Il y a $1920 \times 1080 = 2\,073\,600$ pixels sur l'écran. Cela représente 6220 800 alvéoles.

Sources de lumières colorées

Chapitre

3

Activités

1 Des sources lumineuses différentes (p. 46)

1 a. Sources chaudes : lampes à incandescence ; lampes halogènes ; Soleil.

Sources froides : lampes à diode électroluminescente (DEL) ; lampes fluocompactes ; laser.

b. Les spectres des sources monochromatiques possèdent une seule raie, alors que les spectres des sources polychromatiques présentent plusieurs raies ou sont continus.

Sources polychromatiques : lampes à diode électroluminescente (DEL) ; lampes à incandescence ; lampes halogènes ; lampes fluocompactes ; Soleil.

Source monochromatique : laser.

2 a. Les bandelettes situées à proximité du violet, dans la zone noire, ont noirci comme celles qui sont dans le spectre. Il existe donc un rayonnement au-delà du violet.

Conseil

La concentration du nitrate d'argent doit être comprise entre $0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ et $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Le spectre peut être peu étendu, mais il doit être très intense.

b. La température mesurée par le thermomètre situé dans la zone noire à proximité du rouge est plus élevée que celle mesurée par un thermomètre plus éloigné. Il existe donc un rayonnement au-delà du rouge.

2 Quand vient la loi de Wien ! (p. 47)

Manuel numérique

Simulation & vidéo :
Spectre continu et température.

1 Lorsque la température d'une source chaude augmente :

a. son spectre s'enrichit de radiations bleues et violettes ;

b. la couleur perçue passe du rouge au bleu ;

c. le maximum d'intensité lumineuse de son profil spectral se déplace vers les courtes longueurs d'onde.

2 a. b. Protocole

► Augmenter progressivement l'intensité du courant électrique afin d'élever la température du filament tout en l'observant au spectroscope.

c. Lorsque la température du filament augmente, il passe du rouge au blanc et le spectre de la lumière émise s'enrichit en radiations bleues. Les résultats observés sont bien en accord avec les réponses aux questions 1.a et 1.b.

3	θ (°C)	3500	6500
	λ_{max} (nm)	≈ 750	≈ 450

Lorsque θ augmente, λ_{max} diminue ; cela est en accord avec la loi de Wien.

4 La radiation émise avec la plus grande intensité par cette étoile a une longueur d'onde, dans le vide, d'environ 470 nm.

5 D'après la loi de Wien : $\theta = \frac{2,89 \times 10^6}{540} - 273$.

La température de surface de l'étoile est d'environ 5100 °C.

6 Pour déterminer la température de surface d'une étoile à partir de son profil spectral, il faut repérer la longueur d'onde λ_{max} (exprimée en nanomètre) de la radiation émise avec le maximum d'intensité, puis il faut appliquer la loi de Wien :

$$\theta = \frac{2,89 \times 10^6}{\lambda_{\text{max}}} - 273.$$

La température est exprimée en °C (degré Celsius).

3 La lumière d'un atome (p. 48)

Manuel
numérique
Animation :
Modèle de Bohr.

1 Le photon est une particule sans masse qui se déplace à la vitesse de la lumière et qui porte une quantité d'énergie nommée « quantum d'énergie » dont la valeur est :

$$|\Delta\mathcal{E}| = h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

avec $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$, $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ et λ : longueur d'onde la radiation exprimée en nanomètre.

2 $|\Delta\mathcal{E}| = |\mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_1| = |-1,51 - (-3,40)| = 1,89 \text{ eV}$,
soit $|\Delta\mathcal{E}| = 1,89 \times 1,6 \times 10^{-19} = 3,02 \times 10^{-19} \text{ J}$.

3 $|\Delta\mathcal{E}| = h \cdot \frac{c}{\lambda}$, soit $\lambda = \frac{h \cdot c}{|\Delta\mathcal{E}|}$

$$\lambda = \frac{6,63 \times 10^{-34} \times 3,00 \times 10^8}{3,02 \times 10^{-19}} = 6,59 \times 10^{-7} \text{ m} = 659 \text{ nm}.$$

Les valeurs des énergies conduisent à une longueur d'onde de 659 nm, ce qui est cohérent avec la radiation de 656 nm lue sur le spectre.

4 a. $|\Delta\mathcal{E}| = h \cdot \frac{c}{\lambda} = \frac{6,63 \times 10^{-34} \times 3,00 \times 10^8}{4,86 \times 10^{-7}}$
 $= 4,09 \times 10^{-19} \text{ J}$,

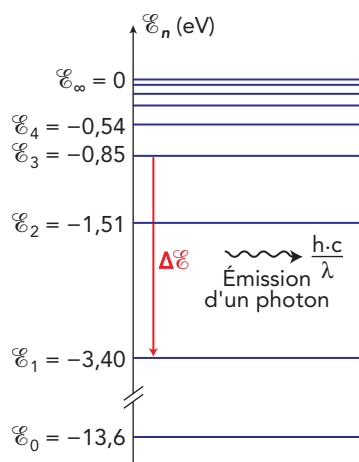
$$\text{soit } |\Delta\mathcal{E}| = \frac{4,09 \times 10^{-19}}{1,60 \times 10^{-19}} = 2,56 \text{ eV}.$$

b. Le niveau d'énergie initial est déterminé par la relation $|\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_x| = 2,56 \text{ eV}$,
soit $|-3,40 - \mathcal{E}_x| = 2,56 \text{ eV}$.

Il s'agit d'un spectre d'émission donc $\mathcal{E}_x > -3,40 \text{ eV}$.
On obtient alors $\mathcal{E}_x = -3,40 + 2,56 = -0,84 \text{ eV}$.

D'après le diagramme, c'est le niveau $\mathcal{E}_3$.

c.



Exercices (p. 53-60)

QCM

- 1** 1. B et C; 2. B; 3. A et C; **2** 1. C; 2. A;
3 1. C; 2. A; 3. A; 4. B et C; **4** 1. A; 2. B et C.

Application immédiate

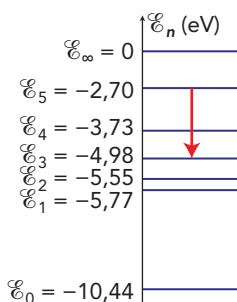
5 1. L'énergie de la transition correspondante a pour expression :

$$\mathcal{E} = \frac{h \cdot c}{\lambda} = \frac{6,63 \times 10^{-34} \times 3,00 \times 10^8}{546 \times 10^{-9}}$$

$$\mathcal{E} = 3,64 \times 10^{-19} \text{ J}.$$

$$2. \mathcal{E} = \frac{3,64 \times 10^{-19}}{1,60 \times 10^{-19}} = 2,28 \text{ eV}.$$

$$3. 4,98 - 2,70 = 2,28$$



Pour commencer

6 Connaître le vocabulaire

La première source est polychromatique, la deuxième est monochromatique.

7 Connaître les longueurs d'onde du spectre

La radiation 1 appartient au domaine du visible (entre 400 nm et 800 nm), la radiation 2 au domaine des UV et la radiation 3 au domaine des IR.

8 Exploiter la relation entre fréquence et longueur d'onde

$$1. \nu_1 = \frac{c}{\lambda_1} = 4,74 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

$$2. \lambda_2 = \frac{c}{\nu_2} = 5,32 \times 10^{-7} \text{ m} = 532 \text{ nm}$$

9 Couleurs des étoiles

1. λ_{max} est la longueur d'onde pour laquelle le profil spectral de la lumière émise par une source chaude passe par un maximum d'intensité. Quand la température de surface d'une étoile θ augmente λ_{max} diminue.

2. Lorsque θ augmente, la couleur de l'étoile évolue du rouge vers le bleu.

L'étoile A est rouge, l'étoile B est jaune et l'étoile C est bleue.

10 Comprendre la loi de Wien

1. $\lambda_{\max}$ est la longueur d'onde pour laquelle le profil spectral de la lumière émise par une source chaude passe par un maximum d'intensité. θ est la température du corps qui émet cette lumière.

2. Quand $\lambda_{\max}$ augmente, θ diminue.

$$3. \lambda_{\max} = \frac{2,89 \times 10^6}{\theta + 273}$$

$$4. \lambda_{\max} = \frac{2,89 \times 10^6}{20000 + 273} = 143 \text{ nm.}$$

Cette radiation est une radiation ultraviolette.

11 Structure de l'atome

1. L'énergie d'un atome ne peut pas prendre n'importe quelle valeur. Elle ne peut prendre que des valeurs bien définies. On dit qu'elle est quantifiée.

2. Les raies d'émissions du spectre d'un élément chimique correspondent à des transitions énergétiques. L'atome dans un niveau d'énergie excité se désexcite en émettant des photons d'énergie bien définie.

3. Deux entités chimiques différentes ne peuvent pas avoir le même spectre de raies, car elles n'ont pas les mêmes niveaux d'énergies.

12 Calculer l'énergie d'un photon

1. L'énergie du photon correspondant a pour expression :

$$\mathcal{E} = \frac{h \cdot c}{\lambda} = 6,63 \times 10^{-34} \times \frac{3,00 \times 10^8}{516 \times 10^{-9}}$$

$$\mathcal{E} = 3,85 \times 10^{-19} \text{ J.}$$

$$2. \mathcal{E} = \frac{3,85 \times 10^{-19}}{1,60 \times 10^{-19}} = 2,41 \text{ eV.}$$

13 Calculer des énergies et longueurs d'onde

Énergie (eV)	Énergie (J)	Longueur d'onde dans le vide (nm)
2,86	$4,58 \times 10^{-19}$	435
2,56	$4,09 \times 10^{-19}$	486
1,90	$3,03 \times 10^{-19}$	656

14 Exploiter un diagramme énergétique

1. $\mathcal{E} = |\Delta \mathcal{E}| = |\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_0| = |-3,54 - (-5,39)| = 1,85 \text{ eV}$, soit $2,96 \times 10^{-19} \text{ J}$.

Lors de cette transition de l'atome de lithium, le photon émis a une énergie de $2,96 \times 10^{-19} \text{ J}$.

$$2. \lambda = \frac{h \cdot c}{\mathcal{E}} = \frac{6,63 \times 10^{-34} \times 3,00 \times 10^8}{2,96 \times 10^{-19}} = 6,72 \times 10^{-7} \text{ m,}$$

soit 672 nm.

La radiation associée a une longueur d'onde de 672 nm, ce qui correspond à une radiation rouge.

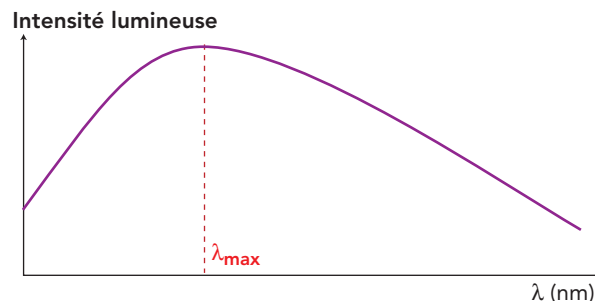
15 Interpréter les raies noires d'un spectre

1. Les raies noires observées dans le spectre sont des radiations absorbées par les entités chimiques présentes dans l'atmosphère du Soleil.

2. En absorbant une radiation lumineuse, une entité chimique gagne de l'énergie. C'est donc le schéma **b** qui permet d'interpréter les raies noires contenues dans le spectre du Soleil.

16 Interpréter l'allure d'un profil spectral

1. Allure globale du profil spectral de la lumière venant du Soleil :



$\lambda_{\max}$ est la longueur d'onde pour laquelle l'intensité lumineuse est maximum.

2. La valeur de $\lambda_{\max}$ permet de déterminer la température de surface du Soleil grâce à la loi de Wien.

3. Les minima d'intensité lumineuse qui apparaissent sur le profil spectral sont dus à l'absorption de certaines radiations par les entités chimiques présentes dans l'atmosphère solaire. Ils permettent de déterminer la composition chimique de l'atmosphère solaire.

Pour s'entraîner

17 Lampe à vapeur de sodium

1. Les longueurs d'onde appartenant :

- a. au domaine du visible sont 569 nm, 589 nm et 615 nm ;
- b. au domaine des UV, 330 nm ;
- c. au domaine des infrarouges, 819 nm, 1138 nm.

2. Le spectre fait apparaître plusieurs raies, la lumière est polychromatique.

$$3. \nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3,00 \times 10^8}{589 \times 10^{-9}} = 5,09 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

18 Température de la Terre

$$1. a. \lambda_{\max} = \frac{2,89 \times 10^6}{\theta + 273} = \frac{2,89 \times 10^6}{5700 + 273} = 484 \text{ nm.}$$

La radiation émise avec le maximum d'intensité a pour longueur d'onde $\lambda_{\max} = 484 \text{ nm}$.

b. Ce rayonnement appartient au visible.

$$2. a. \lambda_{\max} = \frac{2,89 \times 10^6}{\theta + 273} = \frac{2,89 \times 10^6}{15 + 273} = 1,00 \times 10^4 \text{ nm}$$

$1,00 \times 10^4 \text{ nm}$ correspond à un rayonnement infrarouge.

3. Sur le schéma, c'est le rayonnement infrarouge qui correspond à l'émission de rayonnement de la Terre.

19 Spectre d'Arcturus

1. Graphiquement, on obtient environ $\lambda_{\max} = 540 \text{ nm}$.

2. Cette radiation appartient au visible, car la longueur d'onde est comprise entre 400 nm et 800 nm.

$$3. \theta = \frac{2,89 \times 10^6}{540} - 273 = 5,08 \times 10^3 \text{ °C.}$$

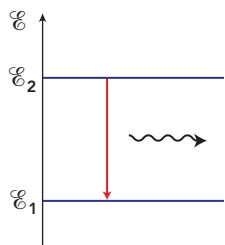
La température de la surface d'Arcturus est proche de 5000 °C.

20 La nébuleuse d'Orion

1. Si Orion émet de la lumière, c'est qu'il y a émission de photons.

Pour qu'il y ait émission de photons, il faut que l'atome passe d'un niveau de haute énergie vers un niveau de plus basse énergie c'est-à-dire ici du niveau 2 au niveau 1.

2.



$$3. \lambda = \frac{h \cdot c}{E}$$

$$E = |\Delta E| = |E_1 - E_2| = |-3,40 - (-1,51)| = 1,89 \text{ eV},$$

soit $E = 3,02 \times 10^{-19} \text{ J}$.

$$\text{Donc } \lambda = \frac{h \cdot c}{E} = \frac{6,63 \times 10^{-34} \times 3,00 \times 10^8}{3,02 \times 10^{-19}}$$

$$\lambda = 6,59 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$\lambda = 659 \text{ nm}.$$

4. Une longueur d'onde de 659 nm correspond à une radiation située dans le rouge-orangé. Suivant l'intensité de la lumière qui nous parvient d'Orion, cette dernière peut nous paraître rose.

21 Le spectre solaire

1. Les raies noires sont dues à l'absorption de la lumière par certaines entités chimiques présentes dans l'atmosphère du Soleil.

2. Les pics orientés vers le bas correspondent aux raies noires.

3. Ces pics ou raies noires nous permettent de connaître la composition en éléments chimiques de l'atmosphère du Soleil.

4. 434,0 nm → hydrogène; 486,1 nm → hydrogène; 516,7 nm → magnésium; 589,0 nm et 589,6 nm → sodium; 656,3 nm → hydrogène.

22 À chacun son rythme

1. Le niveau d'énergie E_0 représente l'état fondamental; les autres niveaux représentent les états excités de l'atome de mercure.

2. a. La plus petite énergie pouvant être absorbée par l'atome depuis le niveau d'énergie E_0 correspond à une transition vers le niveau d'énergie E_1 :

$$|\Delta E| = |-5,77 - (-10,44)| = 4,67 \text{ eV}.$$

$$b. |\Delta E| = 4,67 \times 1,60 \times 10^{-19} = 7,47 \times 10^{-19} \text{ J}.$$

$$c. \lambda = \frac{h \cdot c}{E} = \frac{6,63 \times 10^{-34} \times 3,00 \times 10^8}{7,47 \times 10^{-19}} = 2,66 \times 10^{-9} \text{ m},$$

soit 266 nm.

d. L'énergie est minimale, donc la longueur d'onde est maximale.

3. a. L'énergie E du photon ayant pour longueur d'onde 254 nm a pour valeur :

$$E = h \cdot \frac{c}{\lambda} = 6,63 \times 10^{-34} \times \frac{3,00 \times 10^8}{254 \times 10^{-9}} = 7,83 \times 10^{-19} \text{ J},$$

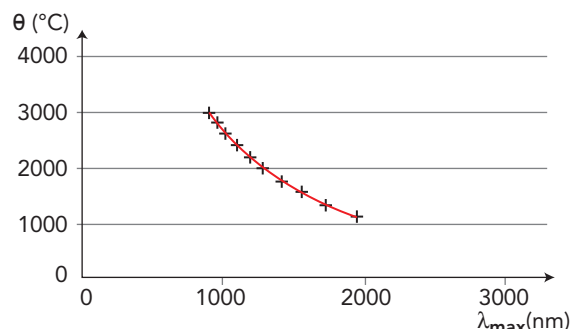
$$\text{soit } \frac{7,83 \times 10^{-19}}{1,60 \times 10^{-19}} = 4,89 \text{ eV}.$$

b. Cette valeur correspond à l'écart d'énergie entre le niveau d'énergie $E_0 = -10,44 \text{ eV}$ et le niveau d'énergie $E_2 = -5,55 \text{ eV}$.

Cette émission de photon correspond à la transition du niveau d'énergie E_2 vers le niveau d'énergie E_0 .

23 Vérifier la loi de Wien

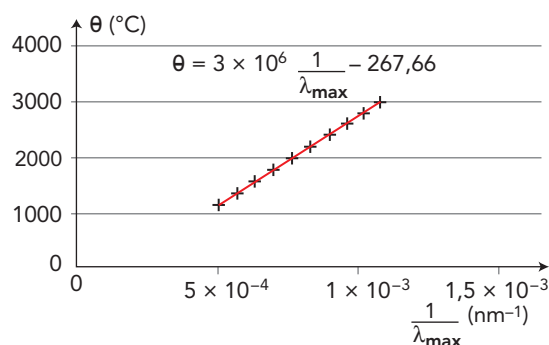
1. a. Représentation de θ en fonction de λ_{max} :



b. Cette courbe n'est pas une droite passant par l'origine, les deux grandeurs ne sont pas proportionnelles.

2. a.

θ (°C)	λ_{max} (nm)	$\frac{1}{\lambda_{\text{max}}} \text{ (nm}^{-1}\text{)}$
3000	880	$1,14 \times 10^{-3}$
2800	940	$1,06 \times 10^{-3}$
2600	1010	$9,90 \times 10^{-4}$
2400	1080	$9,26 \times 10^{-4}$
2200	1170	$8,55 \times 10^{-4}$
2000	1270	$7,87 \times 10^{-4}$
1800	1400	$7,14 \times 10^{-4}$
1600	1540	$6,49 \times 10^{-4}$
1400	1730	$5,78 \times 10^{-4}$
1200	1960	$5,10 \times 10^{-4}$



b. On obtient une droite que l'on peut modéliser par une fonction affine.

Son coefficient directeur est d'environ $3 \times 10^6 \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{nm}$; son ordonnée à l'origine est d'environ $-270 \text{ }^\circ\text{C}$.

La loi de Wien est bien vérifiée, aux erreurs expérimentales et d'arrondi près. Les valeurs obtenues

pour la modélisation : $\frac{3 \times 10^6}{\lambda_{\max}} - 267,6$ sont très proches des valeurs de la loi de Wien :

$$\theta = \frac{2,89 \times 10^6}{\lambda_{\max}} - 273$$

3. La loi de Wien permet de connaître la température de surface d'une étoile connaissant la longueur d'onde de la radiation émise avec la plus grande intensité.

Pour aller plus loin

24 L'éclairage routier

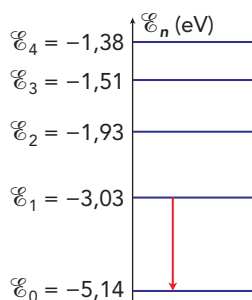
1. a. Le photon de longueur d'onde $\lambda = 589 \text{ nm}$ transporte une énergie :

$$\mathcal{E} = h \cdot \frac{c}{\lambda} = 6,63 \times 10^{-34} \times \frac{3,00 \times 10^8}{589 \times 10^{-9}} = 3,38 \times 10^{-19} \text{ J},$$

$$\text{soit } \frac{3,38 \times 10^{-19}}{1,60 \times 10^{-19}} = 2,11 \text{ eV}.$$

b. $|\Delta\mathcal{E}| = 2,11 \text{ eV}$. Lors d'une émission de lumière, l'atome perd de l'énergie. La flèche est donc orientée vers le bas, du niveau 1 vers le niveau 0 car :

$$|\Delta\mathcal{E}| = |\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_0| = |-3,03 - (-5,14)| = 2,11 \text{ eV}.$$



2. a. Si l'atome de sodium absorbe cette radiation, son énergie augmente de $1,10 \text{ eV}$. L'atome de sodium passe de l'état excité d'énergie $\mathcal{E}_1$ à un état excité d'énergie $\mathcal{E}_n$ avec $\mathcal{E}_n = \mathcal{E}_1 + 1,10 = -1,93 \text{ eV}$. Cet état d'énergie correspond au niveau $\mathcal{E}_2$. La radiation est bien absorbée par l'atome de sodium.

b. Sur un spectre, cette transition est une raie d'absorption. On aura une raie noire.

25 Infrared light

Traduction du texte :

« Les humains ne peuvent pas voir la lumière infrarouge, mais les serpents de la famille vipère ont des cavités sensorielles qui sont utilisées pour capter le rayonnement infrarouge. Ceci permet au serpent de détecter les animaux à sang chaud, même dans des terriers sombres ! »

Le rayonnement infrarouge est situé entre la lumière visible et les micro-ondes dans le spectre électromagnétique. Le rayonnement infrarouge comprend une gamme de radiations, comme la lumière visible

possède une gamme de radiations du rouge au violet.

Les longueurs d'onde du « proche infrarouge » sont proches des longueurs d'onde de la lumière visible et « l'infrarouge lointain » possède des radiations de longueurs d'onde plus proches des micro-ondes dans le spectre électromagnétique.

Les ondes de « l'infrarouge lointain » sont thermiques. La chaleur que nous ressentons, la lumière du soleil, un feu, un radiateur ou un trottoir chaud correspondent à des radiations infrarouges. Sur notre peau, des terminaisons nerveuses sensibles à la température peuvent détecter la différence entre la température à l'intérieur du corps et la température extérieure.

Les ondes « proches infrarouges » ne sont pas du tout chaudes – en fait, vous ne pouvez même pas les sentir. Ces longueurs d'onde plus courtes sont celles utilisées par la télécommande de votre téléviseur. »

Réponses aux questions :

1. Les rayonnements infrarouges se situent entre le domaine du visible et le domaine des micro-ondes.

2. Les serpents comme la vipère perçoivent les infrarouges, cela leur permet de repérer leurs proies à sang chaud dans l'obscurité.

3. a. Les télécommandes à infrarouges permettent d'actionner des appareils à distance.

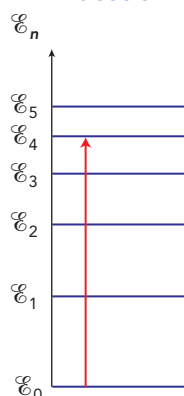
b. Les sources chaudes comme le Soleil, ou un appareil de chauffage, émettent des ondes infrarouges « éloignées » du visible.

4. a. Le rouge, le jaune et le blanc correspondent à des zones chaudes.

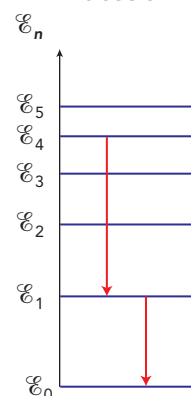
b. Les zones rouges (tranches de pain) montrent que le grille-pain vient d'être utilisé.

26 Un ciel étoilé dans sa chambre...

Question 1



Question 2



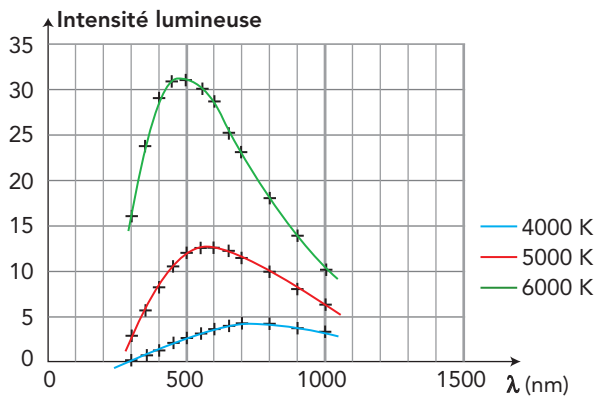
1. L'atome passe dans un état excité en absorbant un photon portant un quantum d'énergie. La flèche du diagramme de gauche traduit cette absorption

2. La désexcitation se fait par émissions successives de photons. Les deux flèches du diagramme de droite traduisent ces deux émissions

3. La lumière est dite froide, car le corps phosphorescent émet de la lumière sans être chauffé mais parce qu'il a été excité.

27 Lumière sur le corps noir

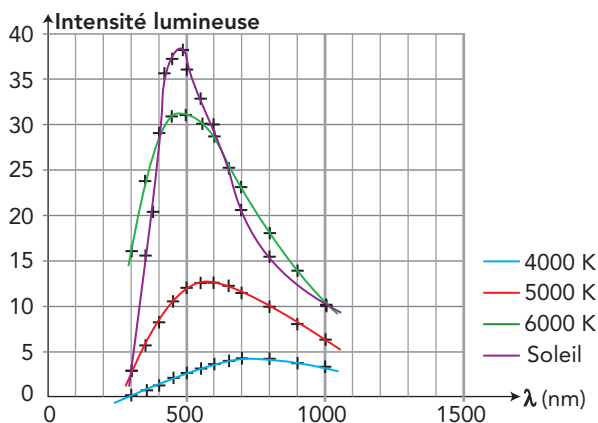
1. a.



b. Un corps noir à 6000 K émet une radiation lumineuse d'intensité maximale ayant pour longueur d'onde $\lambda_{\max} = 500$ nm. Elle est de 600 nm pour un corps noir à 5000 K et de 700 nm pour un corps noir à 4000 K.

c. Plus la température d'un corps noir augmente, plus la longueur d'onde $\lambda_{\max}$ de la radiation émise avec la plus grande intensité lumineuse diminue.

2. a.



b. L'intensité lumineuse relative du Soleil présente un maximum pour une radiation de 480 nm, c'est-à-dire proche de celui d'un corps noir dont la température est de 6000 K. Le Soleil a donc une température de surface proche de 6000 K.

Retour sur l'ouverture du chapitre

28 Principe de fonctionnement d'un tube à gaz

1. La perte d'énergie lorsque l'atome passe du niveau $\mathcal{E}_1$ au niveau $\mathcal{E}_0$ s'accompagne de l'émission d'un photon d'énergie :

$$|\Delta \mathcal{E}| = |\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_0|$$

2. a. $\lambda = \frac{h \cdot c}{|\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_0|}$

$$\lambda = \frac{6,63 \times 10^{-34} \times 3,00 \times 10^8}{|-5,77 - (-10,44)| \times 1,6 \times 10^{-19}}$$

$$\lambda = 2,66 \times 10^{-7} \text{ m} = 266 \text{ nm.}$$

Lorsque l'atome de mercure passe de l'état d'énergie $\mathcal{E}_0$ à l'état d'énergie $\mathcal{E}_1$, une radiation de longueur d'onde 266 nm est absorbée.

b. Les radiations visibles ont des longueurs d'onde dans le vide comprises environ entre 400 nm et 800 nm. La radiation de 266 nm de longueur d'onde appartient au domaine des UV.

3. Les atomes de mercure, en passant de l'état d'énergie $\mathcal{E}_1$ à l'état d'énergie $\mathcal{E}_0$, vont émettre des radiations de longueur d'onde égale à 266 nm. La poudre est donc soumise à des radiations dont les longueurs d'onde sont comprises entre 200 et 300 nm. La vapeur de mercure permet donc à la poudre déposée sur les parois du tube d'émettre de la lumière visible.

4. Au niveau des deux spectres, on constate quatre pics d'intensités relatives et de longueurs d'onde équivalentes. Cependant, le spectre du tube 1 comporte des radiations autour de 580 nm relativement intenses. La lumière émise tend vers le jaune. Ce n'est pas le cas pour le tube 2. Le choix de la poudre a une influence sur la couleur émise par le tube.

Pigments et colorants

Chapitre

4

Activités

1 Les pigments des peintures rupestres (p. 62)

A Qu'est-ce qu'un pigment ?

- 1 L'ocre et le charbon sont insolubles dans l'eau.
- 2 Un pigment est une matière colorée insoluble dans le milieu qui le contient.
- 3 Le chauffage modifie la couleur de l'ocre jaune, qui devient rouge.
- 4 $2 \text{FeOOH} \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- 5 6 Le dessin n'a pas un rendu homogène et ne résiste ni à l'abrasion ni à l'eau.

Compléments

Quelques informations sur l'activité expérimentale A

Matériel :

- de l'ocre jaune;
- du charbon en poudre;
- deux tubes à essais;
- une plaque chauffante;
- des feuilles de papier;
- des pinceaux.

Quelques remarques :

- Les ocres peuvent être achetées en ligne sur le site www.okhra.com
- Quelques minutes suffisent pour le passage de l'ocre jaune à l'ocre rouge.

B Qu'est-ce qu'une peinture ?

- 7 Le mot « tempera » ou « détrempe » vient du latin *temperare* qui signifie délayer, mélanger.
- 8 La gomme arabique est un exsudat de sève solidifié provenant du tronc d'arbres de la famille des acacias.

Compléments

Quelques informations sur l'activité expérimentale B

Matériel :

- de l'ocre jaune (ou autre);
- de l'huile de lin, du beurre, un œuf, de la gouache blanche, du miel, etc.;
- de la gomme arabique;
- des feuilles de papier;
- des pinceaux.

Quelques remarques :

- La gomme arabique peut s'acheter sous forme de bloc de résine, de poudre ou directement en solution aqueuse. La poudre se dissout facilement dans l'eau. Le bloc de résine est intéressant pour montrer aux élèves la sève solidifiée.
- La peinture à l'œuf peut se faire avec le jaune d'œuf ou le blanc; le résultat est plus joli avec le blanc d'œuf, car il ne modifie pas la couleur du pigment.

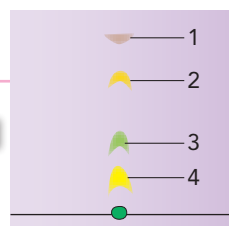
2 Le monde des matières colorées naturelles (p. 63)

A Séparation de pigments d'épinards

1 Dans un mortier, broyer des feuilles fraîches d'épinards. Verser sur la préparation le solvant d'extraction (acétone) et malaxer. Filtrer sur Büchner.

2 Réaliser une chromatographie sur papier en utilisant l'éluant proposé dans le texte.

3



- 1 – Carotène
- 2 – Xanthophylles
- 3 – Chlorophylle a
- 4 – Chlorophylle b

Manuel numérique 20

Vidéo :

Chromatographie sur colonne.

Vidéo & animation :
Chromatographie sur couche mince.

Compléments

Quelques informations sur l'activité expérimentale A

Matériel :

- des feuilles d'épinards;
- de l'acétone;
- mélange éluant : 10 % acétone / 5 % toluène / 85 % éther de pétrole ou bien 40 % éther de pétrole / 60 % éther diéthylique;
- un mortier et un pilon;
- un dispositif de filtration sous vide;
- une cuve à chromatographie;
- une bande de papier filtre;
- une micropipette.

Quelques remarques :

- Pour faciliter l'extraction, utiliser des épinards surgelés (décongelés!) vendus en sachets.
- L'extraction peut être réalisée avec de l'éthanol.
- Après avoir versé l'éluant dans la cuve, la couvrir pendant quelques minutes, pour laisser le temps aux vapeurs d'envahir le bocal.
- Déposer plusieurs gouttes de la solution sur le papier filtre (inutile d'utiliser une plaque CCM), en séchant bien le papier entre chaque dépôt (la tache doit être aussi foncée que possible).
- La chromatographie sur colonne de silice est possible (changer de tube pour séparer les pigments).

B Une teinture naturelle : le rose de carthame

4 Une ligule est une petite languette située au sommet de la gaine des feuilles dans certaines plantes.

5 La première étape permet d'éliminer la précarthamine jaune hydrosoluble.

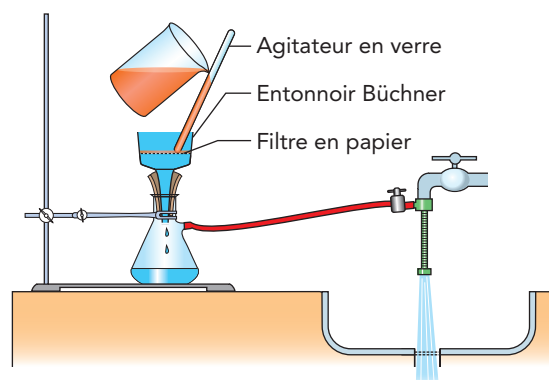
6 Voir schéma ci-contre.

7 Le carbonate de sodium permet d'augmenter le pH du mélange (donc de rendre basique le mélange).

8 L'acide citrique permet d'acidifier le mélange.

9 La carthamine est soluble dans un solvant basique. Sa couleur est modifiée en fonction du pH de la solution.

Filtration sur filtre Büchner



Compléments

Quelques informations sur l'activité expérimentale B

Matériel :

- des ligules de carthame;
- du carbonate de sodium solide;
- de l'acide citrique (en poudre);
- une spatule;
- un mortier et un pilon;
- de la gaze (médicinale) et de la ficelle;
- un morceau de tissu de coton (une bandelette de la taille d'une étiquette de vêtement).

Quelques remarques :

- Les plantes peuvent être achetées en ligne sur le site www.okhra.com
- Lors de la première étape, il ne faut pas hésiter à malaxer longuement à la main, laver, presser, changer l'eau souvent, jusqu'à ce que les eaux de rinçage ne contiennent quasiment plus de colorant jaune.
- Il est inutile de filtrer.

3 Des couleurs changeantes (p. 64)

A Une soupe au chou... rouge

Compléments

Quelques informations sur l'activité expérimentale A

Matériel :

- du chou rouge ;
- une plaque chauffante ;
- du sel, du poivre, du vinaigre rouge ;
- du jus de citron, du vinaigre blanc, des bonbons type biberine, un soda incolore type Sprite®, du bicarbonate officinal (pour les maux d'estomacs), une boisson bicarbonatée pour les sportifs et éventuellement un déboucheur de canalisations, de la lessive, un savon solide de $\text{pH} > 7$, un savon solide « pH neutre » type Dove®, un savon liquide « pH neutre », des eaux minérales de différents pH, etc. ;
- deux à trois béchers ;
- des tubes à essais ;
- un agitateur en verre ;
- un entonnoir et du papier filtre ;
- du papier pH.

Quelques remarques :

- Faire les manipulations sur le jus de chou rouge. Pour cela, couper de fines lamelles de chou rouge, les mettre dans un récipient et les recouvrir d'eau, puis chauffer jusqu'à ébullition. Après chauffage, filtrer le mélange et récupérer le jus.
- Les élèves peuvent formuler les hypothèses suivantes : rôle de la température, du sel, du poivre, du vinaigre, des colorants du vinaigre, etc. (d'où les propositions formulées dans la liste de matériel).
- Lorsque les élèves veulent tester si, en milieu basique, le jus change de couleur, il est nécessaire de prévoir des solutions basiques.

B L'influence du milieu sur la couleur d'une espèce

4 Les couleurs dépendent du solvant choisi.

Le bleu de bromothymol est jaune en milieu acide, vert en milieu neutre et bleu en milieu basique.
La couleur d'une espèce colorée peut dépendre du solvant et du pH.

Compléments

Quelques informations sur l'activité expérimentale B

Matériel :

- des cristaux de diiode ;
- une solution alcoolique de bleu de bromothymol ;
- de l'éthanol à 95° ;
- de l'acétone ;
- une solution d'acide chlorhydrique à $0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$;
- du vinaigre blanc ;
- une solution de soude à $0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$;
- une solution d'hydrogencarbonate de sodium à $0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$;
- une spatule ;
- au moins sept tubes à essais munis de bouchons ;
- éventuellement un rouleau de papier pH.

Quelques remarques :

- On peut utiliser directement une solution de diiode dans l'iodure de potassium.
- Il est également possible de réaliser les dissolutions à partir d'autres solides colorés (hélianthine, fluorescéine, vert de malachite, etc.). Seul le prix élevé de la manipulation pourra en décourager certains.

4 Synthèse d'un pigment naturel (p. 65)

A Synthèse de l'indigo

1 Une plante tinctoriale est une plante dont on extrait une matière colorée utilisée en teinture.

2 Il faut porter des gants, des lunettes et une blouse.

3 $2 \text{C}_7\text{H}_5\text{NO}_3 + 2 \text{C}_3\text{H}_6\text{O} + 2 \text{HO}^- \rightarrow \text{C}_{16}\text{H}_{10}\text{N}_2\text{O}_2 + 2 \text{CH}_3\text{CO}_2^- + 4 \text{H}_2\text{O}$

Compléments

Quelques informations sur l'activité expérimentale A

Matériel :

- du 2-nitrobenzaldéhyde ;
- de l'acétone ;
- de l'éthanol à 95° ;
- une solution d'hydroxyde de sodium à 1 mol.L⁻¹ ;
- un erlenmeyer ;
- une pipette simple ;
- une éprouvette de 10 mL ;
- un dispositif de filtration sous vide ;
- un morceau de papier filtre ;
- une boîte de Pétri.

Quelques remarques :

- Après ajout de la soude concentrée, le mélange s'échauffe beaucoup : il est nécessaire d'en informer les élèves afin qu'ils ne soient pas surpris et restent prudents.
 - Il est possible, après séchage à l'étuve, de mesurer au banc Koffler le point de fusion. L'indigo fond aux alentours de 390 °C.
 - Une chromatographie de l'indigo de synthèse et d'indigo naturel acheté dans le commerce est possible. L'indigo n'est pas soluble dans l'eau. Le solubiliser dans quelques mL d'acide sulfurique très concentré (coloration verte), puis diluer dans l'éthanol. L'éluant est un mélange de 10 mL de butan-1-ol, 2 mL d'éthanol et 4 mL d'une solution d'ammoniac diluée.
- La chromatographie peut être réalisée sur plaque CCM. Attention la durée est assez longue (45 minutes).

B Teinture d'un tissu de coton

4 Le mélange n'est pas homogène.

5 L'indigo est un pigment, donc il n'est pas soluble dans l'eau.

6 Le tissu n'est pas teint.

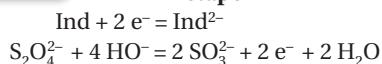
7 Le tissu se teint : le procédé est nettement plus efficace.

8 L'indigo, sous sa forme $\text{C}_{16}\text{H}_9\text{N}_2\text{O}_2$, notée Ind, est un solide de couleur bleue. Il est d'abord mis en présence d'ions dithionite $\text{S}_2\text{O}_4^{2-}$, produisant une forme d'indigo notée IndH_2 (forme réduite), de couleur jaune pâle, soluble dans l'eau. Cette forme de l'indigo est celle qui se fixe sur le tissu. Le tissu imprégné de la forme IndH_2 est ensuite exposé à l'air. Il réagit avec le dioxygène (réaction d'oxydation). La forme jaune pâle donne alors la forme bleue de l'indigo qui teint alors le tissu en surface.

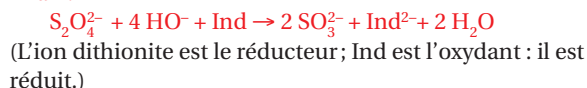
La réduction de l'indigo Ind par les ions dithionite n'est possible qu'en milieu basique, l'ajout de soude permet d'obtenir un pH suffisamment élevé pour que cette réduction se fasse. L'indigo est alors sous forme Ind^{2-} .

Remarque

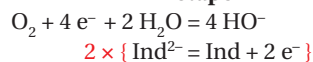
1^{re} étape



Bilan :



2^e étape



Bilan :



Compléments

Quelques informations sur l'activité expérimentale B

Matériel :

- de l'indigo de synthèse ;
- du dithionite de sodium ;
- des pastilles d'hydroxyde de sodium ;
- deux béchers ;
- un erlenmeyer muni d'un bouchon ;
- une spatule ;
- un morceau de tissu de coton (une bandelette de la taille d'une étiquette de vêtement).

5 Des couleurs par milliers (p. 66)

A Observer des couleurs

1 Matière tinctoriale : matière colorée utilisée en teinture.

Lissier : celui qui confectionne des tapisseries sur un métier.

Nuancier : catalogue définissant visuellement un ensemble de couleurs.

2 À partir de gouaches du commerce (rouge magenta, bleu cyan, jaune primaire), réaliser des mélanges 50/50 (voir document 7, p. 68 du manuel) :

jaune + cyan = vert
magenta + cyan = bleu
magenta + jaune = rouge

puis :

vert + cyan = vert bleuté
bleu + magenta = rouge violacé
rouge + jaune = orangé

3 Toute couleur perçue appelle sa complémentaire pour exister. Le cerveau la crée lui-même si elle n'est pas présente. Une couleur adossée à sa complémentaire est d'autant plus valorisée.

Compléments

Quelques informations sur l'activité expérimentale A

Matériel :

- des gouaches magenta, jaune primaire et cyan ;
- un pinceau ;
- deux boîtes de Pétri ;
- une feuille de papier type Canson®.

Manuel numérique 2.0

Animation :
Synthèse
soustractive.

Remarque

Selon la qualité des peintures utilisées, les mélanges peuvent avoir des couleurs différentes. Par exemple : magenta + cyan = violet. Pour avoir du bleu, il faut alors modifier la proportion des mélanges (mettre plus de cyan que de magenta par exemple).

B Comprendre le caractère coloré d'une molécule

1 Il y a onze doubles liaisons conjuguées dans le carotène.

2 Le carotène absorbe dans le bleu. La longueur d'onde du maximum d'absorption est donc aux alentours de 450 nm.

3 Un composé bleu ou vert absorbe majoritairement des radiations jaunes ou rouges de longueurs d'onde comprises entre 580 nm et 750 nm. Ces longueurs d'onde sont plus grandes que celles absorbées par le carotène ; ce composé devrait donc posséder davantage de doubles liaisons que le carotène.

Manuel numérique 2.0

Animation : Les doubles liaisons conjuguées.
Animation : La formule topologique : écriture simplifiée des molécules organiques.

Exercices (p. 71-78)

QCM

1 1. A et C ; 2. B et C ; 3. A et C ; **2** 1. A ; 2. A et B ; 3. A et C ; 4. A et B ; **3** 1. A et B ; 2. C ; 3. A et C ; 4. B.

Application immédiate

4 Faire bouillir (décoction) le bois de campêche dans de l'eau (le colorant est hydrosoluble). Filtrer et récupérer le filtrat : il est coloré. Y ajouter de la poudre d'alun : le filtrat change de couleur.

Faire varier le pH de la solution en y ajoutant du vinaigre ou de l'hydrogénocarbonate de sodium : d'autres couleurs apparaissent.

5 1. La forme rose est celle qui possède le plus de liaisons conjuguées. La forme rose est donc la forme **b**.

2. La phénolphthaléine est sensible au pH : elle peut être utilisée comme indicateur coloré acido-basique.

Pour commencer

6 Reconnaître une molécule organique

Matières colorées organiques : acide picrique ; bleu de phthalocyanine ; jaune Soudan.

7 Distinguer un pigment d'un colorant

Les pigments sont insolubles dans le milieu : **b** et **c**.
Les colorants y sont solubles : **a** et **d**.

8 Étudier l'influence d'un paramètre sur la couleur d'une espèce

1. L'acidité du milieu influence la couleur.
2. Ce sont des indicateurs colorés acido-basiques.

9 Observer l'influence de paramètres sur la couleur d'une espèce

1. Le MOED change de couleur en fonction du solvant.
2. L'acidité du milieu influence la couleur.

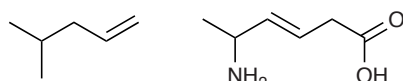
10 Interpréter la couleur d'un colorant

1. Chromatographie sur Couche Mince.
2. Le colorant vert est un mélange des colorants bleu (perçu cyan) et jaune. En effet, le colorant cyan absorbe les radiations rouges et diffuse les radiations bleues et vertes. Le colorant jaune absorbe les radiations bleues et diffuse les radiations rouges et vertes. Les radiations diffusées sont donc vertes.

11 Interpréter la couleur d'une encre

1. Le colorant violet est un mélange d'un colorant rouge et d'un colorant bleu.
2. Le cercle chromatique reproduit au document 5, p. 68 du manuel, ainsi que le nuancier reproduit au document 7, p. 68 du manuel, montrent qu'un mélange d'une matière colorée magenta et d'une matière colorée cyan est de couleur bleue. Selon la proportion de cyan, le mélange tirera vers le violet.

12 Écrire une formule topologique



13 Interpréter la couleur d'une molécule

Toutes les doubles liaisons dans l'azobenzène sont conjuguées.

14 Repérer des liaisons conjuguées

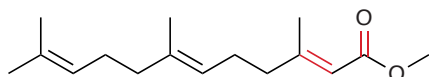
Toutes les doubles liaisons sont conjuguées.

15 Interpréter la structure d'une molécule

Toutes les doubles liaisons sont conjuguées.

16 Repérer des doubles liaisons conjuguées

1. Seules les doubles liaisons colorées en rouge sont conjuguées :



2. Les trois doubles liaisons du cycle de gauche, d'une part, et les six doubles liaisons de la chaîne carbonée, d'autre part, sont conjuguées.

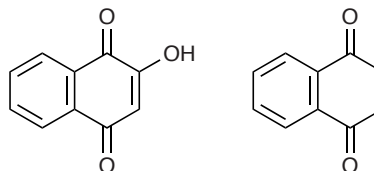
Pour s'entraîner

17 Le pernambouc ou « bois du Brésil »

1. Décoction ; filtration.
2. L'extraction est facilitée.
3. On peut réaliser une filtration simple (entonnoir + filtre) ou bien utiliser un montage Büchner.
4. La braziléine est sensible au pH du milieu.

18 Décor traditionnel au henné

1.



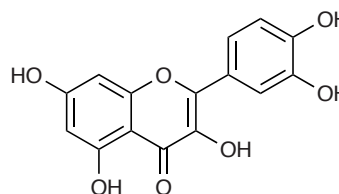
2. Les doubles liaisons sont conjuguées.
3. Les groupes chromophores sont les doubles liaisons.
4. Le groupe hydroxyle est un groupe auxochrome : il déplace la longueur d'onde d'absorption dans le domaine du visible.

19 Du bois jaune

1. Jöns Jacob BERZELIUS (1779-1848), chimiste suédois. Il est l'un des fondateurs de la chimie moderne, car il fut l'un des premiers analystes du XIX^e siècle.
2. Quercitron ou quercus citrus, du latin quercus : chêne et citrus : citron (qui évoque la couleur jaune de son écorce intérieure) : il s'agit du chêne citron.
3. Il s'agit d'un colorant (« L'eau le dissout »).
4. Laisser l'écorce moulue de quercitron dans de l'eau (le colorant est hydrosoluble).
Filtrer et récupérer le filtrat : il est coloré.

5. a. Un alcali est une base.
- b. Le pH du milieu influence la couleur.

6. a.



- b. Ce composé est organique.
- c. Les doubles liaisons sont conjuguées, les groupes hydroxyles sont auxochromes.

20 À chacun son rythme

1. Les doubles liaisons sont conjuguées.
2. La longueur d'onde de la radiation absorbée augmente avec le nombre de doubles liaisons conjuguées.
3. Pour apparaître orangée, la molécule de β -carotène absorbe dans le bleu (autour de 480 nm), alors que la molécule d'astaxanthine, pour apparaître rouge, absorbe dans le vert (autour de 530 nm) ; $530 \text{ nm} > 480 \text{ nm}$.

Pour aller plus loin

21 Le violet de gentiane

1. $3 \text{ C}_8\text{H}_{11}\text{N} + \text{CCl}_4 \rightarrow \text{C}_{25}\text{H}_{30}\text{N}_3\text{Cl} + 3 \text{ HCl}$
2. Un indicateur coloré acido-basique.
3. a. Deux doubles liaisons sont séparées par une seule liaison simple.
b. Ce sont des groupes auxochromes qui modifient la couleur.

22 La cuisson des haricots

1. a. La lessive de cendres est obtenue en mélangeant de l'eau bouillante avec de la cendre. Le mélange est ensuite filtré. Le filtrat obtenu est appelé lessive de cendres.
b. Les cendres des végétaux contiennent de la potasse : la lessive de cendres est basique. Le vinaigre est acide.
c. La couleur des haricots est sensible au pH.
d. Ils proviennent des acides.
2. a. Appelé également **hydrogénocarbonate de sodium**, le bicarbonate de soude a pour formule NaHCO_3 . C'est un solide blanc.
b. En présence d'une solution basique, les ions H^+ ne sont plus majoritaires.

23 La pourpre animale

1. Expression ; macération ; décantation ; filtration.
2. Les doubles liaisons sont conjuguées.
3. a. Ce sont des groupes auxochromes.
b. L'indigotine est dépourvue d'atomes de brome.

24 Le contraste simultané

1. Le lapis-lazuli est un pigment.
2. a. Afin que le pigment se disperse dans le mélange.
b. Détrempe à l'œuf.
3. a. Lorsqu'il y a moins d'ions S^{2-} , les radiations absorbées sont essentiellement les radiations rouges : les radiations bleues sont diffusées et le lapis-lazuli apparaît donc bleu.
b. La pierre évolue vers une teinte violette, mélange de rouge et de bleu.
4. a. Toute couleur perçue appelle sa complémentaire pour exister. Le cerveau la crée lui-même si elle n'est pas présente. Une couleur adossée à sa complémentaire est d'autant plus valorisée.
b. Le jaune est la couleur complémentaire du bleu.

25 Food coloring agents

Traduction du texte :

« En Europe, les colorants alimentaires sont signalés, sur l'étiquette de l'emballage des bonbons aromatisés au chocolat, par un code de type E suivi d'un nombre (ex. : E100) ou par leur nom. Aux États-Unis, les dénominations sont différentes. Le chromatogramme des colorants jaune, bleu et vert, américains et européens, est donné ci-dessous. »

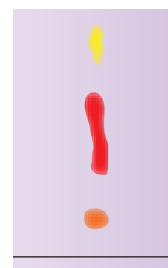
Réponses aux questions :

1. 2. Les colorants verts sont des mélanges de colorants jaune et bleu (perçu cyan). En effet, le colorant cyan absorbe les radiations rouges et diffuse les radiations bleues et vertes. Le colorant jaune absorbe les radiations bleues et diffuse les radiations rouges et vertes. Les radiations diffusées sont donc vertes. Les colorants jaune européen et jaune américain sont différents. Les colorants bleu européen et bleu américain sont identiques.

3. a. blue 1 lake : bleu brillant E133
b. yellow 5 lake : tartrazine E102
c. E133 : colorant de synthèse
E102 : colorant de synthèse
E100 : curcumine (jaune) : colorant naturel

26 Les couleurs d'une épice

1. Voir fiche n° 5A, p. 358 du manuel.
2. Par filtration.
3. On réalise une chromatographie : on dépose une goutte de solution colorée sur une plaque de silice. (Remarque : l'éluant utilisé est un mélange 70 / 30 d'éthanoate d'éthyle et de cyclohexane).
Sur le chromatogramme reproduit ci-contre :
jaune : caroténoïdes
rouge : capsanthine
orange : capsorbine



Retour sur l'ouverture du chapitre

27 La garance des teinturiers

1. Moulin à tan : « tan » signifie « chêne ».
Dans un moulin à tan, deux ou trois batteries de pilons tranchants réduisaient en poudre l'écorce des chênes, pour en extraire le tan (ou tanin), servant au tannage des peaux.
Alcalin : basique.
Mordant : pour renforcer la couleur et la solidité des colorants, les teinturiers ont ajouté des substances minérales ou organiques (les mordants).
2. En 1868, les Allemands GRAEBE et LIEBERMANN déposent un brevet un jour avant l'Anglais PERKIN.
3. Broyer, dans un pilon, les racines de garance pour les réduire en poudre. Introduire la poudre dans un bécier et y verser de l'eau chaude. Laisser macérer quelques minutes tout en agitant. Filtrer.
4. À l'acidité du milieu.
5. a. Elles sont conjuguées.
b. Les groupes chromophores sont les doubles liaisons des cycles ainsi que celles des liaisons $\text{C}=\text{O}$. Les groupes auxochromes sont les groupes hydroxyles $-\text{OH}$.

Changement de couleur et réaction chimique

Chapitre 5

Activités

1 Avancement d'une réaction chimique (p. 80)

Matériel et solutions

Paillasse professeur :

- 1,0 L de solution de diiode de concentration $C_1 = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (solution 1);
- 2,0 L de solution de thiosulfate de sodium de concentration $C_2 = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (solution 2).

Paillasse élève :

- 2 éprouvettes graduées de 100 mL;
- 2 béchers de 150 mL;
- un agitateur magnétique et un barreau aimanté;
- 2 pots en verre pour prélever les solutions 1 et 2.

A Observation des évolutions d'un système chimique

1 Une réaction a eu lieu car la solution 2 reste incolore après l'ajout des deux gouttes de la solution 1 colorée en orange.

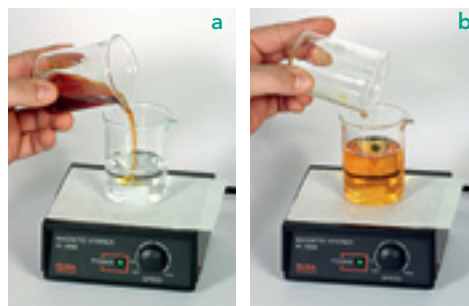
2 et **3**

Expérience n° 2	
Bécher 1	Bécher 2
10 mL de solution 1	40 mL de solution 2



Expérience n° 2 : a. Mélange des réactifs.
b. Fin du mélange.

Expérience n° 3	
Bécher 1	Bécher 2
25 mL de solution 1	40 mL de solution 2



Expérience n° 3 : a. Mélange des réactifs.
b. Fin du mélange.

Expérience n° 2 : la solution finale est incolore, donc tout le diiode a réagi.

Expérience n° 3 : la solution finale est orange, donc le diiode n'a pas totalement réagi.

B Notion d'avancement d'une réaction chimique

4 D'après l'équation de la réaction : $1 \text{ I}_2(\text{aq}) + 2 \text{ S}_2\text{O}_3^{2-}(\text{aq}) \rightarrow 2 \text{ I}^-(\text{aq}) + 1 \text{ S}_4\text{O}_6^{2-}(\text{aq})$

Pour 1 mmol de I_2 consommée, la quantité d'ions $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ qui aura réagi est 2 mmol.

Il se formera alors 2 mmol d'ions I^- et 1 mmol d'ions $\text{S}_4\text{O}_6^{2-}$.

5 De même, pour 1x mmol de I_2 consommée, la quantité d'ions $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ qui aura réagi est 2x mmol

Il se formera alors 2x mmol d'ions I^- et 1x mmol d'ions $\text{S}_4\text{O}_6^{2-}$.

Manuel numérique 20

Animation : Notion d'avancement.
Simulation : Avancement d'une réaction chimique.

6 et **7** Pour l'expérience n° 2 :

Pour le diiode I_2
 $n_1 = C_1 \cdot V_1 = 1,0 \times 10^{-2} \times 10 \times 10^{-3}$
 $= 1,0 \times 10^{-4} \text{ mol}$
 $= 0,10 \text{ mmol}$

Pour les ions thiosulfate $S_2O_3^{2-}$
 $n_2 = C_2 \cdot V_2 = 1,0 \times 10^{-2} \times 40 \times 10^{-3}$
 $= 4,0 \times 10^{-4} \text{ mol}$
 $= 0,40 \text{ mmol}$

Équation chimique		$1 I_2(aq)$	$+ 2 S_2O_3^{2-}(aq) \rightarrow$	$2 I^-(aq)$	$+ 1 S_4O_6^{2-}(aq)$
État du système	Avancement (mmol)	$n(I_2)$	$n(S_2O_3^{2-})$	$n(I^-)$	$n(S_4O_6^{2-})$
État initial	$x = 0$	0,10	0,40	0	0
État intermédiaire	x	$0,10 - 1x$	$0,40 - 2x$	$0 + 2x$	$0 + 1x$
État final	$x_{\max}$	$0,10 - 1x_{\max}$	$0,40 - 2x_{\max}$	$0 + 2x_{\max}$	$0 + 1x_{\max}$

8 La solution finale étant incolore, tout le diiode a réagi. Ainsi la quantité finale de diiode est nulle.

9 On a alors : $0,10 - 1x_{\max} = 0$, soit $x_{\max} = 0,10 \text{ mmol}$.

10 État final pour l'expérience n°2 :

Équation chimique		$I_2(aq)$	$+ 2 S_2O_3^{2-}(aq) \rightarrow$	$2 I^-(aq)$	$+ S_4O_6^{2-}(aq)$
État final	$x_{\max} = 0,10 \text{ mmol}$	$0,10 - x_{\max} = 0,00 \text{ mmol}$	$0,40 - 2x_{\max} = 0,20 \text{ mmol}$	$2x_{\max} = 0,20 \text{ mmol}$	$x_{\max} = 0,10 \text{ mmol}$

11 Pour l'expérience n°3 :

Pour le diiode I_2
 $n_1 = C_1 \cdot V_1 = 1,0 \times 10^{-2} \times 25 \times 10^{-3}$
 $= 2,5 \times 10^{-4} \text{ mol}$
 $= 0,25 \text{ mmol}$

Pour les ions thiosulfate $S_2O_3^{2-}$
 $n_2 = C_2 \cdot V_2 = 1,0 \times 10^{-2} \times 40 \times 10^{-3}$
 $= 4,0 \times 10^{-4} \text{ mol}$
 $= 0,40 \text{ mmol}$

Équation chimique		$1 I_2(aq)$	$+ 2 S_2O_3^{2-}(aq) \rightarrow$	$2 I^-(aq)$	$+ 1 S_4O_6^{2-}(aq)$
État du système	Avancement (mmol)	$n(I_2)$	$n(S_2O_3^{2-})$	$n(I^-)$	$n(S_4O_6^{2-})$
État initial	$x = 0$	0,25	0,40	0	0
État intermédiaire	x	$0,25 - 1x$	$0,40 - 2x$	$0 + 2x$	$0 + 1x$
État final	$x_{\max}$	$0,25 - 1x_{\max}$	$0,40 - 2x_{\max}$	$0 + 2x_{\max}$	$0 + 1x_{\max}$

La solution étant colorée en orange, le diiode n'a pas totalement réagi. En revanche, tous les ions incolores $S_2O_3^{2-}$ ont réagi, car la réaction se déroule jusqu'à ce que l'un des réactifs ait totalement réagi.

La quantité finale d'ions $S_2O_3^{2-}$ est nulle.

On a alors : $0,40 - 2x_{\max} = 0$, soit $x_{\max} = 0,20 \text{ mmol}$.

État final pour l'expérience n°3 :

Équation chimique		$I_2(aq)$	$+ 2 S_2O_3^{2-}(aq) \rightarrow$	$2 I^-(aq)$	$+ S_4O_6^{2-}(aq)$
État final	$x_{\max} = 0,20 \text{ mmol}$	$0,25 - x_{\max} = 0,05 \text{ mmol}$	$0,40 - 2x_{\max} = 0,00 \text{ mmol}$	$2x_{\max} = 0,40 \text{ mmol}$	$x_{\max} = 0,20 \text{ mmol}$

12 L'avancement maximal $x_{\max}$ d'une réaction est la plus petite des valeurs de l'avancement qui annulent les quantités finales de chacun des réactifs.

2 Dosage d'une espèce colorée en solution (p. 81)

Matériel et solutions

Paillasse professeur :

- 1,0 L de permanganate de potassium de concentration $C_0 = 2,0 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$;
- un flacon d'eau de Dakin® et un bécher de 150 mL.

Paillasse élève :

- 2 burettes graduées 25,0 mL ;
- un bécher de 150 mL ;
- 6 tubes à essais avec bouchon + support ;
- un pot de prélèvement pour la solution mère ;
- de l'eau distillée ;
- un spectrophotomètre et ses cuves.

1 Protocole expérimental

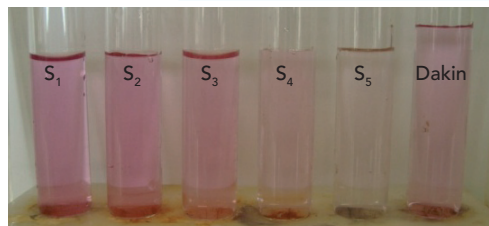
▶ Avec le matériel et les solutions du doc. 3, p. 81 du manuel, on réalise une échelle de teinte en permanganate de potassium, en préparant plusieurs solutions filles par dilution de la solution mère S_0 de concentration $C_0 = 2,0 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Manuel numérique
 Simulation :
 Préparation d'une échelle de teinte.

► On prépare 5 solutions filles, dans 5 tubes à essais, chacune ayant un volume $V_f = 10,0 \text{ mL}$, avec des facteurs de dilution compris entre 1 et 10.

Par exemple :

Solution fille	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5
Volume V_0 en mL de la solution mère S_0	9,0	7,0	5,0	3,0	1,0
Volume V_{eau} en mL d'eau distillée	1,0	3,0	5,0	7,0	9,0
Facteur de dilution : $F = V_f / V_0$	1,1	1,4	2,0	3,3	10,0
Concentration molaire $C_i = C_0 / F$ en $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} (\times 10^{-4})$	1,8	1,4	1,0	0,6	0,2



Solution de Dakin®, dans le tube de droite et échelle de teinte en permanganate de potassium.

► On mesure les volumes V_0 et V_{eau} à l'aide des deux burettes graduées.

Remarque : en plaçant la solution de Dakin® dans un tube à essais identique à ceux contenant les solutions filles, on peut estimer, par comparaison de couleur, un encadrement de la concentration molaire en permanganate de potassium de la solution de Dakin®. La teinte de la solution de Dakin® est comprise entre celles des solutions S_3 et S_4 donc :

$$C_4 < C_{\text{Dakin}} < C_3$$

$$0,6 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} < C_{\text{Dakin}} < 1,0 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

► On utilise le spectrophotomètre pour mesurer l'absorbance A des solutions filles préparées (voir fiche n° 7, p. 360 du manuel).

► On trace la courbe d'étalonnage $A = f(C)$.

► Sans changer les réglages du spectrophotomètre, on mesure l'absorbance de la solution de Dakin® et on déduit de la courbe d'étalonnage la valeur de C_{Dakin} .

2 Le spectre d'absorption $A = f(\lambda)$ montre que l'absorbance d'une solution de permanganate de potassium est maximale pour une longueur d'onde $\lambda_{\text{max}} = 540 \text{ nm}$.

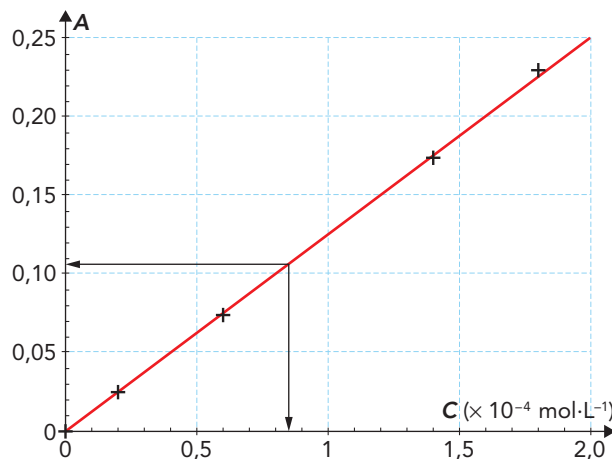
À cette longueur d'onde, la valeur de l'absorbance étant la plus grande, l'incertitude sur la mesure sera la plus petite.

3 Mise en œuvre du protocole

Solution fille	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	Dakin®
Concentration molaire C en $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} (\times 10^{-4})$	1,8	1,4	1,0	0,6	0,2	?
Absorbance A	0,23	0,173	0,127	0,074	0,025	0,107

On en déduit : $C_{\text{Dakin}} \approx 8,5 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

4 L'absorbance des solutions étudiées est proportionnelle à leur concentration, car le graphe est une droite passant par l'origine. Ainsi $A = k \cdot C$.



Exercices (p. 87-94)

QCM

- 1 1. A et C; 2. B; 3. B et C; 4. A et C; 5. A et C; 6. A et B; 7. C; 2 1. B; 2. A; 3. A et C; 4. C.

Application immédiate

- 3 1. Équation de la réaction :
 $3 \text{ S(s)} + 2 \text{ Al(s)} \rightarrow \text{Al}_2\text{S}_3\text{(s)}$
 Voir le tableau en fin de chapitre, p. 37.

2. Si Al est le réactif limitant, alors :

$$0,60 - 2 x_{\max} = 0, \text{ soit } x_{\max} = 0,30 \text{ mol.}$$

Si S est le réactif limitant, alors :

$$0,30 - 3 x_{\max} = 0, \text{ soit } x_{\max} = 0,10 \text{ mol.}$$

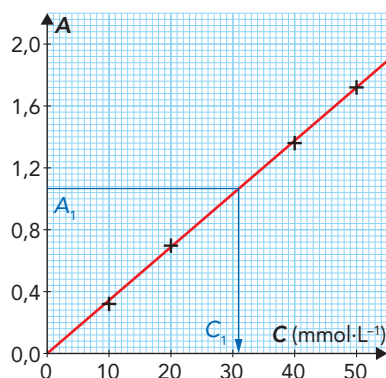
L'avancement maximal correspond à la plus petite valeur de $x_{\max}$, soit $x_{\max} = 0,10 \text{ mol}$ et S est le réactif limitant.

3. Dans l'état final : voir le tableau en fin de chapitre, p. 37.

4. 1. Le graphe est une droite passant par l'origine : la loi de Beer-Lambert est vérifiée.

2. La droite $A_1 = 1,05$ coupe la courbe d'étalonnage en un point dont l'abscisse est :

$$C_1 = 31 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1} = 3,1 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}.$$



Pour commencer

5 Interpréter une évolution de couleur

1. Une réaction a lieu, car on observe la décoloration de la solution violette de permanganate de potassium.

2. L'ion permanganate $\text{MnO}_4^- (\text{aq})$ est la seule espèce colorée du système chimique étudié.

Si l'ion fer (II) $\text{Fe}^{2+} (\text{aq})$ est le réactif limitant, alors la solution finale est de couleur violette, car l'ion permanganate $\text{MnO}_4^- (\text{aq})$ est en excès.

Si l'ion permanganate $\text{MnO}_4^- (\text{aq})$ est le réactif limitant, alors la solution finale est incolore.

6 Compléter un tableau d'avancement

Tableau d'avancement complété (cases en violet) :

Équation chimique $\text{Cu}^{2+} (\text{aq}) + 2 \text{HO}^- (\text{aq}) \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2 (\text{s})$				
État du système	Avancement (en mol)	$n(\text{Cu}^{2+})$	$n(\text{HO}^-)$	$n(\text{Cu}(\text{OH})_2)$
État initial	$x = 0$	5,0	8,0	0,0
État intermédiaire	x	5,0 - x	8,0 - 2 x	x
État final	$x_{\max}$	5,0 - $x_{\max}$	8,0 - 2 $x_{\max}$	$x_{\max}$

7 Utiliser un tableau d'avancement

1. Dans l'état final, la quantité de dioxygène étant nulle, le réactif limitant est le dioxygène $\text{O}_2 (\text{g})$.

2. Tableau d'avancement complété (cases en violet) : voir le tableau en fin de chapitre, p. 37.

3. Il se forme 2,0 mol d'oxyde de fer (III), donc :

$$2 x_{\max} = 2,0 \text{ mol, soit } x_{\max} = 1,0 \text{ mol.}$$

4. Le dioxygène étant le réactif limitant, dans l'état final on a :

$$n_0(\text{O}_2) - 3 x_{\max} = 0,$$

$$\text{soit } n_0(\text{O}_2) = 3 x_{\max} = 3,0 \text{ mol.}$$

5. La quantité de fer dans l'état final est :

$$10,0 - 4 x_{\max} = 10,0 - 4,0 = 6,0 \text{ mol.}$$

8 Déterminer le réactif limitant

1. Voir le tableau en fin de chapitre, p. 37.

2. Si I_2 est le réactif limitant, alors :

$$3,0 - x_{\max} = 0, \text{ soit } x_{\max} = 3,0 \text{ mol.}$$

Si $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ est le réactif limitant, alors :

$$5,0 - 2 x_{\max} = 0, \text{ soit } x_{\max} = 2,5 \text{ mol.}$$

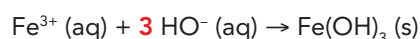
L'avancement maximal correspond à la plus petite valeur de $x_{\max}$, soit $x_{\max} = 2,5 \text{ mol}$.

3. Le réactif limitant est donc $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$.

4. Le diode est le réactif en excès : la solution finale est colorée en jaune-orangé.

9 Établir l'état final d'un système (I)

1. Équation de la réaction :



2. Tableau d'avancement :

Équation chimique $\text{Fe}^{3+} (\text{aq}) + 3 \text{HO}^- (\text{aq}) \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_3 (\text{s})$				
État du système	Avancement (en mmol)	$n(\text{Fe}^{3+})$	$n(\text{HO}^-)$	$n(\text{Fe}(\text{OH})_3)$
État initial	$x = 0$	6,0	12,0	0,0
État intermédiaire	x	6,0 - x	12,0 - 3 x	x
État final	$x_{\max}$	6,0 - $x_{\max}$	12,0 - 3 $x_{\max}$	$x_{\max}$

3. Si Fe^{3+} est le réactif limitant, alors :

$$6,0 - x_{\max} = 0, \text{ soit } x_{\max} = 6,0 \text{ mol.}$$

Si HO^- est le réactif limitant, alors :

$$12,0 - 3 x_{\max} = 0, \text{ soit } x_{\max} = 4,0 \text{ mol.}$$

L'avancement maximal correspond à la plus petite valeur de $x_{\max}$, soit $x_{\max} = 4,0 \text{ mol}$. Le réactif limitant est donc HO^- .

4. Dans l'état final :

État final	$x_{\max}$	6,0 - $x_{\max}$	12,0 - 3 $x_{\max}$	$x_{\max}$
	= 4,0 mmol	= 2,0 mmol	= 0,0 mol	= 4,0 mmol

10 Établir l'état final d'un système (II)

1. Les solutions d'iode de potassium et de peroxydisulfate de potassium étant incolores, les ions I^- (aq) et $S_2O_8^{2-}$ (aq) sont incolores. Sachant que l'ion sulfate SO_4^{2-} (aq) est aussi incolore, l'espèce responsable de la coloration du mélange est le diiode I_2 (aq).

2. Quantité initiale d'ions I^- (aq) :
 $n_0(I^-) = C(I^-) \times V = 0,50 \times 50 \times 10^{-3}$
 $= 2,5 \times 10^{-3} \text{ mol.}$

Quantité initiale d'ions $S_2O_8^{2-}$ (aq) :
 $n_0(S_2O_8^{2-}) = C(S_2O_8^{2-}) \times V = 0,10 \times 50 \times 10^{-3}$
 $= 5,0 \times 10^{-3} \text{ mol.}$

3. Voir le tableau en fin de chapitre, p. 38.

4. Si I^- est le réactif limitant, alors :

$$2,5 - 2 x_{\max} = 0, \text{ soit } x_{\max} = 1,25 \text{ mmol.}$$

Si $S_2O_8^{2-}$ est le réactif limitant, alors :

$$5,0 - 2 x_{\max} = 0, \text{ soit } x_{\max} = 2,5 \text{ mmol.}$$

L'avancement maximal correspond à la plus petite valeur de $x_{\max}$, soit $x_{\max} = 1,25 \text{ mmol.}$

Le réactif limitant est donc I^- .

5. Dans l'état final : voir le tableau en fin de chapitre, p. 38.

11 Analyser des graphes

1. Quantités initiales, avancement maximal et réactif(s) limitant(s) pour les deux systèmes chimiques :

	Système chimique (a)	Système chimique (b)
$n_0(Al^{3+})$ en mol	1,5	2,0
$n_0(HO^-)$ en mol	6,0	6,0
$x_{\max}$ en mol	1,5	2,0
Réactif(s) limitant(s)	Al^{3+}	Al^{3+} et HO^-

2. Le système chimique **b** correspond à un mélange stœchiométrique car les quantités initiales des réactifs sont dans les proportions des nombres stœchiométriques des réactifs :

$$\frac{n_0(Al^{3+})}{1} = \frac{n_0(HO^-)}{3}.$$

12 Savoir si un mélange initial est stœchiométrique

1. Le mélange stœchiométrique est le mélange **a**.

2. La relation de stœchiométrie est :

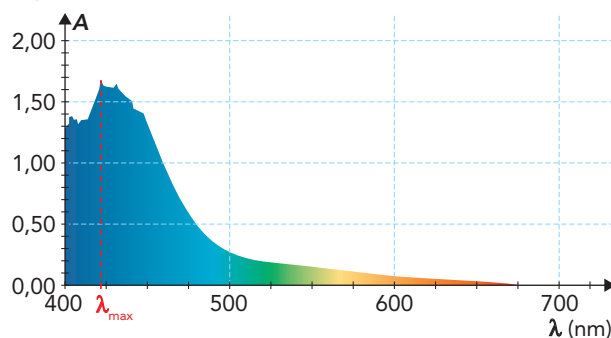
$$\frac{n_0(Ca^{2+})}{3} = \frac{n_0(PO_4^{3-})}{2}.$$

Les propositions **a** et **c** vérifient cette relation.

13 Exploiter un spectre d'absorption

1. La solution de diiode absorbe davantage dans le bleu.

2.



Pour mesurer l'absorbance d'une solution de diiode avec la meilleure précision, il faut régler le spectrophotomètre sur la longueur d'onde :

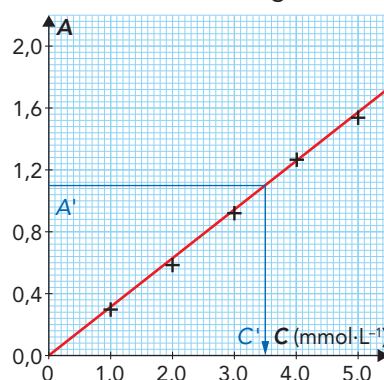
$$\lambda_{\max} \approx 420 \text{ nm.}$$

3. Une solution qui absorbe principalement dans le bleu a une couleur complémentaire dans le jaune.

14 Tracer une courbe d'étalonnage

1. Une solution de couleur jaune absorbe principalement dans la couleur complémentaire au jaune, c'est-à-dire le bleu (voir le cercle chromatique des couleurs, p. 84 du manuel), d'où la valeur de la longueur d'onde choisie pour le réglage du spectrophotomètre, $\lambda_{\max} = 400 \text{ nm.}$

2. Tracé de la courbe d'étalonnage $A = f(C)$:



La courbe d'étalonnage est une droite passant par l'origine, la loi de Beer-Lambert est vérifiée.

3. La droite $A' = 1,12$ coupe la courbe d'étalonnage en un point dont l'abscisse est :

$$C' = 3,5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}.$$

Pour s'entraîner

15 Décomposition d'un solide par chauffage

1. La quantité initiale d'hydrogénocarbonate de sodium est $n_0(\text{NaHCO}_3) = \frac{m}{M(\text{NaHCO}_3)}$, soit :

$$n_0(\text{NaHCO}_3) = \frac{2,2}{23,0 + 1,0 + 12,0 + 3 \times 16,0}$$

$$n_0(\text{NaHCO}_3) = 2,6 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

$$n_0(\text{NaHCO}_3) = 26 \text{ mmol}$$

2. Voir le tableau en fin de chapitre, p. 38.

Le seul réactif étant NaHCO_3 , il est limitant. Dans l'état final, $26 - 2 x_{\text{max}} = 0$, donc $x_{\text{max}} = 13 \text{ mmol}$.

3. Voir le tableau en fin de chapitre, p. 38.

4. La masse d'oxyde de sodium Na_2O formée est :

$$m(\text{Na}_2\text{O}) = n(\text{Na}_2\text{O}) \times M(\text{Na}_2\text{O})$$

$$m(\text{Na}_2\text{O}) = x_{\text{max}} \times M(\text{Na}_2\text{O})$$

$$m(\text{Na}_2\text{O}) = 13 \times 10^{-3} \times (23,0 \times 2 + 16,0) = 0,81 \text{ g}.$$

16 Réaction entre l'acide oxalique et les ions permanganate

1. L'ion permanganate MnO_4^- (aq) est la **seule espèce colorée** du système chimique étudié. La solution finale étant incolore l'ion permanganate MnO_4^- (aq) est le réactif limitant.

2. Quantité initiale n_2 d'ions MnO_4^- (aq) :

$$n_2 = C_2 \times V_2 = 0,40 \times 5,0 \times 10^{-3} = 2,0 \times 10^{-3} \text{ mol}.$$

Quantité initiale n_1 d'acide oxalique $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ (aq) :

$$n_1 = C_1 \times V_1 = 0,50 \times 20,0 \times 10^{-3} = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol}.$$

3. Voir le tableau en fin de chapitre, p. 38.

Si MnO_4^- est limitant, alors $n_2 - 2 x_{\text{max}} = 0$, soit :

$$x_{\text{max}} = n_2 / 2 = 1,0 \times 10^{-3} \text{ mol} = 1,0 \text{ mmol}.$$

Si $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ est limitant, alors $n_1 - 5 x_{\text{max}} = 0$, soit :

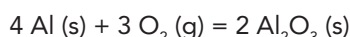
$$x_{\text{max}} = n_1 / 5 = 2,0 \times 10^{-3} \text{ mol} = 2,0 \text{ mmol}.$$

L'avancement maximal correspond à la plus petite valeur de x_{max} , soit $x_{\text{max}} = 1,0 \text{ mmol}$. Le réactif limitant est donc MnO_4^- .

4. MnO_4^- étant le réactif limitant, tous les ions permanganate ont réagi dans l'état final. Or seuls ces ions sont colorés, ainsi la solution finale est effectivement incolore.

17 À chacun son rythme

1. Équation de la réaction :



2. Voir le tableau en fin de chapitre, p. 38.

3. Dans l'état final on a :

$$2 x_{\text{max}} = 0,25 \text{ mol, soit } x_{\text{max}} = 0,125 \text{ mol}.$$

4. La quantité d'aluminium consommée $n_{\text{cons}}(\text{Al})$ est :

$$n_{\text{cons}}(\text{Al}) = 4 x_{\text{max}} = 0,50 \text{ mol}.$$

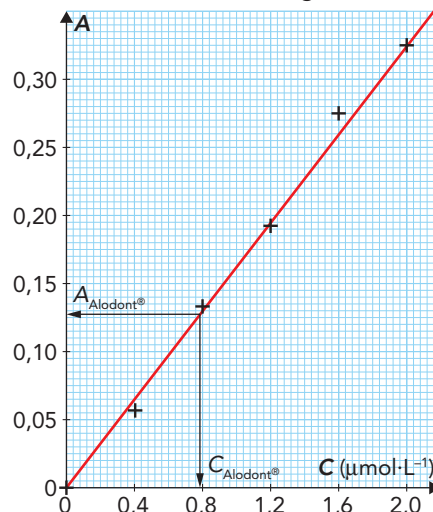
5. La masse m d'aluminium consommée est donc

$$m = n_{\text{cons}}(\text{Al}) \times M(\text{Al}), \text{ soit :}$$

$$m = 0,50 \times 27,0 = 13,5 \text{ g} \approx 14 \text{ g}.$$

18 Étude d'une solution colorée pour bain de bouche

1. Tracé de la courbe d'étalonnage $A = f(C)$:



2. La courbe d'étalonnage étant une **droite passant par l'origine**, la loi de Beer-Lambert est vérifiée.

3. La droite $A_{\text{Alodont®}} = 0,126$ coupe la courbe d'étalonnage en un point dont l'abscisse est :

$$C_{\text{Alodont®}} = 0,8 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}.$$

4. Le spectre d'absorption présente un maximum d'absorbance pour une longueur d'onde $\lambda_{\text{max}} = 640 \text{ nm}$. On a donc réglé le spectrophotomètre à cette longueur d'onde pour avoir les valeurs d'absorbance les plus grandes et donc les mesures d'absorbance les plus précises.

Pour aller plus loin

19 Dosage de la caféine

1. Les longueurs d'onde 220 nm et 320 nm étant inférieures à 400 nm, elles appartiennent au domaine des **ultraviolets (UV)**.

2. Il faut régler le spectrophotomètre sur la longueur d'onde correspondant au maximum d'absorbance soit ici à $\lambda_{\text{max}} = 271 \text{ nm}$.

3. Le graphe $A = f(t)$ est une droite passant par l'origine, donc l'absorbance est proportionnelle à la concentration t en caféine. Le café le « plus excitant » est celui dont l'absorbance mesurée est la plus grande. Comme $A_2 > A_1$, la boisson 2 a la plus grande concentration en caféine.

Pour $A_2 = 0,53$, la concentration massique en caféine est $17 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$.



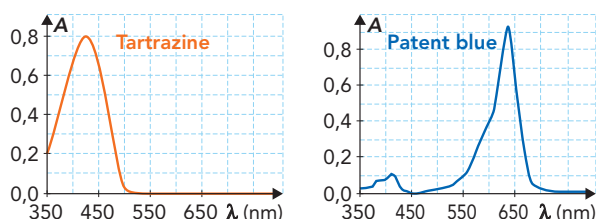
20 Food coloring agents

Traduction du texte et des questions :

« L'étiquette d'un sirop de menthe indique qu'il contient deux colorants alimentaires, E102 (tartrazine) et E131 (bleu patenté). Mais l'étiquette n'indique pas leurs concentrations. Des élèves décident de les déterminer en utilisant le spectrophotomètre de leur lycée.

Avant tout, les élèves réalisent le spectre (d'absorption) de chaque colorant alimentaire.

Ils obtiennent les graphes suivants :



1. En utilisant le spectre, trouver la couleur de chaque colorant alimentaire.

2. Montrer qu'il est possible d'étudier la concentration de chaque colorant alimentaire, indépendamment de l'autre. Pour chaque colorant alimentaire, les élèves réalisent une échelle de concentration avec un ensemble de six solutions de concentrations différentes. Ils mesurent alors l'absorbance de chaque solution :

– à la longueur d'onde $\lambda = 450$ nm pour le colorant E 102 ;

– à la longueur d'onde $\lambda = 630$ nm pour le colorant E 131.

3. Justifier les longueurs d'onde utilisées pour réaliser les mesures d'absorbance de chaque colorant.

4. Sur le même graphe, dessiner la courbe de l'absorbance en fonction de la concentration pour chaque colorant alimentaire.

Échelle : concentration: $1,0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1} \Leftrightarrow 1,0 \text{ cm}$;

absorbance : $0,1 \Leftrightarrow 1,0 \text{ cm}$.

L'étalonnage est maintenant réalisé et peut être utilisé pour établir la concentration de chaque colorant alimentaire dans le sirop de menthe. Pour cela, le sirop est dilué 10 fois et un échantillon est placé dans la cuvette du spectrophotomètre.

À la longueur d'onde $\lambda = 450$ nm, l'absorbance est égale à 0,51 et, à la longueur d'onde $\lambda = 630$ nm, l'absorbance est égale à 0,91.

5. Déduire la concentration de chaque colorant alimentaire dans l'échantillon mesuré, puis dans le sirop de menthe. »

Réponses aux questions :

1. Le spectre du colorant tartrazine présente un maximum d'absorbance à 430 nm, c'est-à-dire dans le domaine des radiations bleues, le colorant sera donc de couleur jaune.

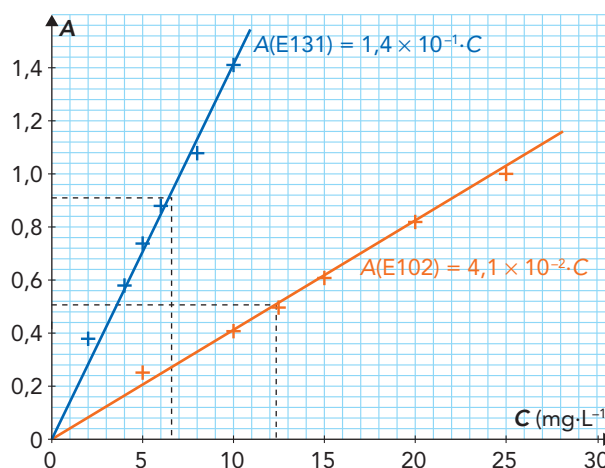
Le spectre du colorant bleu patenté présente un maximum d'absorbance à 640 nm, c'est-à-dire dans le domaine des radiations rouges, le colorant sera donc de couleur bleue.

2. Pour pouvoir mesurer l'absorbance d'un colorant indépendamment de l'autre, il faut que le maximum d'absorbance (ou l'un des maxima d'absorbance) d'un colorant corresponde à une absorbance nulle de l'autre colorant.

3. En réglant le spectrophotomètre sur 450 nm, seule l'absorbance due la tartrazine est mesurée, car l'absorbance du bleu patenté est alors nulle.

En réglant le spectrophotomètre sur 630 nm, seule l'absorbance du bleu patenté est mesurée, car l'absorbance de la tartrazine est alors nulle.

4. Graphe de l'absorbance de chaque colorant en fonction de la longueur d'onde :



5. Sur le graphe correspondant à la tartrazine, on lit qu'une absorbance égale à 0,51 correspond à une concentration de 12,4 mg/L dans l'échantillon soit une concentration de 124 mg/L dans le sirop.

Sur le graphe correspondant au bleu patenté, on lit qu'une absorbance égale à 0,91 correspond à une concentration de 6,5 mg/L dans l'échantillon soit une concentration de 65 mg/L dans le sirop.

21 Couleurs d'automne

1. La chlorophylle (a) présente deux pics d'absorbance aux longueurs d'onde 430 nm (bleu) et 660 nm (rouge) et une absorbance quasi nulle entre 470 nm et 550 nm, soit autour de 510 nm dans le vert-bleu. La couleur de la chlorophylle (a) résultant de la superposition des radiations non absorbées, une solution de **chlorophylle (a)** est de couleur **vert-bleu**.

La chlorophylle (b) présente deux pics d'absorbance aux longueurs d'onde 455 nm (violet-bleu) et 640 nm (rouge) et une absorbance quasi nulle vers 530 nm (vert-jaune). Une solution de **chlorophylle (b)** est donc de couleur **vert-jaune**.

2. Le spectre d'absorption du β -carotène présente une bande d'absorbance maximale entre 450 et 480 nm et une absorbance quasi nulle pour $\lambda > 550$ nm (orange). Une solution de ce pigment est donc de couleur **orangée**.

3. L'absorbance est une grandeur additive. La courbe de l'absorbance d'un mélange de pigments est obtenue en superposant les courbes d'absorbance des différents pigments du mélange en tenant compte de leurs proportions relatives dans le mélange. Ceci

se traduit par des domaines d'absorbance plus larges que pour un pigment isolé.

4. Le spectre des pigments extraits de la feuille présente une absorbance importante entre 400 et 480 nm et un pic vers 660 nm. Ces absorbances correspondent aux pics d'absorbances des pigments qu'elle contient. L'absorbance forte entre 400 et 480 nm correspond à la somme des pics d'absorbances des chlorophylles (a) et (b) et du β -carotène. Le pic vers 660 nm correspond aux pics d'absorbance des chlorophylles (a) et (b) dans le rouge. Ainsi les pigments présents dans l'extrait de feuille sont **les chlorophylles (a) et (b) et le β -carotène**.

La couleur verte des feuilles au printemps et en été est due essentiellement à la superposition des couleurs vertes des deux chlorophylles. La couleur orangée du β -carotène n'est pas suffisamment prononcée pour colorer en orange les feuilles.

5. En automne, l'ensoleillement et la température diminuent : les chlorophylles ne sont donc plus synthétisées contrairement au β -carotène. Les feuilles deviennent donc jaune-orangée.

Complément

le dégradé de couleur entre le jaune et le rouge est aussi dû à des molécules appelées anthocyanes dont la teinte varie selon le pH de la sève.

6. Pour mesurer la concentration en β -carotène de l'extrait de feuille, il faudrait se placer à la longueur d'onde 450 nm, pour laquelle le β -carotène présente

un maximum d'absorbance. Mais la chlorophylle b présente aussi un maximum d'absorbance pour cette longueur d'onde.

Le β -carotène présente un autre pic vers 490 nm, mais, à cette longueur d'onde, la chlorophylle a présente une absorbance non nulle.

L'absorbance étant une grandeur additive, la mesure de seule absorbance du β -carotène à ces longueurs d'onde est impossible.

Pour mesurer l'absorbance du seul β -carotène, il faudrait faire les mesures à 500 nm. Mais, son absorbance étant très faible à cette longueur d'onde, l'incertitude relative sur la mesure serait trop grande.

7. Pour déterminer la concentration en chlorophylle (a), il faut se placer à la longueur d'onde 675 nm, car l'absorbance de la chlorophylle (a) présente un pic et celles de la chlorophylle (b) et du β -carotène sont nulles.

Il est impossible de déterminer la concentration en chlorophylle (b), car il n'y a pas de longueur d'onde pour laquelle, à la fois, l'absorbance de la chlorophylle (b) est importante et les absorbances de la chlorophylle (a) et du β -carotène sont nulles.

Remarque

L'absorbance étant une grandeur additive :

$$A = \sum_i \ell \cdot \varepsilon_i \cdot C_i$$

On peut, en se plaçant à trois longueurs d'onde différentes, disposer de trois équations du type :

$$A = \sum_i \ell \cdot \varepsilon_i \cdot C_i$$

qu'il suffirait de résoudre...

Exercice 3, question 1.

Équation chimique		3 S(s)	+	2 Al(s)	→	Al ₂ S ₃ (s)
État du système	Avancement (mol)	n(S)		n(Al)		n(Al ₂ S ₃)
État initial	x = 0	0,30		0,60		0
État intermédiaire	x	0,30 - 3 x		0,60 - 2 x		x
État final	x _{max}	0,30 - 3 x _{max}		0,60 - 2 x _{max}		x _{max}

Exercice 3, question 3.

État final	x _{max} = 0,10 mol	0,30 - 3 x _{max} = 0,00 mol	0,60 - 2 x _{max} = 0,40 mol	x _{max} = 0,10 mol
------------	--------------------------------	---	---	--------------------------------

Exercice 7, question 2.

Équation chimique		4 Fe(s)	+	3 O ₂ (g)	→	2 Fe ₂ O ₃ (s)
État du système	Avancement (mol)	n(Fe)		n(O ₂)		n(Fe ₂ O ₃)
État initial	x = 0	10,0		n ₀ (O ₂)		0,0
État intermédiaire	x	10,0 - 4 x		n ₀ (O ₂) - 3 x		2 x
État final	x _{max}	10,0 - 4 x _{max}		0,0		2 x _{max}

Exercice 8, question 1.

Équation chimique		I ₂ (aq)	+ 2 S ₂ O ₃ ²⁻ (aq)	→	2 I ⁻ (aq)	+ S ₄ O ₆ ²⁻ (aq)
État du système	Avancement (mol)	n(I ₂)	n(S ₂ O ₃ ²⁻)		n(I ⁻)	n(S ₄ O ₆ ²⁻)
État initial	x = 0	3,0	5,0		0,0	0,0
État intermédiaire	x	3,0 - x	5,0 - 2 x		2 x	x
État final	x _{max}	3,0 - x _{max}	5,0 - 2 x _{max}		2 x _{max}	x _{max}

Exercice 10, question 3.

Équation chimique		$2 \text{I}^- (\text{aq}) + \text{S}_2\text{O}_8^{2-} (\text{aq}) \rightarrow \text{I}_2 (\text{aq}) + 2 \text{SO}_4^{2-} (\text{aq})$			
État du système	Avancement (mmol)	$n(\text{I}^-)$	$n(\text{S}_2\text{O}_8^{2-})$	$n(\text{I}_2)$	$n(\text{SO}_4^{2-})$
État initial	$x = 0$	2,5	5,0	0,0	0,0
État intermédiaire	x	$2,5 - 2x$	$5,0 - x$	x	$2x$
État final	x_{max}	$2,5 - 2x_{\text{max}}$	$5,0 - x_{\text{max}}$	x_{max}	$2x_{\text{max}}$

Exercice 10, question 5.

État final	$x_{\text{max}} = 1,25 \text{ mmol}$	$2,5 - 2x_{\text{max}} = 0,0 \text{ mmol}$	$5,0 - x_{\text{max}} = 3,75 \text{ mmol}$	$x_{\text{max}} = 1,25 \text{ mmol}$	$2x_{\text{max}} = 2,5 \text{ mmol}$
------------	--------------------------------------	--	--	--------------------------------------	--------------------------------------

Exercice 15, question 2.

Équation chimique		$2 \text{NaHCO}_3 (\text{s}) \rightarrow \text{Na}_2\text{O} (\text{s}) + 2 \text{CO}_2 (\text{g}) + \text{H}_2\text{O} (\ell)$			
État du système	Avancement (mmol)	$n(\text{NaHCO}_3)$	$n(\text{Na}_2\text{O})$	$n(\text{CO}_2)$	$n(\text{H}_2\text{O})$
État initial	$x = 0$	26	0,0	0,0	0,0
État intermédiaire	x	$26 - 2x$	x	$2x$	x
État final	x_{max}	$26 - 2x_{\text{max}}$	x_{max}	$2x_{\text{max}}$	x_{max}

Exercice 15, question 3.

État final	$x_{\text{max}} = 13 \text{ mmol}$	$26 - 2x_{\text{max}} = 0 \text{ mmol}$	$x_{\text{max}} = 13 \text{ mmol}$	$2x_{\text{max}} = 26 \text{ mmol}$	$x_{\text{max}} = 13 \text{ mmol}$
------------	------------------------------------	---	------------------------------------	-------------------------------------	------------------------------------

Exercice 16, question 3.

Équation chimique		$2 \text{MnO}_4^- (\text{aq}) + 5 \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 (\text{aq}) + 6 \text{H}^+ (\text{aq}) \rightarrow 2 \text{Mn}^{2+} (\text{aq}) + 10 \text{CO}_2 (\text{g}) + 8 \text{H}_2\text{O} (\ell)$					
État du système	Avancement (mol)	$n(\text{MnO}_4^-)$	$n(\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4)$	$n(\text{H}^+)$	$n(\text{Mn}^{2+})$	$n(\text{CO}_2)$	$n(\text{H}_2\text{O})$
État initial	$x = 0$	n_2	n_1	excès	0	0	solvant
État intermédiaire	x	$n_2 - 2x$	$n_1 - 5x$	excès	$2x$	$10x$	solvant
État final	x_{max}	$n_2 - 2x_{\text{max}}$	$n_1 - 5x_{\text{max}}$	excès	$2x_{\text{max}}$	$10x_{\text{max}}$	solvant

Exercice 17, question 2.

Équation chimique		$4 \text{Al} (\text{s}) + 3 \text{O}_2 (\text{g}) \rightarrow 2 \text{Al}_2\text{O}_3 (\text{s})$		
État du système	Avancement (mol)	$n(\text{Al})$	$n(\text{O}_2)$	$n(\text{Al}_2\text{O}_3)$
État initial	$x = 0$	$n_0(\text{Al})$	excès	0,0
État intermédiaire	x	$n_0(\text{Al}) - 4x$	excès	$2x$
État final	x_{max}	$n_0(\text{Al}) - 4x_{\text{max}}$	excès	$2x_{\text{max}} = 0,25 \text{ mol}$

Des atomes aux molécules

Chapitre

6

Activités

1 Les liaisons des molécules colorées (p. 96)

1 Les *chromatophores* sont des cellules, présentes chez certains animaux, qui peuvent être pigmentaires ou réfléchir la lumière.

Le *derme* est le tissu conjonctif formant la peau.

On parle d'*iridescence* quand une surface change de couleur selon l'angle sous lequel on la regarde.

Les *caroténoïdes* sont des pigments plutôt orange et jaunes répandus chez de très nombreux organismes vivants.

2 Atome : numéro atomique Z	H : 1	He : 2	C : 6	N : 7	O : 8	Ne : 10
1. Formule électronique	K^1	K^2	$K^2 L^4$	$K^2 L^5$	$K^2 L^6$	$K^2 L^8$
2. Nombre d'électrons manquant à l'atome pour atteindre une structure stable	1		4	3	2	
3. Nombre de liaisons (doublets liants) formées pour chaque atome dans les molécules proposées	1		4	3	2	
4. Nombre d'électrons engagés dans des doublets liants	1		4	3	2	
5. Nombre d'électrons restant sur la couche externe de l'atome	0		0	2	4	

3 Les atomes de carbone établissent des liaisons simples ou doubles; les atomes d'hydrogène établissent des liaisons simples; les atomes d'azote établissent des liaisons simples ou doubles; les atomes d'oxygène établissent des liaisons simples ou doubles.

4 Le nombre d'électrons manquant à l'atome pour atteindre une structure stable est égal au nombre de doublets liants formés pour chaque atome dans une molécule. Pour atteindre une structure stable, un atome établit autant de liaisons qu'il lui manque d'électrons.

5 Les atomes de carbone et d'hydrogène ne possèdent aucun doublet non liant; les atomes d'azote en possèdent un seul; les atomes d'oxygène en possèdent deux.

6 Au sein d'une molécule, les atomes tendent à compléter leur couche électronique externe pour atteindre deux ou huit électrons, en partageant des électrons avec d'autres atomes. Chaque liaison formée permet à l'atome de gagner un électron sur sa couche externe.

2 Molécules en trois dimensions (p. 97)

A Utilisation d'un logiciel de simulation

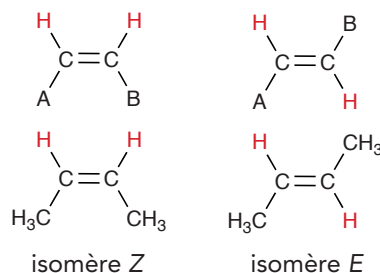
1 2	Eau	Dioxyde de carbone	Ammoniac	Méthanal
	Cou-dée	Linéaire	Pyramidale	Tétra-édrique

B Utilisation des modèles moléculaires

3 4 Il existe trois façons d'agencer les atomes; les molécules se différencient par la position de la double liaison sur la chaîne carbonée et par celle des groupes $-CH_3$ par rapport à la double liaison.

5 6 Lorsque, de part et d'autre de la double liaison d'un composé $\text{CHA}=\text{CHB}$, les groupements d'atomes A et B ne sont pas des atomes d'hydrogène H, il existe deux isomères appelés Z et E :

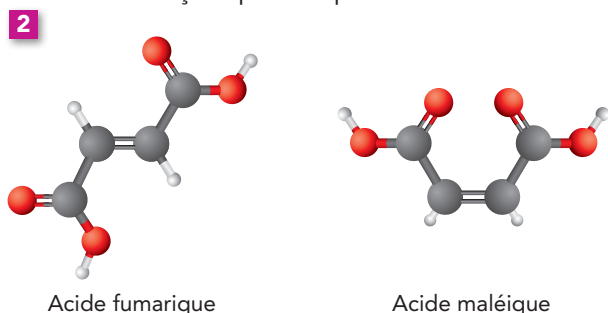
- dans l'isomère Z, les deux atomes d'hydrogène se trouvent du même côté de la double liaison ;
- dans l'isomère E, ils se trouvent de part et d'autre.



3 La vision : une question de double liaisons (p. 98)

1 Jacobus Hendrikus VAN'T HOFF (30 août 1852 à Rotterdam – 1^{er} mars 1911 à Steglitz, Allemagne) est un chimiste néerlandais. En 1874, il suppose que les liaisons chimiques entre les atomes de carbone et leurs voisins sont dirigées en direction des angles d'un tétraèdre régulier. Cette structure en trois dimensions explique la présence des isomères trouvés dans la nature.

VAN'T HOFF a reçu le premier prix Nobel de chimie.

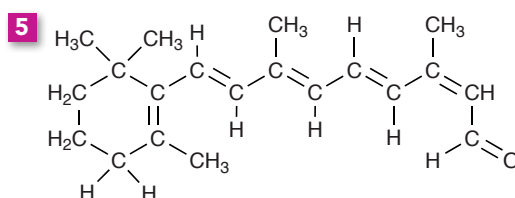


A Une isomérisation photochimique

3 Le solide obtenu n'est pas de l'acide maléique : la température de fusion mesurée n'est pas celle de l'acide maléique.

4 La lumière a permis l'isomérisation de l'acide maléique en acide fumarique.

B Vision et isomérisation Z/E

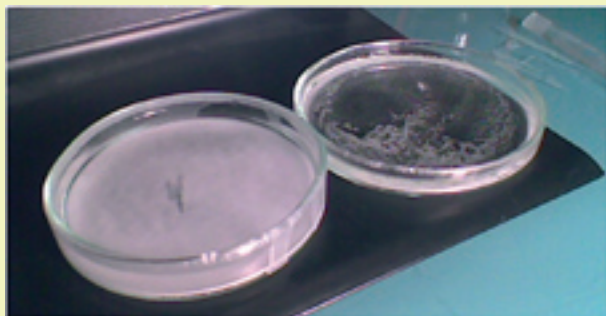


Compléments

Quelques informations sur l'activité expérimentale A

Matériel :

- de l'acide maléique (solide blanc) ;
- une solution aqueuse de dibrome saturée ;
- deux boîtes de Pétri ;
- une hotte ;
- une lampe halogène de 500 W ;
- un dispositif de filtration sous vide ;
- un banc Koffler ou un tube de Thiele ou une plaque chauffante.



De nombreux cristaux blancs se forment dans la boîte de Pétri soumise à une lumière intense.

Quelques remarques :

L'apparition de cristaux dans la boîte de Pétri soumise à la lumière se fait au bout d'un quart d'heure environ. La lampe UV dont on se sert pour révéler les chromatogrammes n'est pas assez puissante. C'est pourquoi nous avons choisi une lumière riche en UV : une lampe halogène de 500 W convient.

- Il n'est pas nécessaire de mesurer le point de fusion ; les températures de fusion sont suffisamment différentes (l'espèce qui fond en premier sur la plaque chauffante est l'acide maléique).
- On peut également raisonner sur les solubilités dans l'eau : celle de l'acide maléique ($780 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ à 25°C) est très supérieure à celle de l'acide fumarique ($6,3 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ à 25°C). Après exposition aux UV, il y a précipitation d'une espèce peu soluble dans l'eau.

Exercices (p. 103-111)

QCM

1. 1. A; 2. B; 3. C; 4. B; 5. A; 6. B et C;
2. 1. C; 2. C; 3. 1. C; 2. B.

Application immédiate

4. ${}_1\text{H} : K^1$: il manque $(2 - 1) = 1$ électron pour un **duet** électronique; il peut former **une** liaison.

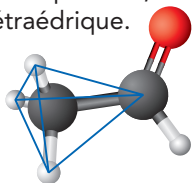
${}_6\text{C} : K^2 L^4$: il manque $(8 - 4) = 4$ électrons pour un **octet** électronique; il peut former **quatre** liaisons.

${}_7\text{N} : K^2 L^5$: il manque $(8 - 5) = 3$ électrons pour un **octet** électronique; il peut former **trois** liaisons.

Trois électrons de la couche externe de l'atome d'azote sont engagés dans trois liaisons covalentes : il reste donc $(5 - 3) = 2$ électrons qui s'apparient en **1** doublet non liant localisé sur l'atome d'azote.

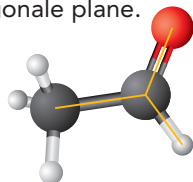
5. Un atome de carbone de la molécule est entouré de quatre atomes (4 liaisons simples).

Pour minimiser leurs répulsions, ces doublets adoptent une disposition tétraédrique.



L'autre atome de carbone de la molécule est entouré de trois atomes (2 liaisons simples et 1 liaison double).

Pour minimiser leurs répulsions, ces doublets adoptent une disposition trigonale plane.



Pour commencer

6. Prévoir le nombre de doublets liants

- Hélium $\text{He} : K^2$: aucune liaison car la couche externe est saturée à 2 électrons.
- Carbone $\text{C} : K^2 L^4$: 4 liaisons car il manque 4 électrons pour respecter la règle de l'octet.
- Fluor $\text{F} : K^2 L^7$: 1 liaison car il manque 1 électron pour respecter la règle de l'octet.
- Néon $\text{Ne} : K^2 L^8$: aucune liaison car la couche externe est saturée à 8 électrons.
- Silicium $\text{Si} : K^2 L^8 M^4$: 4 liaisons car il manque 4 électrons pour respecter la règle de l'octet.
- Argon $\text{Ar} : K^2 L^8 M^8$: aucune liaison car la couche externe contient 8 électrons.

7. Choisir une formule électronique

- $\text{H} : K^1$: il manque, en effet, un électron pour un duet et l'atome d'hydrogène établit une liaison.
- $\text{N} : K^2 L^5$: il manque, en effet, trois électrons pour un octet et l'atome d'azote établit trois liaisons.
- $\text{Cl} : K^2 L^8 M^7$: il manque, en effet, un électron pour un octet et l'atome de chlore établit une liaison.

8. Interpréter une représentation de Lewis

■ ${}_8\text{O} : K^2 L^6$: il lui manque $(8 - 6) = 2$ électrons pour un **octet**; il peut former **deux** liaisons.

■ ${}_9\text{F} : K^2 L^7$: il lui manque $(8 - 7) = 1$ électron pour un **octet**; il peut former **une** liaison.

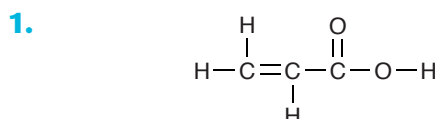
■ Deux électrons de la couche externe de l'atome d'oxygène sont engagés dans deux liaisons covalentes : il reste donc $(6 - 2) = 4$ électrons qui s'apparient en **2** doublets non liants localisés sur l'atome d'oxygène.

■ Un électron de la couche externe de l'atome de fluor est engagé dans une liaison covalente : il reste donc $(7 - 1) = 6$ électrons qui s'apparient en **3** doublets non liants localisés sur l'atome de fluor.

9. Choisir une représentation de Lewis

Acide cyanhydrique HCN	$\text{H}-\text{C}\equiv\text{N}$
Acétylène C_2H_2	$\text{H}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{H}$
Méthanal CH_2O	$\begin{array}{c} \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{O} \end{array}$

10. Placer des doublets non liants



2. 3. ${}_1\text{H} : K^1$: il lui manque $(2 - 1) = 1$ électron pour obtenir un **duet** électronique; il peut former **une** liaison.

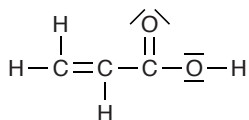
${}_6\text{C} : K^2 L^4$: il lui manque $(8 - 4) = 4$ électrons pour obtenir un **octet** électronique; il peut former **quatre** liaisons.

${}_8\text{O} : K^2 L^6$: il lui manque $(8 - 6) = 2$ électrons pour obtenir un **octet** électronique; il peut former **deux** liaisons.

4. ■ L'unique électron de la couche externe de l'hydrogène est engagé dans une liaison covalente : il ne possède **aucun** doublet non liant.

■ Les quatre électrons de la couche externe du carbone sont engagés dans quatre liaisons covalentes : les atomes de carbone ne possèdent **aucun** doublet non liant.

■ Deux électrons de la couche externe de l'atome d'oxygène sont engagés dans deux liaisons covalentes : il reste donc $(6 - 2) = 4$ électrons qui s'apparient en 2 doublets non liants localisés sur l'atome d'oxygène.



11 Établir des représentations de Lewis

${}_1\text{H}$: K^1 : il manque $(2 - 1) = 1$ électron pour un **duet** ; il peut former **une** liaison.

${}_6\text{C}$: $K^2 L^4$: il manque $(8 - 4) = 4$ électrons pour un **octet** ; il peut former **quatre** liaisons.

${}_8\text{O}$: $K^2 L^6$: il manque $(8 - 6) = 2$ électrons pour un **octet** ; il peut former **deux** liaisons.

${}_{17}\text{Cl}$: $K^2 L^8 M^7$: il manque $(8 - 7) = 1$ électron pour un **octet** ; il peut former **une** liaison.

${}_{16}\text{S}$: $K^2 L^8 M^6$: il manque $(8 - 6) = 2$ électrons pour un **octet** ; il peut former **deux** liaisons.

■ L'unique électron de la couche externe de l'hydrogène est engagé dans une liaison covalente : il ne possède **aucun** doublet non liant.

■ Les quatre électrons de la couche externe du carbone sont engagés dans quatre liaisons covalentes : les atomes de carbone ne possèdent **aucun** doublet non liant.

■ Deux électrons de la couche externe de l'atome d'oxygène sont engagés dans deux liaisons covalentes : il reste donc $(6 - 2) = 4$ électrons qui s'apparient en 2 doublets non liants localisés sur l'atome d'oxygène.

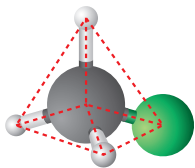
■ Deux électrons de la couche externe de l'atome de soufre sont engagés dans deux liaisons covalentes : il reste donc $(6 - 2) = 4$ électrons qui s'apparient en 2 doublets non liants localisés sur l'atome de soufre.

■ Un électron de la couche externe de l'atome de chlore est engagé dans une liaison covalente : il reste donc $(7 - 1) = 6$ électrons qui s'apparient en 3 doublets non liants localisés sur l'atome de chlore.



12 Prévoir la géométrie d'une molécule

La molécule est tétraédrique :



13 Justifier la géométrie d'une molécule

L'atome de phosphore est entouré de trois doublets liants et d'un doublet non liant. Les doublets adoptent une disposition **tétraédrique**. La molécule est donc **pyramidale** autour de l'atome de phosphore.

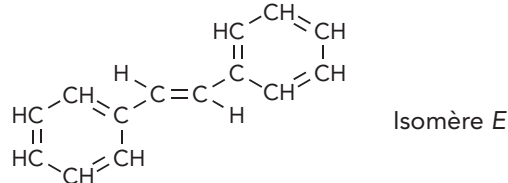
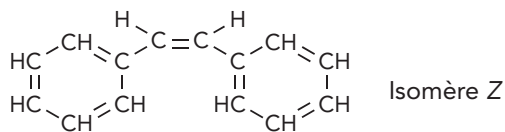
14 Identifier un isomère

Les deux atomes d'hydrogène se trouvent de part et d'autre de la double liaison : l'isomère représenté est l'isomère E.

15 Représenter un isomère

1. Une isomérisation sous l'effet de la lumière.

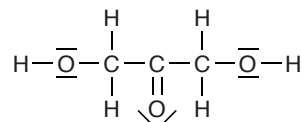
2.



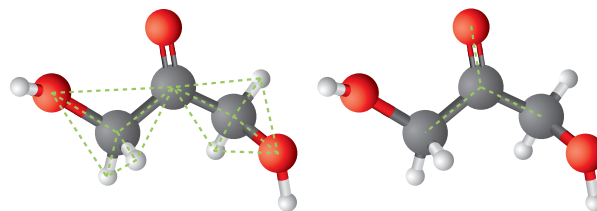
16 Pour un bronzage artificiel

1. ${}_1\text{H}$: K^1 ; ${}_6\text{C}$: $K^2 L^4$; ${}_8\text{O}$: $K^2 L^6$.

2.



3. Les deux atomes de carbone portant les groupes OH sont tétraédriques. L'atome de carbone central est trigonal plan.



17 Un colorant orange

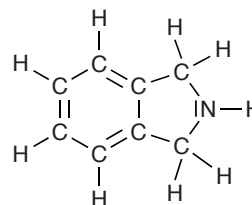
1. ${}_1\text{H}$: K^1 ; ${}_6\text{C}$: $K^2 L^4$; ${}_7\text{N}$: $K^2 L^5$.

2. ■ ${}_7\text{N}$: $K^2 L^5$: il lui manque $(8 - 5) = 3$ électrons pour obtenir un **octet** électronique ; il peut former **trois** liaisons.

Trois électrons de la couche externe de l'atome d'azote sont engagés dans trois liaisons covalentes : il reste donc $(5 - 3) = 2$ électrons qui s'apparient en 1 doublet non liant localisé sur l'atome d'azote.

■ L'unique électron de la couche externe de l'hydrogène est engagé dans une liaison covalente : il ne possède **aucun** doublet non liant.

■ Les quatre électrons de la couche externe du carbone sont engagés dans quatre liaisons covalentes : les atomes de carbone ne possèdent **aucun** doublet non liant.



3. ■ L'atome d'azote est entouré de trois doublets liants et d'un doublet non-liant. Les doublets adoptent une disposition **tétraédrique**. La molécule est donc **pyramidale** autour de l'atome d'azote.

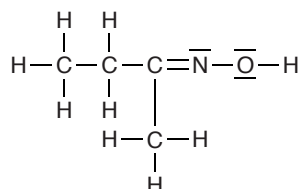
■ L'atome de carbone n° 1 est entouré de trois atomes. La molécule est **trigonale plane** autour de l'atome de carbone.

■ L'atome de carbone n° 2 est entouré de quatre doublets liants. La molécule est **tétraédrique** autour de l'atome de carbone.

18 Un additif dans les peintures

1. ${}_1\text{H} : K^1$; ${}_6\text{C} : K^2 L^4$; ${}_7\text{N} : K^2 L^5$; ${}_8\text{O} : K^2 L^6$.

2.



3. ■ L'atome de carbone n° 1 est entouré de trois atomes. La molécule est **trigonale plane** autour de cet atome.

■ L'atome de carbone n° 2 est entouré de quatre atomes. La molécule est **tétraédrique** autour de cet atome de carbone.

■ L'atome d'oxygène est entouré de quatre doublets (deux liants et deux non-liants). La molécule est **tétraédrique** autour de l'atome d'oxygène : elle est donc coudée.

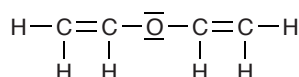
19 Les encres UV

1. L'encre UV sèche uniquement sous un rayonnement ultraviolet. Une encre UV sèche par une réaction chimique de polymérisation générée par le rayonnement UV. L'encre liquide durcit.

À la fin de la réaction, un réseau solide est formé, intégrant le pigment.

2. a. ${}_1\text{H} : K^1$; ${}_6\text{C} : K^2 L^4$; ${}_8\text{O} : K^2 L^6$.

b.

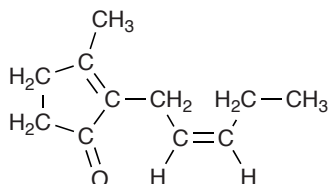


■ Chaque atome de carbone est entouré de trois atomes. La molécule est **trigonale plane** autour de chacun d'eux.

■ L'atome d'oxygène est entouré de quatre doublets (deux liants et deux non-liants). La molécule est **tétraédrique** autour de l'atome d'oxygène : elle est donc coudée.

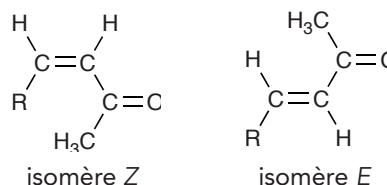
3. La molécule ne peut pas présenter d'isomérisation, car elle n'est pas de la forme $\text{CHA}=\text{CHB}$ où A et B ne sont pas des atomes d'hydrogène.

20 L'odeur du jasmin



21 Des odeurs végétales

1.

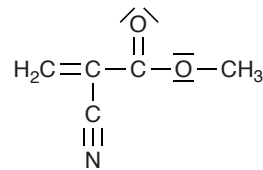


2. Ces doubles liaisons sont conjuguées.

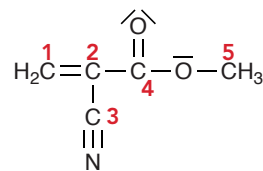
3. Elle ne présente pas d'isomérisation Z/E : il y a deux atomes d'hydrogène sur le carbone n° 1 et deux groupes méthyles sur le carbone n° 7.

22 À chacun son rythme

1.



2.



■ Les atomes de carbone n° 1, 2 et 4 sont entourés de trois atomes. La molécule est **trigonale plane** autour de chacun d'eux.

■ L'atome de carbone n° 3 est entouré de deux atomes. La molécule est **linéaire** autour de cet atome de carbone.

■ L'atome de carbone n° 5 est entouré de quatre doublets liants. La molécule est **tétraédrique** autour de cet atome de carbone.

3. Elle ne présente pas d'isomérisation Z/E car elle n'est pas de la forme $\text{CHA}=\text{CHB}$ avec A et B différents de H.

Pour aller plus loin

23 La vitamine A

1. a. Une espèce *liposoluble* est une espèce soluble dans les graisses.

La *carence* (du latin *carere*, manquer) désigne l'apport insuffisant d'un nutriment nécessaire à la croissance.

L'*isomérisation photochimique* est une isomérisation sous l'action de la lumière.

b. Aliments riches en vitamine A : l'huile et le foie de morue, le foie en général, pissenlit, carotte, bette persil, échalote, beurre...

Une carence en vitamine A se traduit par :

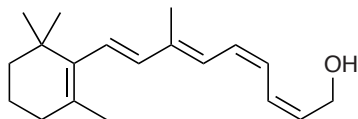
– des troubles dermatologiques cutanés (dessèchement, hyperkératose), muqueux (sécheresse, ulcérations bronchiques, digestives et oculaires) ;

- des troubles visuels : héméralopie ou cécité crépusculaire ;
- des troubles de l'ossification ;
- une diminution de la résistance aux infections.

2. Les doubles liaisons sont conjuguées.

3. L'isomère représenté est le E.

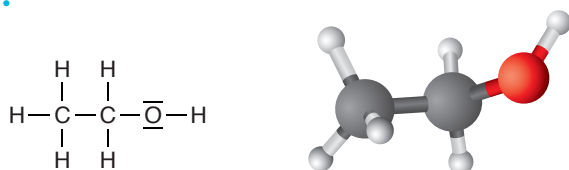
L'isomère Z a pour formule topologique :



4. Un groupe hydroxyle est présent dans la molécule de vitamine A. Un groupe carbonyle est présent dans la molécule du document 4, p. 98 du manuel.

24 Des cheveux colorés

1.

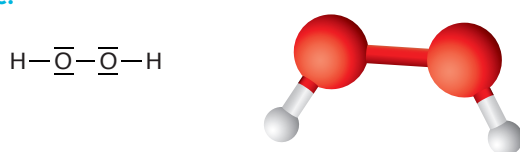


■ Chaque atome de carbone est entouré de quatre doublets liants. La molécule est **tétraédrique** autour des atomes de carbone.

■ L'atome d'oxygène est entouré de quatre doublets (deux liants et deux non liants). La molécule est **tétraédrique** autour de l'atome d'oxygène : elle est donc coudée.

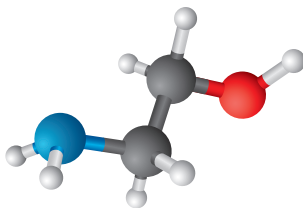
2. a. Une *émulsion* est un mélange, macroscopiquement homogène mais microscopiquement hétérogène, de deux substances liquides non miscibles.

b. c.



■ L'atome d'oxygène est entouré de quatre doublets (deux liants et deux non liants). La molécule est **tétraédrique** (donc **coudée**) autour de chaque atome d'oxygène.

3.

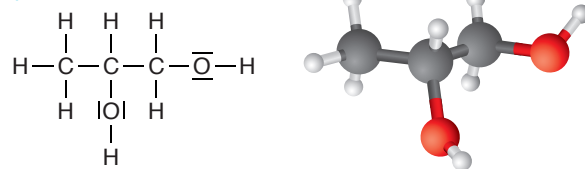


■ Chaque atome de carbone est entouré de quatre doublets liants. La molécule est **tétraédrique** autour des atomes de carbone.

■ L'atome d'oxygène est entouré de quatre doublets (deux liants et deux non liants). La molécule est **tétraédrique** autour de l'atome d'oxygène : elle est donc coudée.

■ L'atome d'azote est entouré de trois doublets liants et d'un doublet non liant. Les doublets adoptent une disposition **tétraédrique**. La molécule est donc **pyramidale** autour de l'atome d'azote.

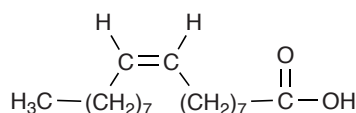
4.



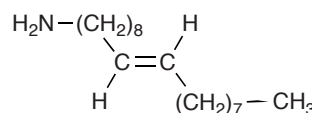
Chaque atome de carbone est entouré de quatre doublets liants. La molécule est **tétraédrique** autour des atomes de carbone.

5. L'atome de carbone est entouré de trois atomes. La molécule est **trigonale plane** autour de cet atome.

6.



7.



26 Organic photocromism

Traduction du texte :

« Les réactions photochimiques sont des réactions chimiques qui sont possibles grâce à l'absorption de lumière. Le photochromisme peut être défini comme un changement réversible de couleur dû à la lumière. Quelques personnes portent des verres photochromiques qui s'obscurcissent au soleil et retrouvent leur transparence à l'obscurité.

En fait, le photochromisme est une transformation réversible d'une espèce chimique. Par irradiation, la forme A d'une molécule, incolore ou faiblement colorée, est transformée en forme colorée B :



Le photochromisme est juste un cas particulier d'une réaction photochimique. »

Réponses aux questions :

1. a. Le *photochromisme* est une transformation réversible d'une espèce chimique, par irradiation.

b. Chaque photon d'une radiation monochromatique transporte un *quantum d'énergie* qui dépend de la fréquence de la radiation : $\mathcal{E} = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$

2. Une isomérisation E/Z peut être considérée comme une réaction photochimique si l'une au moins des espèces est colorée.

Retour sur l'ouverture du chapitre

27 La DMLA

1. La DMLA se traduit par une diminution de l'acuité visuelle, le besoin d'un éclairage plus puissant, une déformation des lignes qui semblent onduler et l'apparition d'une tache sombre centrale.
2. La lutéine et zéaxanthine sont des pigments présents dans la macula.
3. a. Elles possèdent des doubles liaisons conjuguées.

b. Ils possèdent entre 10 et 11 doubles liaisons conjuguées. Les pigments sont donc rouge-orangé.

Remarque : ils sont jaunes à faible concentration.

4. Ils jouent le rôle de filtre pour les radiations bleues (ils les absorbent), car ils sont rouge-orangé (couleur complémentaire).

5. La dernière double liaison est conjuguée dans le cas de la zéaxanthine, mais elle ne l'est pas dans le cas de la lutéine.

6. Elles peuvent présenter une isomérisation *Z/E* car elles sont de la forme $\text{CHA}=\text{CHB}$ avec A et B différents de H.

Exercices de synthèse

(p. 112-115)

1 La phycocyanine et la phycoérythrine : deux pigments colorés

1. a. Phyco : du grec *phukos* (algue) : pigment coloré des algues.

Cyanine : du grec *kuanos* (bleu).

Erythrine : du grec *erythros* (rouge).

2. La phycocyanine a un maximum d'absorption autour de 600 nm (jaune-orangé). D'après le cercle chromatique, la molécule est de couleur cyan.

La phycoérythrine a un maximum d'absorption autour de 550 nm (jaune-vert). D'après le cercle chromatique, la molécule est de couleur rouge-violet.

3. a. Le rendement de la photosynthèse est très bas entre 500 nm et 600 nm.

b. La phycocyanine et la phycoérythrine absorbent les radiations dans le domaine laissé vacant par les chlorophylles, à savoir entre 500 et 600 nm.

4. Elle est colorée, car elle possède des doubles liaisons conjuguées.

5. « Dans un mortier, on broie des granulés avec de l'eau. » : extraction.

« On sépare l'algue et la phase aqueuse sur un papier-filtre. » : filtration.

6. « La phycocyanine migre par capillarité sur le papier. » : chromatographie.

2 Un bleu de phtalocyanine

1. Il s'agit d'un terme de chimie qui étonne dans un contexte littéraire. L'auteur a sans doute voulu montrer que Jed avait des connaissances dans ce domaine.

2. « Jed sortit dans un long couloir très clair, au loin une baie vitrée donnait sur les arches de la Défense » : observations architecturales.

« le ciel était d'un bleu hivernal splendide, qui en paraissait presque artificiel » : observations picturales.

3. C'est la peinture « cyan ».

4. Le bleu de phtalocyanine est insoluble dans l'eau : c'est un pigment.

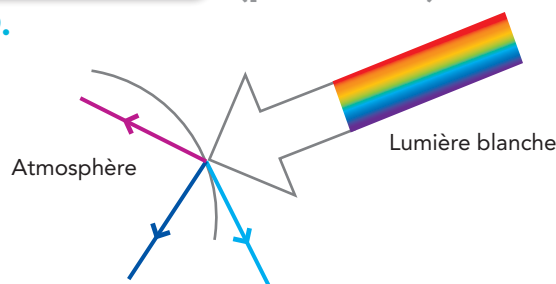
5. Les doubles liaisons sont conjuguées.

6. Un catalyseur est une espèce chimique qui accélère la réaction. Il est régénéré en fin de réaction, mais n'apparaît pas dans l'équation.

7. $4 \text{C}_8\text{H}_4\text{O}_3(\text{s}) + 4 \text{CH}_4\text{N}_2\text{O}(\text{s}) + \text{CuSO}_4(\text{s}) \rightarrow 4 \text{CO}_2(\text{g}) + 8 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{C}_{32}\text{H}_{16}\text{N}_8\text{CuSO}_4(\text{s})$

8. L'effervescence est due au dioxyde de carbone $\text{CO}_2(\text{g})$.

9.



L'atmosphère diffuse la lumière bleue. D'après le texte : « C'est donc la superposition de ces radiations diffusées qui confère au ciel sa couleur bleue. » L'atmosphère est donc vue bleue.

10. La lumière rouge est transmise ou absorbée.

11. a. En zone urbaine, la présence de poussières en suspension dans l'air amplifie la diffusion de vert et de jaune, donnant ainsi au ciel une teinte plus claire au bleu du ciel.

b. La nuance bleue du ciel dépend des conditions atmosphériques. Néanmoins, généralement, le bleu du ciel apparaît plus clair en hiver qu'en été : la plus grande inclinaison des rayons solaires implique la traversée d'une couche atmosphérique plus importante, d'où une augmentation de la diffusion des radiations de courtes longueurs d'onde.

3 Une histoire en couleur : le bleu...

1. a. Les pigments d'origine minérale cités sont le bleu outremer (obtenu à partir du lapis-lazuli, pierre semi-précieuse), le bleu de cobalt (extrait des mines de Saxe et de Bohême), l'azurite, la malachite. Le pigment d'origine végétale cité est l'indigo.

b. Formule de l'azurite : $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$.
Formule de la malachite : $\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$.

2. En Occident, le bleu n'a pas toujours été à la mode. D'abord rejeté par les Romains, le bleu est devenu à la mode grâce au christianisme, au développement de la royauté française, puis au développement du commerce des pigments.

3. La première entreprise à synthétiser l'indigo fut la BASF (Allemagne).

4. Les pigments bleus absorbent principalement les radiations vertes, jaunes et rouges.

5. La présence de nombreuses liaisons doubles conjuguées dans la molécule justifie la coloration de l'indigo.

6. Les cônes activés lors de la perception du violet (λ proche de 400 nm) sont les cônes sensibles au bleu, ce qui explique qu'il est parfois difficile de distinguer ces deux couleurs et de percevoir une couleur entre le bleu et le violet.

4 La vision sous-marine

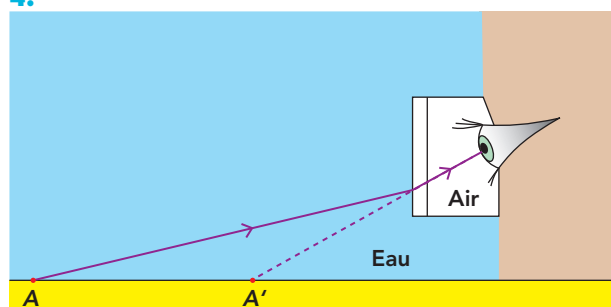
1. La vision sous-marine à travers un masque altère la perception des distances et des dimensions.

2. a. Faune et flore sont vues bleues en plongée, car elles ne diffusent pas les radiations rouges. En effet, ces dernières sont absorbées par l'eau, d'autant plus que la profondeur est élevée. Seules les radiations bleues et vertes sont diffusées. Par synthèse additive, cela correspond à une couleur cyan.

b. L'eau est responsable de ce phénomène.

3. L'absorbance d'une solution est d'autant plus grande que l'épaisseur (correspondant ici à la profondeur) de la solution traversée par la lumière est grande. Si l'absorbance est élevée, l'intensité lumineuse transmise est faible.

4.



A' est plus proche de l'œil que A, d'où l'impression pour le cerveau que l'objet est proche.

5. a. Lors de l'immersion, la vergence diminue d'après le texte, donc f' augmente.

b. D'après le document 1b, p. 115 du manuel, F' se situe en arrière de l'œil.

c. Cela correspond à l'hypermétropie.

6. a. L'isomérisation consiste en la transformation de l'isomère Z en isomère E (et inversement). Il faut apporter suffisamment d'énergie pour rompre la liaison double. L'énergie peut être apportée par des radiations lumineuses d'énergie (donc de fréquence) convenable et on parle de photo-isomérisation.

b. À condition que l'eau n'absorbe pas les radiations citées ci-dessus, le processus chimique de la vision ne sera pas modifié lorsque l'œil est dans l'eau.

Cohésion de la matière

Chapitre

7

Activités

1 Élémentaire... mon cher Rutherford ! (p. 120)

1 Par ordre chronologique, les particules successivement considérées comme élémentaires sont :

- les atomes ;
- les électrons et noyaux ;
- les protons et neutrons.

2 La taille de l'atome est de l'ordre de 10^{-10} m, celle du noyau de 10^{-15} m, celles des protons et neutrons de 10^{-16} m et celle des électrons inférieure à 10^{-18} m. Les avancées techniques permettent d'accéder à des dimensions de plus en plus petites.

3 L'atome de représentation symbolique A_ZX est composé de Z protons, Z électrons et $A - Z$ neutrons.

4 Un « dogme » est une vérité considérée comme absolue, donc incontestable. La notion de particules élémentaires n'est pas dogmatique puisque l'on peut imaginer, comme cela a eu lieu au cours des siècles précédents, découvrir des particules encore plus petites. Le point d'interrogation du schéma montre la possible découverte de particules encore plus petites. En réalité, les quarks ont déjà été découverts (voir exercice 23, p. 131 du manuel).

Particule	Localisation dans l'atome	Charge	Masse
Électron	Autour du noyau	$-e = -1,6 \times 10^{-19}$ C	$9,1 \times 10^{-31}$ kg
Proton	Dans le noyau	$+e = +1,6 \times 10^{-19}$ C	$1,673 \times 10^{-27}$ kg
Neutron	Dans le noyau	Charge nulle	$1,675 \times 10^{-27}$ kg

Compléments

Tableau à compléter par les élèves :

Particule	Localisation dans l'atome	Charge	Masse
Électron			
Proton			
Neutron			

2 Les interactions fondamentales (p. 121)

Manuel numérique 20
Animation :
Les édifices
et les interactions.

1 Les quatre interactions fondamentales sont les interactions forte, faible, électromagnétique et gravitationnelle.

2 Les deux interactions qui interviennent à notre échelle sont l'interaction gravitationnelle et l'interaction électromagnétique, du fait de leur portée infinie.

3 Globalement la matière est électriquement neutre. De fait, les effets de l'interaction électromagnétique s'annulent à notre échelle.

4 La valeur de la force d'attraction gravitationnelle est inversement proportionnelle au carré de la distance, donc elle diminue quand la distance augmente.

« Elle est... de portée infinie » signifie que tous les objets de l'Univers sont en interaction gravitationnelle entre eux.

5

Interaction	Portée	Échelle ou édifice majoritairement concerné
Forte	10^{-15} m	Noyau des atomes
Électromagnétique	Infinie	De l'atome à l'étoile
Faible	10^{-16} m	Noyaux d'atomes
Gravitationnelle	Infinie	Étoiles, galaxies, univers

Compléments

Tableau à compléter par les élèves :

Interaction	Portée	Échelle ou édifice majoritairement concerné

Exercices (p. 125-132)

QCM

- 1** 1. A et C ; 2. A et B ; 3. C ; 4. B ; 5. A ;
2 1. A ; 2. B ; 3. B ; 4. C ; 5. C ; 6. B et C.

Application immédiate

- 3** La force d'interaction gravitationnelle exercée par la Terre sur la Lune a pour expression :

$$F_{T/L} = G \cdot \frac{m_T \cdot m_L}{d_{TL}^2}$$

$$F_{T/L} = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{6,0 \times 10^{24} \times 7,4 \times 10^{22}}{(3,84 \times 10^8)^2}$$

$$F_{T/L} = 2,0 \times 10^{20} \text{ N}$$

4
$$\frac{F_e}{F_g} = \frac{k \frac{|q_e^2|}{d^2}}{G \frac{m_e^2}{d^2}} = \frac{k \cdot q_e^2}{G \cdot m_e^2}$$

$$\frac{F_e}{F_g} = \frac{9,0 \times 10^9 \times (-1,6 \times 10^{-19})^2}{6,67 \times 10^{-11} \times (9,1 \times 10^{-31})^2}$$

$$\frac{F_e}{F_g} = \frac{9,0 \times 10^9 \times (-16 \times 10^{-20})^2}{6,67 \times 10^{-11} \times (9,1 \times 10^{-31})^2}$$

On remarque que :

$$\frac{9,0}{6,67} \approx 1 \text{ et } \frac{16^2}{9,1^2} = \left(\frac{16}{9,1}\right)^2 \approx 2^2 = 4.$$

Il vient alors :
$$\frac{F_e}{F_g} = \frac{10^9}{10^{-11}} \times 2^2 \left(\frac{10^{-20}}{10^{-31}}\right)^2$$

$$\frac{F_e}{F_g} = 10^{20} \times 4 \times (10^{11})^2 = 4 \times 10^{42}.$$

L'ordre de grandeur de ce rapport est 10^{42} .

Pour commencer

5 Identifier les particules élémentaires

Les particules dites élémentaires sont le proton, l'électron et le neutron.

6 Comparer des masses

- 1. a** L'ordre de grandeur de la masse d'un nucléon est 10^{-27} kg.
b. L'ordre de grandeur de la masse d'un électron est 10^{-30} kg.

- 2.** Le rapport des masses se calcule par :

$$\frac{m_{\text{nucléon}}}{m_{\text{électron}}} = 10^3$$

La masse d'un électron est 1000 fois plus petite que celle d'un nucléon ; elle peut être négligée par rapport à celle du nucléon.

7 Exprimer une charge

- a.** La charge portée par un proton est égale à la charge élémentaire, $+e$, et celle portée par un électron est l'opposé de la charge élémentaire, $-e$.
b. Un noyau d'hélium possède $Z = 2$ protons ; sa charge vaut donc $+2e$.

8 Déterminer un numéro atomique

- 1.** On calcule le nombre d'électrons en divisant la masse de tous les électrons par la masse d'un électron :
- $$\frac{\text{masse totale des électrons}}{\text{masse d'un électron}} = \frac{5,5 \times 10^{-30}}{9,1 \times 10^{-31}} = 6$$
- L'atome possède 6 électrons.

2. Cet atome possède 6 charges positives, car ce nombre est égal au nombre d'électrons, puisque l'atome est électriquement neutre. Ce sont les protons qui portent ces charges positives.

3. Son numéro atomique est donc $Z = 6$.

9 Déterminer la composition d'un atome

1. La charge q du noyau de l'atome de silicium a pour expression : $q = Z \cdot e$.

$$Z = \frac{q}{e} \quad \text{soit} \quad Z = \frac{2,24 \times 10^{-18}}{1,6 \times 10^{-19}} = 14 \text{ protons.}$$

2. Le nombre de neutrons vaut :

$$N = A - Z = 28 - 14 = 14.$$

3. Un atome est électriquement neutre ; le proton et l'électron ont des charges opposées. Un atome possède donc autant d'électrons que de protons, soit ici 14 électrons.

10 Identifier des isotopes

1.

			${}^4_2\text{He}$	${}^9_4\text{Be}$	${}^{10}_4\text{Be}$	${}^{20}_{10}\text{Ne}$	${}^{10}_5\text{B}$
Atome	Noyau	p	2	4	4	10	5
		n	2	5	6	10	5
	Électrons		2	4	4	10	5

2. ${}^9_4\text{Be}$ et ${}^{10}_4\text{Be}$ sont isotopes ; ils ont le même nombre de protons, mais des nombres de nucléons différents.

11 Donner un ordre de grandeur

1. La taille d'un atome est de l'ordre de 10^{-10} m.

2. La taille d'un noyau est de l'ordre de 10^{-15} m.

12 Comparer des ordres de grandeurs

1. Le diamètre D_s du Soleil est : $D_s = 1,392 \times 10^6$ km. L'ordre de grandeur est donc 10^6 km.

2. Le diamètre D_g de notre galaxie est :

$$D_g = 1,0 \times 10^5 \times 9,46 \times 10^{15} = 9,46 \times 10^{20} \text{ km}$$

$$D_g = 9,46 \times 10^{17} \text{ km.}$$

L'ordre de grandeur est donc 10^{18} km.

3. Pour comparer ces deux ordres de grandeurs, on calcule le rapport :

$$\frac{D_g}{D_s} = 10^{12}$$

Le diamètre de notre galaxie est donc 10^{12} fois plus grand que celui du Soleil.

13 Connaître les interactions

1. Les quatre interactions fondamentales sont : les interactions forte et faible, l'interaction électromagnétique et l'interaction gravitationnelle.

2. a. C'est l'interaction forte qui prédomine entre deux protons d'un noyau.

b. C'est l'interaction gravitationnelle qui prédomine entre la Terre et le Soleil.

14 Associer l'interaction prépondérante à un édifice

L'interaction prépondérante à l'échelle :

- a. humaine est l'interaction électromagnétique ;
- b. moléculaire est l'interaction électromagnétique ;
- c. nucléaire est l'interaction forte et l'interaction faible ;
- d. astronomique est l'interaction gravitationnelle.

Pour s'entraîner

15 Autour du mercure

1. Z est le numéro atomique ou le nombre de charge, A est le nombre de nucléons ou le nombre de masse.

Z représente le nombre de protons présents dans le noyau, A représente le nombre de nucléons de ce noyau.

2. La représentation symbolique de cet atome est ${}^{200}_{80}\text{Hg}$.

Cet atome est composé de 80 protons, de $200 - 80 = 120$ neutrons et de 80 électrons.

3. La charge q du noyau de cet atome a pour expression :

$$q = Z \cdot e = 80 \times 1,6 \times 10^{-19} \text{ C} = 1,3 \times 10^{-17} \text{ C}$$

4. La masse m d'un atome de mercure est pratiquement égale à celle de son noyau :

$$m = A \cdot m_n = 200 \times 1,7 \times 10^{-27} \text{ kg} = 3,4 \times 10^{-25} \text{ kg}$$

16 What about gravity?

Traduction du texte :

« La gravitation est mystérieuse. C'est clairement l'une des interactions fondamentales, mais le modèle standard ne peut pas l'expliquer de façon satisfaisante. C'est une des questions de la physique sans réponse aujourd'hui.

En outre, la particule porteuse de la force de gravité n'a pas encore été trouvée. Une telle particule est cependant prévue par la théorie et sera peut être trouvée un jour : le **graviton**.

Heureusement, les effets de la gravité sont extrêmement faibles dans la plupart des situations physiques des particules par rapport aux trois autres interactions, si bien que la théorie et l'expérience peuvent être comparées sans prendre en compte la gravité dans les calculs. Ainsi, le modèle standard fonctionne sans pour autant expliquer la gravité. »

1. La gravitation est l'une des interactions fondamentales.

2. On cherche aujourd'hui à prouver l'existence du graviton « particule élémentaire » support de la force de gravitation.

3. La valeur de la force de gravitation est extrêmement faible au regard des autres forces d'interaction (au niveau de la physique des particules). Cette remarque n'est pas vraie à toutes les échelles, l'interaction gravitationnelle gouverne l'échelle astronomique.

17 Quelle interaction pour quelle énergie ?

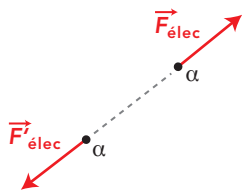
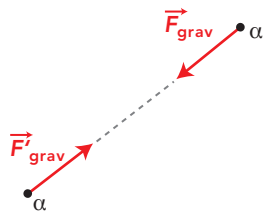
- Une centrale hydraulique produit de l'énergie par conversion de l'énergie cinétique de l'eau, c'est donc l'interaction gravitationnelle qui fait chuter l'eau qui est mise en jeu.
- Une centrale thermique produit de l'électricité à partir de la combustion d'une espèce chimique, c'est donc l'interaction électromagnétique qui est mise en jeu.
- Une centrale nucléaire utilise la fission de noyaux atomiques, c'est donc l'interaction forte qui est mise en jeu.

18 Noyaux radioactifs

- Le noyau d'uranium 235 est constitué de 92 protons et de $235 - 92 = 143$ neutrons. Le noyau d'uranium 238 est constitué de 92 protons et de $238 - 92 = 146$ neutrons.
 - Ces deux noyaux ont un nombre de protons identique et des nombres de neutrons différents. Ce sont des isotopes.
- La particule α est un noyau d'hélium de numéro atomique $Z = 2$.
 - Une particule α comporte 4 nucléons; elle comporte donc 2 protons et $4 - 2 = 2$ neutrons.
- C'est l'interaction forte qui est responsable de la cohésion du noyau.
- L'interaction électrostatique entre deux protons est répulsive, car les protons portent des charges de même signe, ce qui peut être déstabilisant pour le noyau.
- Si le noyau émet une particule alpha, il perd 2 protons, l'interaction électrostatique devient plus faible et le noyau se stabilise.

19 À chacun son rythme

- La force de gravitation est toujours attractive.
 - On peut schématiser les forces gravitationnelles entre deux particules par le schéma ci-contre.
- Ces deux particules portent des charges de même signe.
 - La force électrostatique entre charges de même signe est répulsive.
 - On peut schématiser les forces électrostatiques entre deux particules par le schéma ci-dessous :



- La valeur de la force d'interaction gravitationnelle entre ces particules a pour expression :

$$F_g = G \frac{m_\alpha \cdot m_\alpha}{d^2} = G \frac{(2m_p + 2m_n)^2}{d^2}$$

- La valeur de la force électrostatique a pour expression :

$$F_e = k \frac{q^2}{d^2} = k \frac{(2e)^2}{d^2}$$

- Le rapport s'écrit :

$$\frac{F_e}{F_g} = \frac{k}{G} \cdot \frac{(2e)^2}{(2m_p + 2m_n)^2}$$

- On calcule $\frac{F_e}{F_g} = \frac{9,0 \times 10^9}{6,67 \times 10^{-11}} \times \frac{(2 \times 1,6 \times 10^{-19})^2}{(4 \times 1,7 \times 10^{-27})^2}$

$$\frac{F_e}{F_g} = 3,0 \times 10^{35}$$

- La force d'attraction gravitationnelle est négligeable devant la force électrostatique.

Pour aller plus loin

20 Interpréter l'expérience de Rutherford

- La charge du noyau d'un atome d'or est : $q_{\text{Au}} = Z \cdot e = 79e$.
 - La charge d'une particule α est $q_\alpha = 2e$.
- À proximité l'un de l'autre, le noyau d'un atome d'or et une particule α sont soumis à l'interaction électrostatique et à l'interaction gravitationnelle.
 - À l'échelle atomique, c'est l'interaction électrostatique qui prédomine.
- À partir de cette expérience, RUTHERFORD a élaboré un modèle de l'atome dans lequel un noyau central, chargé positivement et concentrant la quasi-totalité de la masse de l'atome, est entouré d'électrons chargés négativement.

21 Si l'homme était chargé !

- FEYNMAN parle de l'interaction électromagnétique.
- $F_{\text{élec}} = k \frac{q_1 \cdot q_2}{d^2} = 9,0 \times 10^9 \times \frac{(6,7 \times 10^7)^2}{0,60^2}$
 $F_{\text{élec}} = 1,1 \times 10^{26} \text{ N}$
- Le poids d'un objet sur Terre dont la masse est celle de la Terre a pour valeur : $P_{\text{Terre}} = m_T \cdot g = 6,0 \times 10^{24} \times 10 = 6,0 \times 10^{25} \text{ N}$.
- L'ordre de grandeur de ces deux forces est de 10^{26} N . L'image de FEYNMAN est tout à fait réaliste.

22 « Sphérique » or not « sphérique »

- La force dite « de gravité » est la force d'attraction gravitationnelle. Elle est associée à l'interaction gravitationnelle.
- L'interaction à l'origine « des forces chimiques... » est l'interaction électromagnétique. Elle assure la cohésion de la matière à cette échelle.
- L'interaction gravitationnelle prédomine pour des astres dont les dimensions sont supérieures à 100 km.

4. La masse de Phobos est insuffisante pour qu'il soit sphérique.

5. À la surface de Phobos, la valeur de la force d'attraction gravitationnelle est :

$$F_p = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{1,1 \times 10^{16} \times 1,0}{(11 \times 10^3)^2} = 6,1 \times 10^{-3} \text{ N}$$

À la surface de Mars :

$$F_M = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{6,4 \times 10^{23} \times 1,0}{(3,4 \times 10^6)^2} = 3,7 \text{ N}$$

La force d'attraction gravitationnelle est environ 600 fois (F_M/F_p) plus importante sur Mars que sur Phobos.

23 Un nucléon haut comme trois... quarks

1. a. La charge élémentaire e a pour valeur $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$.

b. Cette appellation n'est plus justifiée puisque, dans la deuxième partie du xx^e siècle, on a identifié des particules de charge électrique inférieure à e .

2. Un proton est constitué de deux quarks *up* et d'un quark *down*, soit une charge de :

$$2 \times \frac{2}{3}e + 1 \times \left(-\frac{1}{3}e\right) = +e.$$

Un neutron est constitué d'un quark *up* et de deux quarks *down*, soit une charge de :

$$1 \times \frac{2}{3}e + 2 \times \left(-\frac{1}{3}e\right) = 0 \text{ C}.$$

3. C'est l'interaction forte qui lie les quarks entre eux.

4. Lorsqu'un neutron se transforme en un proton, un quark *down* se transforme en un quark *up*.

Retour sur l'ouverture du chapitre

24 Les objectifs du LHC

1. Le *Large Hadron Collider* (LHC) ou Grand collisionneur de hadrons est un accélérateur de particules mis en fonctionnement le 10 septembre 2008 près de Genève, à la frontière entre la France et la Suisse.

2. La détection d'une particule dans la chambre multifilaire met en jeu l'interaction électromagnétique.

3. La découverte du boson de Higgs permettra de valider le « modèle standard » qui est la théorie prévoyant son existence.

4. Le graviton devrait transmettre l'interaction gravitationnelle.

5. Les premiers ions lourds entrés en collision au LHC ont été des ions du plomb : Pb^{n+} .

Radioactivité et réactions nucléaires

Chapitre

8

Activités

1 Histoire de la radioactivité (p. 134-135)

1

1896	1898	1899	1934
Découverte des « rayons uraniques », capables de traverser la matière, sans rapport avec la fluorescence.	Découverte du polonium et du radium. Invention du terme <i>radioactivité</i> .	Association de la radioactivité avec l'émission de particules chargées (particules α et β). Découverte de la transformation des noyaux atomiques associée à la radioactivité.	Découverte de la radioactivité artificielle.

2 La pechblende est plus radioactive que l'uranium pur alors qu'elle n'en contient qu'une fraction. Si la radioactivité n'était due qu'à l'uranium, la pechblende aurait dû être moins radioactive que l'uranium.

3 L'hypothèse émise est que la pechblende renferme un radioélément encore inconnu. Dans la pièce, c'est Georgette qui suggère cette hypothèse. Dans la réalité, c'est Pierre et Marie CURIE qui ont formulé et vérifié cette hypothèse : ils ont ainsi découvert le polonium ($Z = 84$) et le radium ($Z = 88$). Suite à ces découvertes, ils ont obtenu le prix Nobel en 1903.

4 Les trois grandes étapes de la démarche scientifique sont mise en œuvre dans la découverte du radium : **Observer** : Pierre et Marie CURIE ont observé qu'à masse égale la pechblende est plus radioactive que l'uranium pur alors qu'elle n'en contient qu'une fraction.

Comprendre : ils ont compris que les impuretés de la pechblende devaient renfermer un radioélément encore inconnu beaucoup plus actif que l'uranium (le radium).

Agir : ils ont isolé le radium en traitant de grandes quantités de pechblende.

5 La radioactivité est l'émission spontanée de particules et de rayonnement très énergétique par certains matériaux comme l'uranium.

La radioactivité est associée à un changement d'élément chimique.

2 La radioactivité : un phénomène naturel (p. 136)

Complément

Les laboratoires de SVT possèdent souvent des échantillons de granite.

A La radioactivité qui nous entoure

1 En approchant un morceau de granite d'un compteur de type Geiger-Müller, on constate une augmentation du nombre de rayonnements détectés par le compteur. Le granite est responsable de cette augmentation, il est radioactif.

2 Activités d'objets quotidiens

	Lait	Poisson	Huile	Homme	Eau minérale	Légumes verts	Fruits
Quantité de référence	1 L	1 kg	1 L	70 kg	1 L	1 kg	1 kg
Activité	80 Bq	100 à 400 Bq	180 Bq	10 000 Bq	1 à 2 Bq	100 Bq	40 à 90 Bq

	Pommes de terre	Engrais	Cendres de charbon	Granite	Crustacés	Eau de mer	Eau de pluie
Quantité de référence	1 kg	1 kg	1 kg	1 kg	1 kg	1 L	1 L
Activité	100 à 150 Bq	5000 Bq	2000 Bq	8000 Bq	50 à 200 Bq	10 Bq	1 Bq

Complément

Tableaux à distribuer aux élèves :

	Lait	Poisson	Huile	Homme	Eau minérale	Légumes verts	Fruits
Quantité de référence							
Activité							

	Pommes de terre	Engrais	Cendres de charbon	Granite	Crustacés	Eau de mer	Eau de pluie
Quantité de référence							
Activité							

B La radioactivité du radon

3 Sur l'image du document 4, p. 136 du manuel, les noyaux stables sont indiqués en noir.

Pour Z petit ($Z < 20$), les noyaux stables sont sensiblement sur la médiatrice : $Z \approx N$.

Pour $Z > 20$, les noyaux stables ont plus de neutrons que de protons : $N > Z$.

Pour $Z > 82$, il n'y a pas de noyaux stables.

4 Le radon $^{222}_{86}\text{Rn}$, est radioactif, car il n'est pas dans la zone noire de la courbe. Il est de type α .

5 Le radon 222 a pour noyau fils le polonium 218 : $^{218}_{84}\text{Po}$.

6 $^{222}_{86}\text{Rn} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^{218}_{84}\text{Po}$

7 Lors de la réaction nucléaire, il y a conservation du nombre de charge et de conservation du nombre de masse.

Dans l'équation précédente, cela est mis en évidence par les égalités suivantes :

$86 = 2 + 84$ (conservation du nombre de charge) et $222 = 4 + 218$ (conservation du nombre de masse).

Manuel numérique 2.0
Tutoriel animé :
Nucléus.

3 La fusion : l'énergie de demain ? (p. 137)

1 Pour la fission :

	Réactifs	Produits
Nombre de masse	$1 + 235 = \mathbf{236}$	$94 + 139 + 3 \times 1 = \mathbf{236}$
Nombre de charge	$0 + 92 = \mathbf{92}$	$38 + 54 + 3 \times 0 = \mathbf{92}$

Pour la fusion :

	Réactifs	Produits
Nombre de masse	$2 + 3 = \mathbf{5}$	$4 + 1 = \mathbf{5}$
Nombre de charge	$1 + 1 = \mathbf{2}$	$2 + 0 = \mathbf{2}$

Il y a conservation du nombre de masse et du nombre de charge.

2 Obtention du deutérium, ^2_1H , et du tritium, ^3_1H :

L'eau de mer contient naturellement du deutérium ($33 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$).

Le traitement de l'eau par distillation, électrolyse ou échange isotopique permet d'en augmenter le pourcentage en deutérium.

Le tritium est créé artificiellement par irradiation de cibles de lithium ; il est également un sous-produit des essais nucléaires et de l'exploitation des centrales nucléaires.

3 a. Lors de la réaction de fusion, les réactifs sont le deutérium, ${}^2_1\text{H}$, et le tritium, ${}^3_1\text{H}$, et les produits sont l'hélium, ${}^4_2\text{He}$, et le neutron, ${}_0^1\text{n}$.

b. $m({}^2_1\text{H}) + m({}^3_1\text{H}) = 3,34359 \times 10^{-27} + 5,00736 \times 10^{-27} = 8,35095 \times 10^{-27} \text{ kg}$

$m({}^4_2\text{He}) + m({}_0^1\text{n}) = 1,67493 \times 10^{-27} + 6,64466 \times 10^{-27} = 8,31959 \times 10^{-27} \text{ kg}$

La perte de masse est $|\Delta m| = 8,35095 \times 10^{-27} - 8,31959 \times 10^{-27} = 3,136 \times 10^{-29} \text{ kg}$

4 Énergie libérée par la fusion d'un noyau de deutérium avec un noyau de tritium :

$\mathcal{E} = |\Delta m| \times c^2 = 3,136 \times 10^{-29} \times (299\,792\,458)^2 = 2,818 \times 10^{-12} \text{ J}$

4 Quelques applications de la radioactivité (p. 138)

1 Les différents isotopes radioactifs cités dans le texte sont le thallium 201, ${}^{201}_{81}\text{Tl}$ (β^+) le technétium 99, ${}^{99}_{43}\text{Tc}$ (β^-) et l'iode 123, ${}^{123}_{53}\text{I}$ (β^+).

Tous ces noyaux radioactifs émettent également des rayonnements gamma lors de leur désintégration.

2 L'iode 123 sert à l'exploration de la thyroïde.

Le technétium 99 sert à l'exploration des os et des poumons.

Le thallium 201 sert à l'exploration du cœur.

3 L'irradiation désigne l'action d'exposer un organisme ou une substance à un rayonnement ionisant : rayonnement gamma, ou flux de particules alpha, bêta ou de neutrons.

4 Les instruments ou aliments qui ont été exposés aux rayonnements n'émettent pas à leur tour de rayonnement ou de particule. Ce n'est pas l'exposition à l'irradiation qui rend un noyau radioactif.

5 En médecine, la radioactivité permet l'exploration de certains organes.

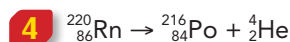
La radioactivité permet de stériliser des objets ou d'améliorer la conservation des aliments ou des œuvres d'art.

Exercices (p. 143-150)

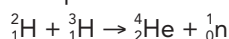
QCM

1 1. A et B ; 2. A et C ; 3. B ; 4. A et C ; 5. B et C ; **2** 1. B ; 2. A ; 3. B ; 4. A ; **3** 1. C ; 2. A.

Application immédiate



5 L'algorithme permet d'obtenir la valeur de l'énergie libérée pour la réaction de fusion :



On obtient $\mathcal{E}_{\text{libérée}} = 2,818 \times 10^{-12} \text{ J}$.

On retrouve bien la valeur indiquée dans le cours, p. 141 du manuel.

Manuel numérique 2.0
Tutoriel animé : Albox.
Fichier : Exemples d'algorithmes de calculs répétitifs.

```
***Algorithme lancé***
Entrer le nombre de réactifs : 2
Entrer le nombre de produits : 2
Entrer les masses en kilogramme
Masse du réactif R1 = 3.34358e-27 kg
Masse du réactif R2 = 5.00736e-27 kg
Masse du produit P1 = 6.64466e-27 kg
Masse du produit P2 = 1.67493e-27 kg
L'énergie correspondante vaut : 2.8175975e-12 J
***Algorithme terminé***
```

Pour commencer

6 Reconnaître une désintégration radioactive

Les réactions qui correspondent à des désintégrations radioactives sont les réactions d'équation **a** et **d**.

Les réactions **b** et **c** sont des réactions chimiques.

7 Reconnaître des réactions nucléaires provoquées

Les réactions nucléaires provoquées sont :
a. fission ; **b.** fusion ; **d.** fusion.
Les autres sont des réactions spontanées.

8 Connaître les réactions nucléaires provoquées

1. La réaction de fission nucléaire consiste à casser des noyaux lourds sous l'impact d'un neutron pour former des noyaux plus légers.

2. La réaction de fusion nucléaire est la réunion de deux noyaux légers pour former un noyau plus lourd.

3. On observe les réactions de fusion dans les étoiles et en particulier dans le Soleil.

9 Savoir exploiter une activité

1. L'activité d'un échantillon radioactif est le nombre de désintégrations par seconde. Elle s'exprime en becquerel (Bq).

1 Bq = 1 désintégration par seconde.

2. 200 noyaux radioactifs sont désintégrés par seconde dans cette roche de granite.

10 Savoir calculer une activité

1. L'activité de cet échantillon est $\frac{5400}{60} = 90$ Bq.

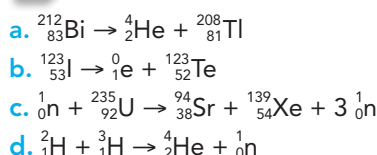
2. En 2,0 minutes, il y aurait $1,1 \times 10^4$ désintégrations.

11 Utiliser les lois de conservation (I)

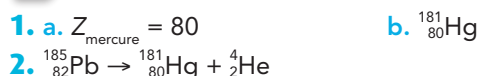
1. Au cours d'une réaction nucléaire, il y a conservation du nombre de masse et du nombre de charge.



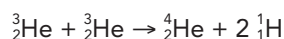
12 Utiliser les lois de conservation (II)



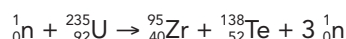
13 Écrire une équation de réaction nucléaire



14 Écrire une équation de réaction de fusion



15 Écrire une équation de réaction de fission



16 Connaître la relation masse-énergie

1. $\mathcal{E}_{\text{libérée}} = |\Delta m| \cdot c^2$

L'énergie libérée $\mathcal{E}_{\text{libérée}}$ s'exprime en joule (J), le défaut de masse $|\Delta m|$ en kilogramme (kg) et la vitesse de la lumière c dans le vide en mètre par seconde ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$).

2. $|\Delta m| = |m_{\text{produits}} - m_{\text{réactifs}}|$

17 Utiliser la relation masse-énergie

$\mathcal{E}_{\text{libérée}} = |\Delta m| \cdot c^2$

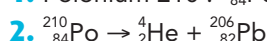
$\mathcal{E}_{\text{libérée}} = 2,457 \times 10^{-28} \times 299\,792\,458^2$

$\mathcal{E}_{\text{libérée}} = 2,208 \times 10^{-11} \text{ J}$

Pour s'entraîner

18 Histoire de radioactivité

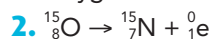
1. Polonium 210 : $^{210}_{84}\text{Po}$; hélium 4 : ^4_2He .



On utilise les lois de conservation du nombre de masse et du nombre de charge.

19 Tomographie

1. Oxygène 15 : $^{15}_8\text{O}$.



On utilise les lois de conservation du nombre de masse et du nombre de charge.

20 De la masse à l'énergie

1. Il y a émission d'un noyau d'hélium 4 ; il s'agit donc d'une radioactivité de type α .

2. $|\Delta m| = |m_{\text{produits}} - m_{\text{réactifs}}|$
 $= |m_{\text{Po}} + m_{\text{He}} - m_{\text{Rn}}| = 1,003 \times 10^{-29} \text{ kg}$

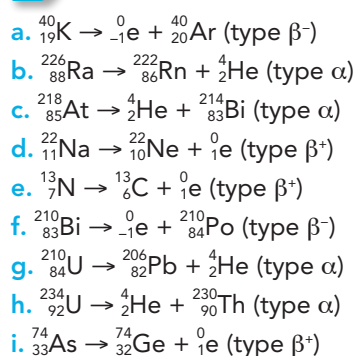
3. $\mathcal{E}_{\text{libérée}} = |\Delta m| \cdot c^2$
 $= 1,003 \times 10^{-29} \times 299\,792\,458^2$
 $= 9,015 \times 10^{-13} \text{ J}$

Pour aller plus loin

21 Lois de conservation

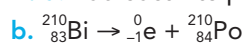
1. Équation	2. Type	3. Réaction provoquée
a. $^{235}_{92}\text{U} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^{231}_{90}\text{Th}$	α	Non
b. $^{19}_{10}\text{Ne} \rightarrow ^0_{-1}\text{e} + ^{19}_9\text{F}$	β^+	Non
c. $^{235}_{92}\text{U} + ^1_0\text{n} \rightarrow ^{139}_{53}\text{I} + ^{94}_{39}\text{Y} + 3^1_0\text{n}$	Fission	Oui
d. $2^2_1\text{H} \rightarrow ^3_2\text{He} + ^1_0\text{n}$	Fusion	Oui
e. $^{14}_6\text{C} \rightarrow ^{14}_7\text{N} + ^0_{-1}\text{e}$	β^-	Non

22 Réactions nucléaires spontanées



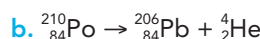
23 Filiation radioactive

1. a. Radioactivité β^- .



c. Le noyau fils obtenu est le polonium 210.

2. a. La radioactivité du polonium 210 est de type α .



c. Le noyau fils obtenu est le plomb 206. Cet isotope du plomb est stable.

24 Quelle énergie !

$$1. \mathcal{E}_{\text{libérée}} = \Delta m \cdot c^2 = 3,135 \times 10^{-29} \times 299792458^2 = 2,818 \times 10^{-12} \text{ J}$$

$$2. \mathcal{E} = \mathcal{E}_{\text{libérée}} \times N_A = 1,70 \times 10^{12} \text{ J pour une mole de deutérium et une mole de tritium.}$$

3. Quantité de carbone :

$$\frac{1,70 \times 10^{12}}{240 \times 10^3} = 7,1 \times 10^6 \text{ mol}$$

Masse de carbone :

$$m(\text{C}) = 7,1 \times 10^6 \times 12 = 85 \times 10^6 \text{ g, soit 85 tonnes!}$$

25 Calculs d'énergie

Réaction	1. Type	2. $\Delta m(\text{kg})$	3. $\mathcal{E}_{\text{libérée}} (\text{J})$
a.	Fission	$3,09973 \times 10^{-28}$	$2,78 \times 10^{-11}$
b.	Fusion	$5,82 \times 10^{-30}$	$5,23 \times 10^{-13}$
c.	Spontanée	$9,43 \times 10^{-30}$	$8,48 \times 10^{-13}$

26 How does fusion produce energy?

Traduction du texte :

« Les noyaux ne sont jamais immobiles : plus ils sont chauds, plus ils bougent vite. Au cœur du Soleil, où la température atteint 15 millions de degrés Celsius, les noyaux d'hydrogène sont agités en permanence, ils entrent en collision à des vitesses très élevées. La répulsion électrostatique qui existe naturellement entre les charges positives de leurs noyaux peut ainsi être surmontée, et les noyaux fusionnent. La fusion de deux noyaux légers d'hydrogène donne naissance à un noyau plus lourd d'hélium.

La masse du noyau d'hélium obtenu n'est pas égale à la somme des masses des noyaux initiaux, un peu de la masse a disparu et une grande quantité d'énergie est apparue. Ce phénomène est décrit par la formule d'Einstein $\mathcal{E} = mc^2$: l'infime perte de masse (m) multipliée par le carré de la vitesse de la lumière (c^2) produit un nombre très élevé ($\mathcal{E}$) qui correspond à la quantité d'énergie créée par la réaction de fusion.

Chaque seconde, le Soleil transforme 600 millions de tonnes d'hydrogène en hélium, libérant ainsi une gigantesque quantité d'énergie. Faute de pouvoir disposer, sur Terre, de l'intensité de la force gravitationnelle à l'œuvre au cœur des étoiles, une nouvelle approche a été développée pour réaliser des réactions de fusion. »

Réponses aux questions :

1. Les hautes températures (15 M°C) provoquent une agitation suffisante des noyaux pour que des réactions de fusion se produisent.

2. L'énergie libérée provient de la perte de masse lors de la réaction de fusion.

3. On ne peut pas recréer pour l'instant sur Terre les conditions de pression et de température suffisantes pour des réactions de fusion.

27 À chacun son rythme

1. Lors d'une réaction nucléaire, il y a conservation du nombre de masse et du nombre de charge.



3. La perte de masse est $3,204 \times 10^{-28} \text{ kg}$.

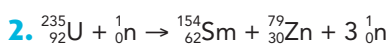
$$4. \mathcal{E}_{\text{libérée}} = \Delta m \cdot c^2 = 2,880 \times 10^{-11} \text{ J}$$

28 L'énergie au cœur de la Terre

1. a. Les isotopes présents sont l'uranium 235 et l'uranium 238.

b.

	Nombre de protons	Nombre de nucléons	Nombre de neutrons
Uranium 238	92	238	146
Uranium 235	92	235	143

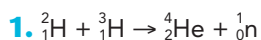


Donc $x = 3$.

$$3. \Delta m = 2,6933 \times 10^{-28} \text{ kg}$$

$$\mathcal{E}_{\text{libérée}} = \Delta m \cdot c^2 = 2,42 \times 10^{-11} \text{ J}$$

29 La fusion : une source d'énergie quasiment illimitée



$$2. \Delta m = 3,135 \times 10^{-29} \text{ kg}$$

$$\mathcal{E}_{\text{libérée}} = \Delta m \cdot c^2 = 2,818 \times 10^{-12} \text{ J}$$

Cela représente l'énergie libérée pour $3,34358 \times 10^{-24} \text{ g}$ de deutérium.

3. L'énergie précédente est libérée par la fusion $3,34358 \times 10^{-27} \text{ kg}$ de deutérium.

Dans un litre d'eau de mer, on a 33 mg de deutérium soit $33 \times 10^{-6} \text{ kg}$.

Un litre d'eau de mer peut donc libérer :

$$2,818 \times 10^{-12} \times \frac{33 \times 10^{-6}}{3,34358 \times 10^{-27}} = 2,8 \times 10^{10} \text{ J.}$$

4. Un litre d'essence produit $3,5 \times 10^7 \text{ J}$; il faudrait donc 795 L d'essence, soit environ 800 L pour obtenir la même énergie.

30 L'énergie de liaison des noyaux

1. La masse manquante $\Delta m = m_{\text{noyau}} - m_{\text{nucléons}}$ correspond à l'énergie de liaison : $\mathcal{E}_{\text{liaison}} = \Delta m \cdot c^2$ qui maintient entre eux les nucléons.

L'énergie de liaison correspond à l'énergie qu'il faudrait fournir au noyau pour qu'il soit dissocié en ses nucléons isolés.

2. et 3.

	$\Delta m (\text{kg})$	$\mathcal{E}_{\text{liaison}} (\text{J})$	$\frac{\mathcal{E}_{\text{liaison}}}{A} (\text{J})$
2. Carbone 14	$1,877 \times 10^{-28}$	$1,687 \times 10^{-11}$	$1,205 \times 10^{-12}$
3. Fer 56	$8,775 \times 10^{-28}$	$7,887 \times 10^{-11}$	$1,408 \times 10^{-12}$

Donc l'énergie de liaison par nucléon est plus faible pour le carbone 14 que pour le fer 56. Cela est aussi visible sur le graphique.

4. C'est le fer 56 qui est plus stable que le carbone 14 puisque son énergie de liaison par nucléon est plus grande.

L'uranium, lors de la fission, donne deux noyaux dont l'énergie de liaison par nucléons est plus grande. Ces noyaux sont plus stables, donc plus stables que le noyau d'uranium initial. Lors de cette fusion, il y a donc libération d'énergie.

Retour sur l'ouverture du chapitre

31 Réaction de fusion

1. La conservation du nombre de charge impose $4 = 2 + 1x$.
Donc $x = 2$.

2. Dans la relation d'Einstein, $\mathcal{E}_{\text{libérée}}$ en joule, Δm en kilogramme, c en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

3. Chaque seconde, la perte de masse est :

$$|\Delta m| = \frac{\mathcal{E}_{\text{libérée}}}{c^2} = \frac{3,9 \times 10^{26}}{299792458^2} = 4,3 \times 10^9 \text{ kg.}$$

4. a. La perte de masse de cette réaction de fusion est :

$$|\Delta m| = 4,400 \times 10^{-29} \text{ kg.}$$

b. La masse d'hydrogène consommée par cette fusion est :

$$4 \times 1,67262 \times 10^{-27} \text{ kg} = 6,69048 \times 10^{-27} \text{ kg.}$$

c. Donc en une seconde, la masse d'hydrogène consommé est :

$$4,3 \times 10^9 \times \frac{6,69048 \times 10^{-27}}{4,400 \times 10^{-29}} = 6,6 \times 10^{11} \text{ kg.}$$

Cohésion de la matière à l'état solide

Chapitre

9

Activités

1 Comprendre l'électrisation de la matière (p. 152)

A Un peu d'histoire

- 1 Les termes « électricité » et « électrisation » dérivent du latin *electrum*, qui vient du nom ἤλεκτρον (*électron*) désignant l'ambre en grec.
- 2 Benjamin FRANKLIN a, entre autres, inventé le paratonnerre en 1752.

B Sur les traces de Thalès, Plutarque et Du Fay

- 3 Il est facile de vérifier qu'une tige de verre ou de polystyrène frottée avec de la laine attire la sphère métallisée suspendue à un pendule. On peut aussi constater que, s'il y a contact entre la sphère et la tige électrisée, la sphère est repoussée.

Une tige en verre (respectivement une tige de polystyrène) frottée avec de la laine est déposée sur l'étrier de façon à ce qu'elle soit horizontale. En approchant de l'extrémité électrisée une tige de verre (respectivement une tige de polystyrène) frottée avec de la laine, on observe qu'il y a répulsion alors qu'une attraction se manifeste lorsque l'on approche de l'extrémité frottée une tige de polystyrène (respectivement une tige de verre) électrisée par frottement avec de la laine.

- 5 Se reporter au paragraphe 1.1 du cours et aux schémas des doc. 1 et doc. 2, p. 154 du manuel, pour l'interprétation de l'électrisation positive des tiges de verres et négative des tiges de polystyrène.

Lorsque l'on se peigne, des électrons sont transférés du peigne aux cheveux ou des cheveux au peigne suivant la nature du matériau constituant le peigne. Les cheveux et le peigne sont alors chargés d'électricité de signes contraires ce qui explique l'attraction observée.

- 6 Des corps portant des charges de même signe se repoussent alors que des corps portant des charges de signes contraires s'attirent.

Matériel et solutions

- Des tiges de verre (agitateurs utilisés en chimie);
- des tiges de polystyrène : corps de stylo à bille Bic, pailles en plastique;
- des chiffons de laine;
- un pendule portant une sphère métallisée;
- un étrier suspendu pouvant porter l'une des tiges.

2 Déterminer une énergie de changement d'état (p. 153)

A Principe de la détermination : la méthode des mélanges

- 1 La **capacité thermique** d'un corps est l'énergie thermique (ou chaleur) que doit recevoir ce corps pour que sa température s'élève de $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ou 1 K); on l'exprime en $\text{J}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$ ou en $\text{J}\cdot\text{K}^{-1}$.

La **capacité thermique massique** d'un corps est l'énergie thermique (ou chaleur) que doit recevoir une masse de ce corps égale à un kilogramme, pour que sa température s'élève de $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ou 1 K); on l'exprime en $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$ ou en $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

On utilise cependant très souvent comme unité le $\text{J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ ou le $\text{J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ en s'intéressant à une masse égale à un gramme du corps considéré.

La **chaleur latente massique de changement d'état** est l'énergie thermique (ou chaleur) échangée avec le milieu extérieur par une masse de ce corps égale à un kilogramme, lorsque se produit un changement d'état, à la température de ce changement d'état ; on l'exprime en $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$.

On utilise cependant très souvent comme unité le $\text{J} \cdot \text{g}^{-1}$ en s'intéressant à une masse égale à un gramme du corps considéré.

On définit ainsi la chaleur latente massique de fusion, d'ébullition, de sublimation, etc.

B Manipulation

2 Il faut sécher les glaçons afin que la masse m_2 déterminée en fin de manipulation corresponde exactement à la masse d'eau qui a fondu au cours de la manipulation.

3 *Remarques* : Pour le calcul de L_{fus} , il faut disposer de la capacité thermique du calorimètre et de ses accessoires (agitateur, thermomètre) ; celle-ci aura été déterminée au préalable au laboratoire par l'expérience classique des mélanges d'eau froide et d'eau chaude (voir ci-dessous). Afin d'assurer des résultats cohérents, il est souhaitable de déterminer cette capacité pour chaque calorimètre.

4 La valeur généralement donnée pour l'eau est $L_{\text{fus}} = 330 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$.

5 À l'échelle **microscopique**, l'apport d'énergie thermique à un corps pur solide provoque une rupture des liaisons intermoléculaires, ce qui conduit à un accroissement de l'agitation des molécules (la température croît alors) ou non (lors des changements d'état, la température restant alors constante).

Matériel et solutions

- Un calorimètre et ses accessoires (agitateur, thermomètre) dont on aura au préalable déterminé la capacité thermique C à l'aide de la méthode des mélanges (*) ;
- une balance ;

- une éprouvette graduée de 100 mL ;
- des glaçons d'eau distillée à 0°C (**) (quatre ou cinq par groupe) ;
- du papier absorbant (papier ménage).

(*) Méthode des mélanges : on verse une masse m_1 d'eau à température ambiante dans le calorimètre de capacité thermique C ; on laisse la température se stabiliser à θ_1 . On ajoute une masse m_2 d'eau chaude à la température θ_2 ; on agit jusqu'à stabilisation de la température à θ_f . En admettant que le calorimètre est thermiquement isolé on peut écrire :

$$m_1 \cdot c_{\text{eau}} \cdot |\theta_f - \theta_1| + C \cdot |\theta_f - \theta_1| = m_2 \cdot c_{\text{eau}} \cdot |\theta_f - \theta_2|$$

avec $c_{\text{eau}} = 4,18 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$

d'où :

$$C = \frac{m_2 \cdot c_{\text{eau}} \cdot |\theta_f - \theta_2| - m_1 \cdot c_{\text{eau}} \cdot |\theta_f - \theta_1|}{|\theta_f - \theta_1|}$$

(**) : Les glaçons devront avoir été sortis du bac congélateur suffisamment tôt de telle façon qu'ils aient commencé à fondre afin qu'ils soient effectivement à 0°C (température de l'équilibre eau solide – eau liquide). Des glaçons initialement trop froids constituent une source d'erreur fréquente dans cette manipulation.

Exercices (p. 161-168)

QCM

- 1** 1. B ; 2. A et B ; 3. C ; 4. C ; **2** 1. A et B ; 2. B et C ; 3. B ; **3** 1. B et C ; 2. B ; 3. A ; 4. B ; **4** 1. B ; 2. C.

Application immédiate

- 5** 1. L'atome d'azote est entouré de trois doublets liants et d'un doublet non liant. Pour minimiser leurs répulsions, ces doublets adoptent une disposition tétraédrique. La molécule est donc pyramidale autour de l'atome d'azote.
2. L'azote est plus électronégatif que l'hydrogène, la liaison N–H est polarisée ; vu la géométrie de la

molécule, la somme géométrique des moments dipolaires est non nulle, l'ammoniac est polaire.

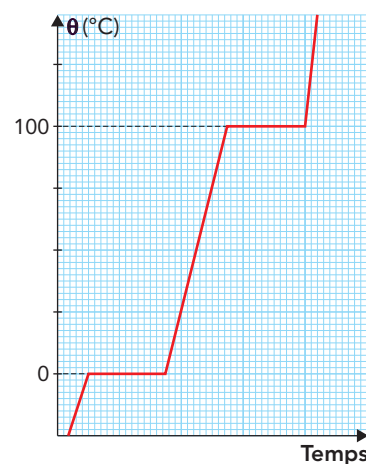
- 6** 1. De -10°C à 0°C , la température croît et l'eau est solide.

À 0°C , l'eau fond. L'eau étant un corps pur, sa fusion s'effectue à température constante : elle est isotherme.

De 0°C à 100°C , l'eau est liquide.

À 100°C , l'eau bout ; comme la fusion, l'ébullition d'un corps pur est isotherme.

Au-delà de 100°C , l'eau est à l'état gazeux.



2. De $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ à $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, l'agitation des molécules croît et la température s'élève.

À $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, toute l'énergie thermique fournie au cristal est utilisée pour rompre les interactions intermoléculaires (Van der Waals et liaisons hydrogène), l'agitation des molécules n'augmente pas.

De $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ à $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, l'agitation thermique croît à nouveau et la température augmente.

À $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, les dernières interactions intermoléculaires disparaissent et la vaporisation se produit.

Au-delà de $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, l'agitation thermique croît à nouveau et la vitesse des molécules augmente.

Pour commencer

7 1. a. La tige T_3 porte une charge de même signe que T_1 , donc positive.

b. La tige T_3 serait attirée par T_2 .

2. T_4 porte une charge négative, elle serait repoussée par T_2 .

8 Représenter des forces électriques

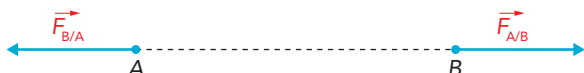
a. $q_A > 0$ et $q_B > 0$: répulsion



b. $q_A > 0$ et $q_B < 0$: attraction



c. $q_A < 0$ et $q_B < 0$: répulsion



9 Connaître la loi de Coulomb

1. F s'exprime en newton N, q_A et q_B en coulomb C et d en mètre m.

$$F_{A/B} = F_{B/A} = \frac{9,0 \times 10^9 \times (1,6 \times 10^{-19})^2}{(53 \times 10^{-12})^2}$$

$$F_{A/B} = F_{B/A} = 8,2 \times 10^{-8} \text{ N.}$$

10 Déterminer la formule des cristaux ioniques

Voir le tableau en fin de chapitre, p. 64.

11 Déterminer les ions constitutifs d'un cristal

1. Ce sont les ions bromure Br^- , iodure I^- , fluorure F^- et chlorure Cl^- . D'où les cations associés K^+ , Cu^{2+} , Fe^{3+} et Ce^{4+} .

2. Oxyde de potassium K_2O , oxyde de cuivre (II) CuO , oxyde de fer (III) Fe_2O_3 et oxyde de cérium (IV) CeO_2 .

12 Utiliser le terme exact

1. (1) : électronégativité.

2. (2) : polaire ; (3) : électronégativités.

3. (4) : dipôle ; (5) : moment dipolaire ; (6) : pôle - ; (7) : pôle + ; (8) dipôle.

4. (9) : moment dipolaire ; (10) : somme géométrique ; (11) : moments dipolaires.

13 Rechercher des molécules polaires

1. Dans la classification périodique, les éléments proposés sont rangés dans l'ordre Be, C, N, O et F qui est aussi l'ordre croissant de leur électronégativité. Chaque liaison associe deux éléments différents d'électronégativité différente, elle est nécessairement polarisée.

2. FO_2 qui est coudée et NO sont polaires, alors que CBe_2 qui est linéaire et symétrique est apolaire.

14 Relier électronégativité et polarité

1. Les liaisons entre deux atomes d'électronégativités différentes sont polarisées, c'est le cas de :

C—N, O—F, O—Cl et F—Br.

2. L'élément le plus électronégatif porte la charge négative :

$+q$ $-q$	$+q$ $-q$	$-q$ $+q$	$-q$ $+q$
C—N	O—F	O—Cl	F—Br

3. Le vecteur est dirigé du pôle - vers le pôle + :

C $\leftarrow$ N	O $\leftarrow$ F	O $\rightarrow$ Cl	F $\rightarrow$ Br
$\vec{p}$	$\vec{p}$	$\vec{p}$	$\vec{p}$

15 Identifier des interactions de Van der Waals

1. Un dipôle électrique permanent correspond à une distribution *permanente* non symétrique du doublet de la liaison entre les deux atomes, c'est le cas de H—Cl ou I—Cl.

Un dipôle électrique instantané résulte de l'existence à un *moment donné seulement* d'une distribution instantanée non symétrique du doublet de la liaison entre les deux atomes c'est le cas de H—H ou I—I.

2. a. N_2 et Cl_2 , constitués de deux atomes identiques, sont apolaires.

Les liaisons C—Be et C—S sont polarisées, mais la somme de leur moment dipolaire est nulle dans les molécules linéaires et symétriques CBe_2 ($\text{Be}=\text{C}=\text{Be}$) et CS_2 ($\text{S}=\text{C}=\text{S}$).

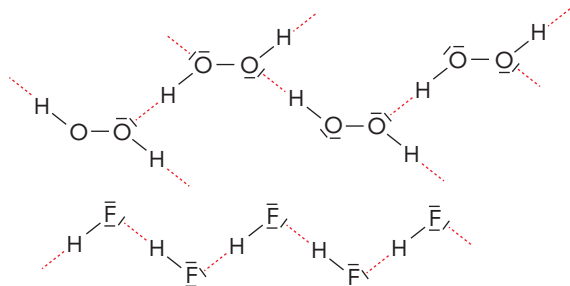
b. IBr et HI, constitués de deux atomes d'électronégativités différentes, sont polaires.

Les liaisons H—S et Cl—O sont polarisées et la somme de leur moment dipolaire n'est pas nulle dans les molécules coudées H_2S et Cl_2O .

16 Rechercher la présence de liaison hydrogène

1. Les molécules qui peuvent participer à des liaisons hydrogène doivent posséder un atome d'oxygène O, d'azote N, de fluor F ou de chlore Cl et un groupe O—H, N—H, F—H, Cl—H ; c'est le cas de H_2O_2 et HF.

2. Les liaisons hydrogène sont représentées en pointillés :



17 Décrire des interactions dans des espèces moléculaires

1. De 0 °C à 6 °C, le triiodométhane est solide ; à 6 °C, il fond et de 6 °C à 10 °C, il est liquide.

2. La molécule de triiodométhane CHI₃ ne possède pas d'atomes de fluor, d'oxygène, d'azote ou de chlore ; elle ne peut pas participer à des liaisons hydrogène.

3. De 0 °C à 6 °C et de 6 °C à 10 °C, il y a rupture de liaisons intermoléculaires (ici des interactions de Van der Waals) et accroissement de l'agitation des molécules. À 6 °C, il y a seulement rupture de liaisons intermoléculaires (ici des interactions de Van der Waals), la température restant alors constante.

18 Interpréter des effets thermiques

1. De 20 °C à 26 °C, le méthylpropan-2-ol est solide ; à 26 °C, il fond ; de 26 °C à 83 °C, il est liquide ; au-delà de 83 °C, il est gazeux.

2. La molécule de méthylpropan-2-ol, (CH₃)₃C-OH, possède un atome d'oxygène et un groupe -OH ; elle peut participer à des liaisons hydrogène. Étant polaire, elle peut aussi participer à des interactions de Van der Waals.

3. De 20 °C à 26 °C et de 26 °C à 60 °C, il y a rupture de liaisons intermoléculaires (ici des interactions de Van der Waals et des liaisons hydrogène) et accroissement de l'agitation des molécules ; à 26 °C, il y a seulement rupture de liaisons intermoléculaires (ici des interactions de Van der Waals et des liaisons hydrogène), la température restant alors constante.

Pour s'entraîner

19 Un œil de chat

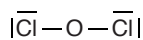
1. $Z(\text{Be}) = 4$, d'où K^2L^2 ; $Z(\text{O}) = 8$, d'où K^2L^6 ; $Z(\text{Al}) = 13$, d'où $K^2L^8M^3$.

2. Be^{2+} ; Al^{3+} et O^{2-} . 3. Al_3BeO_4 .

20 Proposer un énoncé à partir de son corrigé

Énoncé possible :

1. La formule de Lewis de la molécule d'oxyde de dichlore s'écrit :



En déduire la géométrie de la molécule d'oxyde de dichlore.

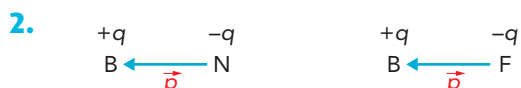
2. L'élément oxygène étant plus électronégatif que l'élément chlore, quelle charge porte l'atome d'oxygène ?

3. La molécule d'oxyde de dichlore est-elle polaire ?

4. L'oxyde de dichlore est solide à -60 °C. Sa cohésion peut-elle résulter de liaisons hydrogène ?

21 Géométrie des molécules et polarité

1. Dans la classification périodique, les éléments bore B, azote N et fluor F sont dans la deuxième période et dans cet ordre, qui est aussi celui de leur électronégativité ; les liaisons B-F et B-N sont polarisées.



3. La molécule BF₃ est plane ; l'atome de bore est au centre d'un triangle équilatéral dont les atomes de fluor occupent les sommets. La somme des trois moments dipolaires est nulle et la molécule est apolaire.

La molécule de trifluorure d'azote NF₃ est pyramidale. La somme des trois moments dipolaires est non nulle et la molécule est polaire.

22 Moment dipolaire de la molécule d'eau

1. $Z(\text{H}) = 1$, d'où K^1 ; $Z(\text{O}) = 8$, d'où K^2L^6 .

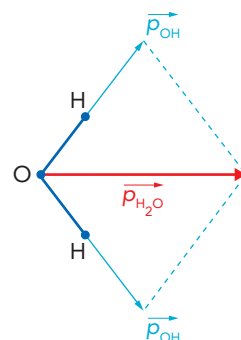
Dans H₂O, le nombre de doublets d'électrons externes est $\frac{2 \times 1 + 6}{2} = 4$.

Chaque atome d'hydrogène participe à une liaison et l'atome d'oxygène à deux liaisons, d'où la formule de Lewis : H-O-H

L'atome d'oxygène a quatre doublets sur sa couche externe ; pour minimiser leur répulsion, ces doublets adoptent une disposition tétraédrique. En conséquence la molécule d'eau est coudée.

2. Les électronégativités de l'hydrogène et de l'oxygène étant différentes, les liaisons O-H sont polarisées.

3. La somme géométrique conduit à la valeur du moment dipolaire de la molécule d'eau : $p = 1,8 \text{ D}$.



23 Making snow the artificial way

Traduction du texte :

« Sur les pistes de ski, de la bonne neige est un plus. Quant la nature n'assure pas, les machines et la chimie peuvent la suppléer. Fabriquer de la neige les jours de froid est relativement facile. L'eau gèle à 32 °F (0 °C). Souffler de très fines gouttelettes

dans de l'air froid permet d'obtenir de la neige. Cependant certaines précautions doivent être prises pour que l'eau forme des flocons et non de petites lames de glace qui sont dangereuses pour les skieurs.

Que se passe-t-il lorsque la température ne coopère pas? Snow-Max, une protéine lyophilisée produite par une bactérie, peut être utilisée afin de faire geler l'eau à une température supérieure à 32 °F.

Cela est possible car les protéines contiennent des sites qui peuvent faire des liaisons hydrogène avec les molécules d'eau. Les protéines formées par la bactérie, spécialiste de la fabrication de la neige, est particulièrement capable de former des liaisons hydrogène avec l'eau et provoque la formation d'un très grand nombre de liaisons hydrogène entre les molécules d'eau si la température est à 32 °F ou au-dessus. Le résultat est une bonne neige artificielle produite à une température supérieure à la température habituelle de solidification de l'eau. »

$$1. t(^{\circ}\text{F}) = \frac{9 \theta(^{\circ}\text{C})}{5} + 32$$

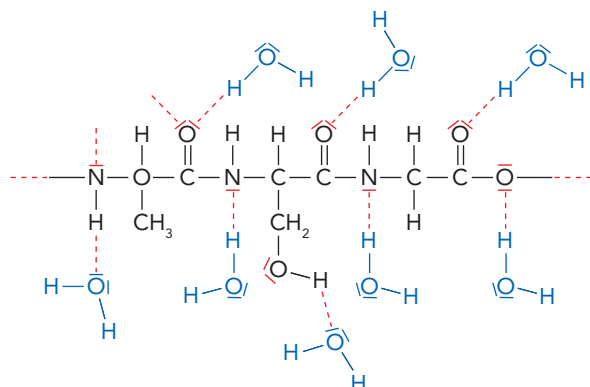
$$\text{ou } \theta(^{\circ}\text{C}) = \frac{(t(^{\circ}\text{F}) - 32) \times 5}{9}$$

À la pression atmosphérique, l'eau bout à

$$\theta(^{\circ}\text{C}) = 100^{\circ}\text{C}, \text{ soit } t(^{\circ}\text{F}) = \frac{9 \times 100}{5} + 32 = 212^{\circ}\text{F}.$$

2. Voir le document 18, p. 158 du manuel.

3.



4. Cette technique introduit dans un milieu naturel des protéines dont on ne connaît pas nécessairement l'action sur le monde vivant, ce qui n'est pas très bon pour l'environnement, car ces protéines peuvent se retrouver dans les eaux des sources alimentées par la fonte des neiges naturelles et artificielles...

24 À chacun son rythme

$$1. a. F_e = \frac{9 \times 10^9 \times 1,6 \times 10^{-19} \times 1,6 \times 10^{-19}}{(282 \times 10^{-12})^2}$$

$$F_e = 2,9 \times 10^{-9} \text{ N}$$

$$b. m(^{23}\text{Na}^+) = 23 m_{\text{nuc}} = 3,84 \times 10^{-26} \text{ kg}$$

$$m(^{35}\text{Cl}^-) = 35 m_{\text{nuc}} = 5,85 \times 10^{-26} \text{ kg}$$

$$c. F_g = \frac{6,67 \times 10^{-11} \times 3,84 \times 10^{-26} \times 5,85 \times 10^{-26}}{(282 \times 10^{-12})^2}$$

$$F_g = 1,88 \times 10^{-42} \text{ N}$$

$$2. a. \frac{F_e}{F_g} = \frac{2,9 \times 10^{-9}}{1,88 \times 10^{-42}} = 1,5 \times 10^{33}$$

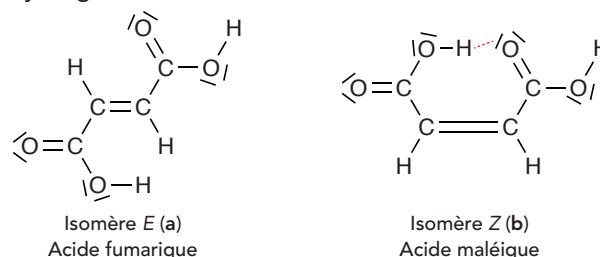
b. La force électrique est très supérieure à la force gravitationnelle; la cohésion du cristal de chlorure de sodium est donc d'origine électrique.

Pour aller plus loin

25 Liaisons hydrogène intramoléculaires

1. a. L'isomère Z est l'acide maléique (b).

b. Seul l'acide maléique (b) peut donner des liaisons hydrogène intramoléculaires.



2. La présence de liaisons hydrogène intramoléculaires diminue le nombre de liaisons intermoléculaires susceptibles de se former, ce qui affaiblit la cohésion du cristal.

3. L'acide maléique pouvant présenter des liaisons hydrogène intramoléculaires est le plus fusible, c'est lui qui fond à 131 °C, alors que l'acide fumarique fond à 286 °C.

26 Évolution de températures de fusion

1. a. Les molécules de dihalogène (I₂, Br₂, Cl₂, F₂) étant apolaires et ne pouvant présenter de liaisons hydrogène, leur cohésion en phase liquide ou solide est due à des interactions de Van der Waals résultant de moments dipolaires instantanés.

b. L'évolution des états physiques des dihalogènes résulte de la taille des molécules. En effet, la taille des molécules croît en descendant dans une colonne de la classification périodique, ce qui s'accompagne d'un accroissement de l'importance des interactions de Van der Waals entre les molécules.

2. a. Pour $n > 2$, seules existent des interactions de Van der Waals. Lorsque n croît, les molécules sont de plus en plus volumineuses, donc de plus en plus liées les unes aux autres, ce qui explique que la température de fusion des composés augmentent avec n .

b. Dans les solides HF, H₂O et NH₃, correspondant à $n = 2$, des liaisons hydrogène s'ajoutent aux interactions de Van der Waals augmentant la cohésion de ces solides, ce qui se traduit par une valeur élevée de la température de fusion de ces solides.

Retour sur l'ouverture du chapitre

27 Quatre types de cristaux

1. Pour distinguer les quatre types de cristaux, on peut considérer la nature des liaisons assurant leur cohésion.

2. Les conductibilités électriques et thermiques des métaux résultent de la mobilité des électrons de la couche externe.

3. Formule chimique du quartz : SiO_2 ; du sel gemme : NaCl ; de la calcite : CaCO_3 et du corindon : Al_2O_3 .
 NaCl : Na^+ et Cl^- ;
 CaCO_3 : Ca^{2+} et CO_3^{2-} ;
 Al_2O_3 : Al^{3+} et O^{2-}

4. Le rubis est la variété rouge de la famille minérale *corindon*. Sa couleur résulte principalement de la présence d'oxyde de *chrome* Cr_2O_3 .
 L'émeraude est un minéral, du groupe des *silicates*, variété de *béryl*, dont la couleur verte provient

de traces des éléments *chrome*, *vanadium* et parfois *fer*.

Les saphirs sont constitués de cristaux d'oxyde d'*aluminium* (Al_2O_3) contenant des impuretés (oxydes métalliques) en traces qui leur donnent leur couleur (oxydes de *titane* et *fer* pour le bleu, oxydes de *vanadium* pour le violet, oxydes de *chrome* pour le rose, oxydes de *fer* pour le jaune et le vert).

L'améthyste est une variété de *quartz* violet (*dioxyde de silicium*), diaphane à translucide dont la teinte est due à des traces d'oxydes de fer.

5. Pour distinguer un fil de silicium d'un fil d'aluminium, il suffit de mesurer sa résistance électrique, le fil de silicium ayant une résistance nettement supérieure à celle du fil d'aluminium.

6. L'or a une « réflexion sélective », il réémet principalement les radiations de couleur jaune. La lumière qui « traverse » une très mince feuille d'or est donc une lumière blanche, privée principalement de sa composante jaune ; la couleur vue est alors celle de la couleur complémentaire du jaune, soit le bleu.

Exercice 10

Anion \ Cation	Na^+	Mg^{2+}	Al^{3+}
F^-	NaF	MgF_2	AlF_3
S^{2-}	Na_2S	MgS	Al_2S_3
NO_3^-	NaNO_3	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$	$\text{Al}(\text{NO}_3)_3$
$\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$	$\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$	MgC_2O_4	$\text{Al}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3$

Dissolution de composés ioniques ou moléculaires

Chapitre

10

Activités

1 Préparation d'une solution de concentration donnée en ions (p. 170)

Matériel et solutions

Paillasse professeur :

- du chlorure de fer (III) hexahydraté solide ;
- un mortier et un pilon ;
- une balance électronique à 0,01 g.

Paillasse élève :

- une capsule de pesée ;
- une spatule métallique ;
- un entonnoir à solide ;
- une fiole jaugée de 100,0 mL et son bouchon ;
- un compte-goutte ou une pipette Pasteur.

A Observer et expliquer l'étiquette d'un flacon

1 Le terme « hexahydraté » signifie « hydraté six fois ». Le chlorure de fer (III) est hexahydraté car ce solide cristallise en s'entourant de 6 molécules d'eau.

2 Masse molaire :

$$\begin{aligned}M(\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}) &= M(\text{Fe}) + 3 M(\text{Cl}) + 6 M(\text{H}_2\text{O}) \\&= M(\text{Fe}) + 3 M(\text{Cl}) + 12 M(\text{H}) + 6 M(\text{O}) \\&= 55,8 + 3 \times 35,5 + 12 \times 1,0 + 6 \times 16,0 \\&= 270,3 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}\end{aligned}$$

On retrouve bien la masse molaire indiquée sur l'étiquette du flacon.

3



DANGER DE CORROSION :

ce produit peut ronger la peau ou les yeux par contact.



DANGER SUR LA SANTÉ :

ce produit peut irriter la peau et les yeux à forte dose.

Le chlorure de fer (III) sera donc manipulé avec des **GANTS** et des **LUNETTES DE PROTECTION**.

B Comprendre les relations entre concentration en soluté apporté et concentrations des ions

4 La solution étant supposée non saturée, la dissolution du chlorure de fer (III) dans l'eau est totale. Ainsi, dans l'état final, la quantité de chlorure de fer (III), solide noté S, est nulle, soit :

$$n(\text{S}) - x_{\text{max}} = 0 \Rightarrow x_{\text{max}} = n(\text{S})$$

Équation de dissolution		$\text{FeCl}_3(\text{s}) \xrightarrow{\text{eau}} \text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + 3 \text{Cl}^{-}(\text{aq})$		
État du système	Avancement	$n(\text{FeCl}_3)$	$n(\text{Fe}^{3+})$	$n(\text{Cl}^{-})$
Quantités apportées dans l'état initial	$x = 0$	$n(\text{S})$	0	0
Quantités en solution dans l'état final	x_{max}	$n(\text{S}) - x_{\text{max}} = 0$	$x_{\text{max}} = n(\text{S})$	$3 x_{\text{max}} = 3 n(\text{S})$

5 Concentration molaire $C(\text{S})$ du soluté S apporté :

$$C(\text{S}) = \frac{n(\text{S})}{V_{\text{sol}}}$$

6 Concentrations molaires effectives des ions présents dans la solution :

$$[\text{Fe}^{3+}] = \frac{n_f(\text{Fe}^{3+})}{V_{\text{sol}}} = \frac{x_{\text{max}}}{V_{\text{sol}}} = \frac{n(\text{S})}{V_{\text{sol}}} \quad [\text{Cl}^-] = \frac{n_f(\text{Cl}^-)}{V_{\text{sol}}} = \frac{3x_{\text{max}}}{V_{\text{sol}}} = \frac{3n(\text{S})}{V_{\text{sol}}}$$

7 Des relations précédentes on déduit :

$$[\text{Fe}^{3+}] = \frac{n(\text{S})}{V_{\text{sol}}} = C(\text{S}) \quad [\text{Cl}^-] = \frac{3n(\text{S})}{V_{\text{sol}}} = 3 C(\text{S})$$

8 Comme l'énoncé indique que l'on veut une concentration $[\text{Fe}^{3+}] = 0,040 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, on obtient :

$$C(\text{S}) = [\text{Fe}^{3+}] = 0,040 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

C Élaborer et mettre en œuvre un protocole expérimental

Calcul préliminaire

Pour préparer une solution de volume $V_{\text{sol}} = 100,0 \text{ mL}$ à la concentration molaire $C(\text{S}) = [\text{Fe}^{3+}] = 0,040 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ en ions fer (III), il faut peser la masse $m(\text{S})$ de chlorure de fer (III) :

$$m(\text{S}) = n(\text{S}) \times M(\text{S}) = C(\text{S}) \times V_{\text{sol}} \times M(\text{S})$$

soit :

$$m(\text{S}) = 0,040 \times 100,0 \times 10^{-3} \times 270,3 = 1,08 \text{ g.}$$

Protocole expérimental

On place une capsule de pesée sur une balance électronique précise à 0,01 g près, puis on tare la balance.

- ▶ Avec une spatule propre et sèche, on pèse précisément 1,08 g de chlorure de fer (III) hexahydraté.
- ▶ On introduit le solide pesé dans une fiole jaugée de volume $V_{\text{sol}} = 100,0 \text{ mL}$ à l'aide d'un entonnoir.
- ▶ On rince la capsule de pesée avec de l'eau distillée en versant l'eau de rinçage dans la fiole jaugée.
- ▶ On remplit la fiole aux trois quarts avec de l'eau distillée. Après l'avoir bouchée, on agite la fiole jaugée pour bien dissoudre le solide.
- ▶ Une fois la dissolution terminée, on ajoute de l'eau distillée d'abord à la pissette, puis au compte-goutte jusqu'au trait de jauge.
- ▶ On rebouche la fiole jaugée et on agite pour homogénéiser la solution.

La solution préparée a une concentration molaire en ions fer (III) égale à $[\text{Fe}^{3+}] = 0,040 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Manuel numérique 2.0

Vidéo & animation :
Préparation de solutions par dissolution.

9 ▶ La concentration molaire $C(\text{S})$ d'une solution en soluté S apporté est le quotient de la quantité de soluté $n(\text{S})$ mise en solution par le volume V_{sol} de la solution, soit :

$$C(\text{S}) = \frac{n(\text{S})}{V_{\text{sol}}}$$

▶ La concentration molaire effective $[M^{p+}]$ d'un ion M^{p+} présent dans une solution est égale au quotient de la quantité d'ions $n(M^{p+})$ présente dans la solution par le volume V_{sol} de la solution, soit :

$$[M^{p+}] = \frac{n(M^{p+})}{V_{\text{sol}}}$$

2 Extraction d'une espèce chimique d'une solution (p. 171)

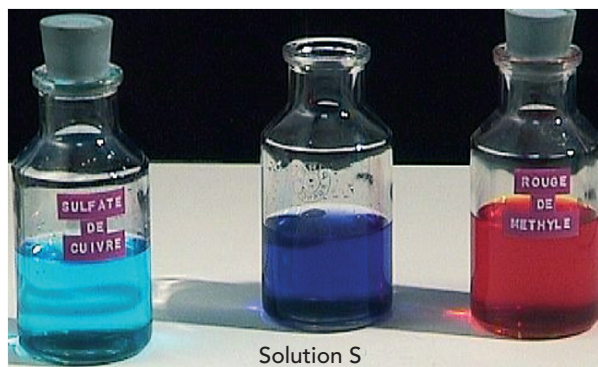
Matériel et solutions

Paillasse professeur :

- 1,0 L de solution aqueuse S préparée en mélangeant une solution de sulfate de cuivre avec une solution de rouge de méthyle : voir ci-contre.

Paillasse élève :

- une ampoule à décanter de 250 mL et son support ;
- 3 béchers de 200 mL ;
- un flacon de cyclohexane.



Manuel numérique 2.0

Vidéo : Extraction du sulfate de cuivre et du rouge de méthyle d'un mélange coloré.

A Élaborer et mettre en œuvre un protocole expérimental

Solubilité	Sulfate de cuivre (II)	Rouge de méthyle	Eau	Cyclohexane	Éthanol
Dans l'eau	très grande	faible		nulle	très grande
Dans le cyclohexane	nulle	grande	nulle		très grande
Dans l'éthanol	faible	grande	très grande	très grande	

► Pour extraire le rouge de méthyle de la solution aqueuse S, deux conditions sont à satisfaire :

- ① Le rouge de méthyle doit être plus soluble dans le solvant extracteur que dans la solution aqueuse S.
- ② Le solvant extracteur ne doit pas être miscible à l'eau.

► Le tableau ci-dessus montre que le rouge de méthyle est très soluble dans le cyclohexane et l'éthanol et faiblement soluble dans l'eau. **Le cyclohexane et l'éthanol** sont des solvants extracteurs possibles pour le rouge de méthyle de la solution S (condition ① satisfaite).

► L'éthanol est très soluble dans l'eau : l'eau et l'éthanol sont donc miscibles. Le solvant éthanol ne satisfait pas à la condition ②. En revanche, le **cyclohexane n'est pas miscible à l'eau**.

► Par ailleurs, le sulfate de cuivre est insoluble dans le cyclohexane ; il restera en solution dans la solution aqueuse S.

⇒ Le solvant extracteur choisi pour **extraire le rouge de méthyle** de la solution S est le **cyclohexane**.

⇒ Le sulfate de cuivre, insoluble dans le cyclohexane, restera en solution dans la solution aqueuse S.

1 Protocole expérimental :

① Dans une ampoule à décanter, on introduit la solution aqueuse S et on y ajoute du cyclohexane. Le cyclohexane, moins dense que la solution aqueuse S, constitue la phase supérieure ; la solution aqueuse S constitue la phase inférieure.

② On bouche l'ampoule, on agite et on laisse décanter.

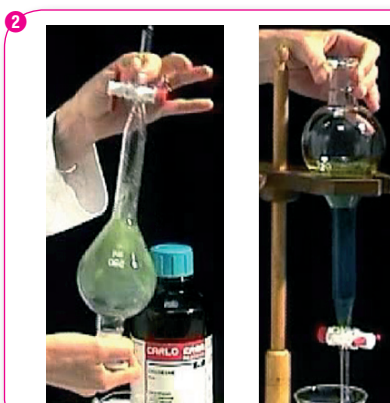
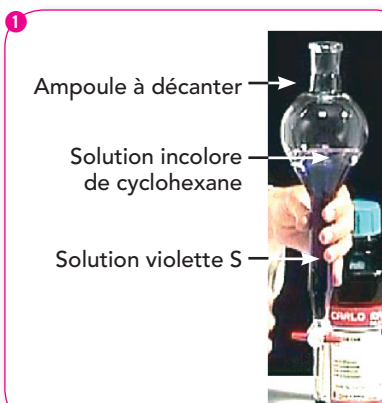
③ On recueille la **phase aqueuse** inférieure dans un **bécher A** et la **phase organique** supérieure dans un **bécher B**.

④ On remet la phase aqueuse du bécher A dans l'ampoule à décanter et on ajoute à nouveau du cyclohexane ; on agite et on laisse décanter.

⑤ On recueille la phase aqueuse dans le bécher A et la phase organique dans le bécher B.

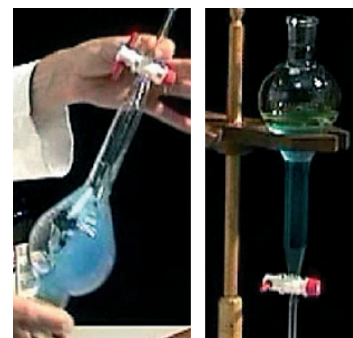
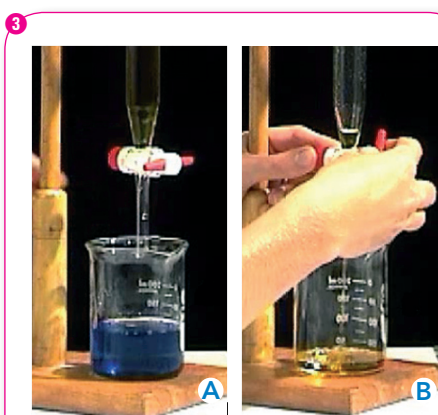
2 Mise en œuvre du protocole

On pourra se référer à la vidéo accessible p. 171 du manuel numérique enrichi.



La phase organique supérieure, initialement incolore se colore en jaune : elle ne contient que du rouge de méthyle.

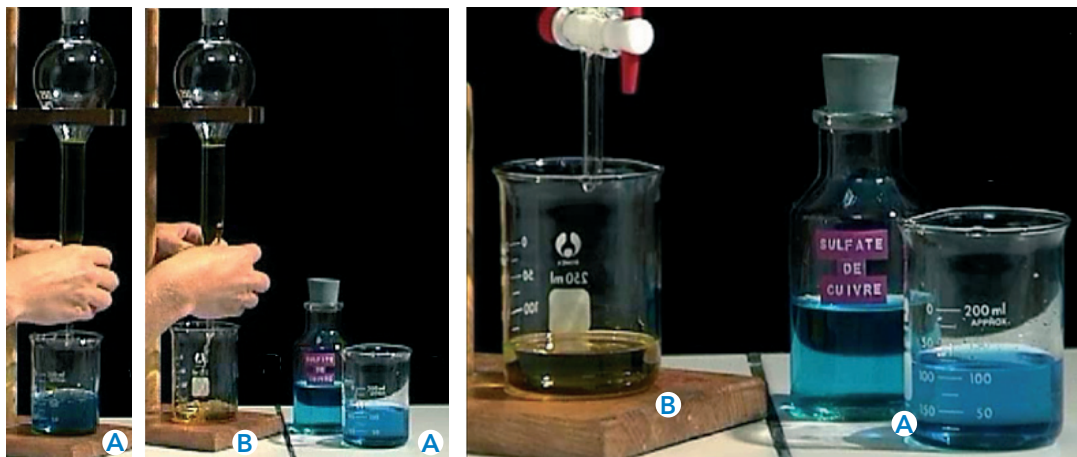
La phase aqueuse inférieure, initialement violette, est colorée en bleu foncé : elle contient tout le sulfate de cuivre (II) et très peu de rouge de méthyle.



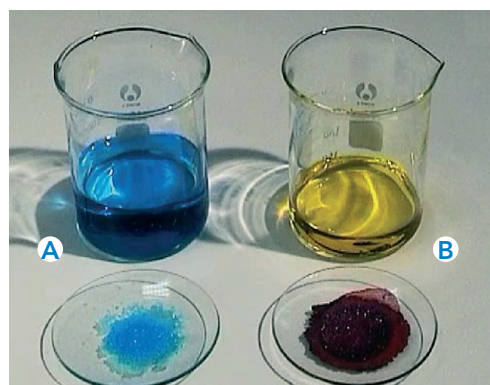
La phase organique supérieure est jaune pâle : elle contient peu de rouge de méthyle. Il restait donc peu de rouge de méthyle à extraire de la phase aqueuse.

La phase aqueuse inférieure est bleu clair : elle ne contient plus de rouge de méthyle.

5



3 Pour obtenir le sulfate de cuivre (II) et le rouge de méthyle à l'état solide, il faut évaporer les deux solvants eau et cyclohexane.

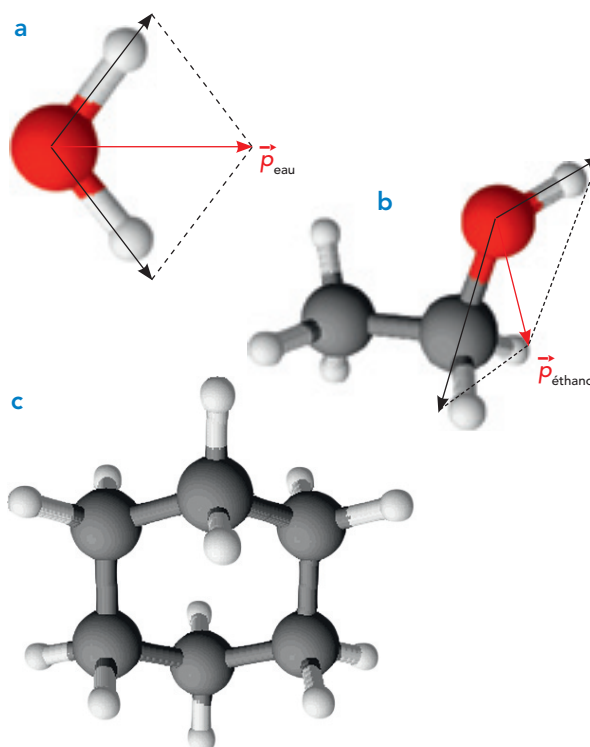


B Comprendre les séparations réalisées

4 Les liaisons O – H de la molécule d'eau sont fortement polarisées. La molécule d'eau étant coudée, elle possède un moment dipolaire non nul. La molécule d'eau est donc polaire (a).

Dans la molécule d'éthanol, seules les liaisons C – O et O – H sont fortement polarisées. La molécule ne présentant pas de symétrie, elle possède un moment dipolaire non nul, elle est polaire (b).

Les liaisons C – C du cyclohexane ne sont pas polarisées et les liaisons C – H sont faiblement polarisées. Par ailleurs, la molécule est symétrique. Le cyclohexane est donc un solvant apolaire (c).



5 L'eau et l'éthanol sont toutes les deux des molécules polaires. Des liaisons de Van der Waals et des liaisons hydrogène s'établissent entre les deux molécules. Cela explique que l'eau et l'éthanol soient totalement miscibles.

6 On peut supposer qu'une molécule peu polaire ou apolaire est soluble dans un solvant apolaire.

7 Des interactions électriques s'établissent entre les ions du solide ionique et l'eau, solvant polaire. Cela explique la grande solubilité du sulfate de cuivre dans l'eau.

L'absence de ces interactions avec le solvant apolaire cyclohexane explique l'insolubilité du sulfate de cuivre dans ce solvant.

8 Le rouge de méthyle est peu soluble dans l'eau, mais très soluble dans le cyclohexane. Par ailleurs, le

cyclohexane n'est pas miscible à l'eau. Cela justifie le choix de ce solvant pour l'extraction du rouge de méthyle de la solution aqueuse S.

9 Pour réaliser la dissolution d'espèces polaires, le solvant doit être polaire.

Pour réaliser la dissolution d'espèces non polaires, le solvant doit être apolaire.

Pour réaliser la dissolution d'espèces ioniques, le solvant doit être polaire.

Exercices (p. 177-184)

QCM

1 1. A et C; 2. B et C; 3. A et C; **2** 1. A, B et C; 2. A; **3** 1. A et C; 2. B et C; **4** 1. C; 2. A et C; 3. A; 4. C.

Application immédiate

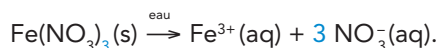
5 1. Les électronégativités des éléments bore et hydrogène étant différentes (2,0 et 2,2), les liaisons B—H sont polarisées (faiblement).

La molécule de borane BH_3 a une géométrie plane et présente une symétrie autour de l'atome de bore B, elle est apolaire.

2. L'eau est un solvant polaire. Les composés moléculaires apolaires sont généralement peu ou pas solubles dans les solvants polaires.

Le borane est donc faiblement soluble dans l'eau.

6 1. L'équation de dissolution s'écrit :



2. La concentration molaire C de la solution en sulfate d'aluminium apporté est le quotient :

$$C = \frac{n(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3)}{V_{\text{sol}}} = \frac{m(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3)}{M(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3) \cdot V_{\text{sol}}}$$

$$\text{soit } C = \frac{12,1}{241,8 \times 250 \times 10^{-3}} = 2,00 \times 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

3. Voir le tableau en fin du chapitre, p. 74.

Les concentrations molaires effectives des ions sont :

$$[\text{Fe}^{3+}] = \frac{x_{\text{max}}}{V_{\text{sol}}} = \frac{n}{V_{\text{sol}}} = C \quad \text{soit} \quad [\text{Fe}^{3+}] = 2,00 \times 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1};$$

$$[\text{NO}_3^{-}] = \frac{3x_{\text{max}}}{V_{\text{sol}}} = \frac{3n}{V_{\text{sol}}} = 3C \quad \text{soit} \quad [\text{NO}_3^{-}] = 6,00 \times 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}.$$

Pour commencer

7 Justifier la polarité d'un solvant

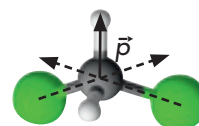
Les liaisons N—H de la molécule d'ammoniac NH_3 sont polarisées. La molécule d'ammoniac n'est pas plane, mais présente une géométrie pyramidale autour de l'atome d'azote. L'ammoniac liquide est donc un solvant polaire.

8 Prévoir si le solvant pentane est polaire

La molécule de pentane C_5H_{12} est constituée d'atomes de carbone et d'hydrogène dont les liaisons sont très faiblement polarisées. Le pentane liquide est donc un solvant apolaire.

9 Identifier un solvant polaire ou apolaire

La molécule de toluène est constituée d'atomes de carbone et d'hydrogène dont les liaisons sont très faiblement polarisées. Le toluène est un solvant apolaire.



La molécule de dichlorométhane possède deux liaisons C—H très faiblement polarisées et deux liaisons C—Cl polarisées.

La molécule a une géométrie tétraédrique autour de l'atome de carbone. Ayant un moment dipolaire $\vec{p}$ non nul, le dichlorométhane est une molécule polaire.

Le solvant dichlorométhane est donc un solvant polaire.

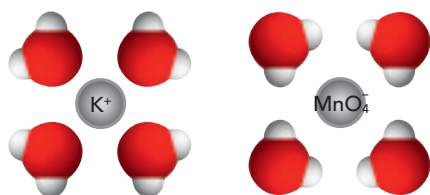
10 Expliquer la dissolution d'un solide ionique dans l'eau

1. Les trois étapes de la dissolution d'un solide ionique dans l'eau sont :

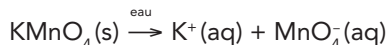
- la dissociation des ions;
- l'hydratation des ions;
- la dispersion des ions.

2. Les ions $K^+(aq)$ et $MnO_4^-(aq)$ sont hydratés, car ils sont entourés de molécules d'eau.

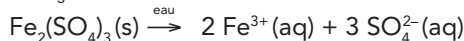
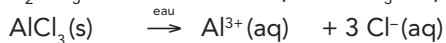
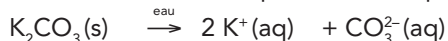
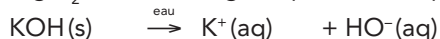
3. Schématisation de l'hydratation des ions :



4. Équation de dissolution :



11 Écrire des équations de dissolution



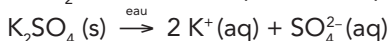
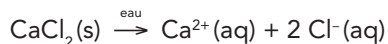
12 Étudier des solides ioniques

1. Le chlorure de calcium $CaCl_2(s)$ contient les ions calcium $Ca^{2+}(aq)$ et les ions chlorure $Cl^-(aq)$. Le sulfate de potassium $K_2SO_4(s)$ contient les ions potassium $K^+(aq)$ et les ions sulfate $SO_4^{2-}(aq)$.

2. Les solutions étant non saturées, les solides sont complètement dissous. La solution de chlorure de calcium contient les ions $Ca^{2+}(aq)$ et $Cl^-(aq)$. La solution de sulfate de potassium contient les ions $K^+(aq)$ et $SO_4^{2-}(aq)$.

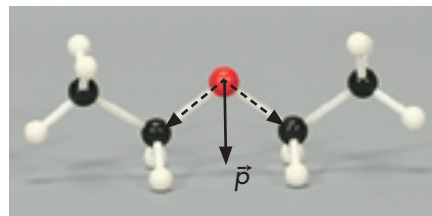
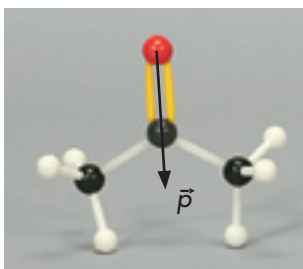
3. On dit que les ions sont hydratés car, en solution aqueuse, ils sont entourés de molécules d'eau.

4. Équation de dissolution :



13 Expliquer la dissolution de l'acétone dans l'éther

1. Seule la liaison $C=O$ de la molécule d'acétone est polarisée (les liaisons $C-C$ sont non polarisées et les liaisons $C-H$ sont très faiblement polarisées). La molécule d'acétone ayant un moment dipolaire non nul, l'acétone est donc un solvant polaire. De même, seules les liaisons $C-O$ de la molécule d'éthoxyéthane sont polarisées. La molécule d'éthoxyéthane possède un moment dipolaire non nul : l'éthoxyéthane est donc un solvant polaire.



2. L'acétone et l'éthoxyéthane sont miscibles en toutes proportions, car les deux molécules sont polaires.

3. L'interaction responsable de cette miscibilité est l'interaction de Van der Waals.

14 Comprendre la dissolution de l'acide méthanoïque dans l'eau

1. Les liaisons $C=O$, $C-O$ et $O-H$ sont polarisées. La liaison $C-H$ est faiblement polarisée. La molécule ne présentant pas de symétrie particulière, elle possède donc un moment dipolaire non nul : l'acide méthanoïque est une molécule polaire.

2. L'eau est un solvant polaire. L'acide méthanoïque étant un composé moléculaire polaire, l'eau et l'acide méthanoïque sont miscibles en toutes proportions.

3. Les interactions responsables de cette miscibilité sont les interactions de Van der Waals et les liaisons hydrogène entre les molécules d'eau et d'acide méthanoïque.

15 Étudier la solubilité du diiode

1. Le diiode I_2 est un composé moléculaire apolaire. Il est donc faiblement soluble dans l'eau, solvant polaire.

2. La molécule de cyclohexane C_6H_{12} , étant symétrique, est apolaire ; le cyclohexane est un solvant apolaire.

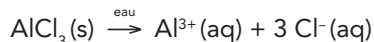
3. La nette coloration du cyclohexane et la décoloration de la solution orangée montrent que le diiode est plus soluble dans le cyclohexane que dans l'eau. Cela était prévisible, car les composés moléculaires apolaires, comme le diiode I_2 , sont plus solubles dans les solvants apolaires que dans les solvants polaires.

16 Calculer des concentrations molaires effectives

$$1. C(AlCl_3) = \frac{n}{V_{\text{sol}}} = C$$

$$\text{soit } C = \frac{5,00 \times 10^{-3}}{200 \times 10^{-3}} = 2,50 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot L^{-1}.$$

2. Équation de dissolution :



3. Voir le tableau en fin de chapitre, p. 74.

La solution est supposée non saturée ; tout le solide est dissous dans l'état final : $5,00 - x_{\text{max}} = 0$

$$\text{soit } x_{\text{max}} = 5,00 \text{ mmol} = 5,00 \times 10^{-3} \text{ mol}.$$

Les concentrations molaires effectives des ions sont :

$$[Al^{3+}] = \frac{x_{\text{max}}}{V_{\text{sol}}} = \frac{n}{V_{\text{sol}}} = C$$

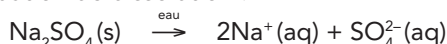
$$\text{soit } [Al^{3+}] = 2,50 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot L^{-1}.$$

$$[Cl^-] = \frac{3 x_{\text{max}}}{V_{\text{sol}}} = \frac{3 n}{V_{\text{sol}}} = 3 C$$

$$\text{soit } [Cl^-] = 7,50 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot L^{-1}.$$

17 Distinguer concentration molaire apportée et concentration effective

1. Équation de dissolution :



2. Voir le tableau en fin de chapitre, p. 74.

Concentration effective en ions sodium et sulfate :

$$[\text{Na}^+] = \frac{2x_{\text{max}}}{V_{\text{sol}}} = 0,020 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1};$$

$$[\text{SO}_4^{2-}] = \frac{x_{\text{max}}}{V_{\text{sol}}} = \frac{[\text{Na}^+]}{2},$$

donc $[\text{SO}_4^{2-}] = 0,010 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

3. Concentration molaire C de la solution en soluté apporté :

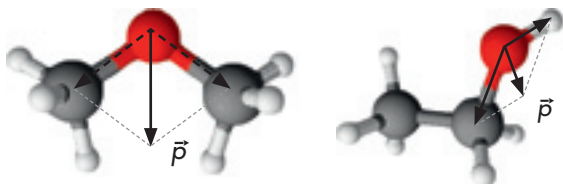
$$C = \frac{n}{V_{\text{sol}}} = \frac{x_{\text{max}}}{V_{\text{sol}}}, \text{ soit } C = 0,010 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}.$$

Pour s'entraîner

18 Solubilité de molécules isomères

1. Deux molécules sont isomères si elles ont même formule brute mais des enchaînements d'atomes différents.

2. Les liaisons C—O et O—H sont polarisées. Les liaisons C—H sont faiblement polarisées. Ainsi, les deux molécules ont un moment dipolaire non nul : elles sont donc polaires.



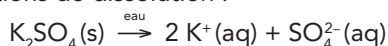
Or des molécules polaires sont solubles dans un solvant polaire. Le bromoéthane étant un solvant polaire, le méthoxyméthane et l'éthanol y sont solubles.

3. L'eau est un solvant polaire. Des liaisons hydrogène, en plus des interactions de Van der Waals, peuvent s'établir entre l'éthanol et l'eau. En revanche, seules des interactions de Van der Waals s'établissent entre le méthoxyméthane et l'eau (les atomes d'hydrogène du méthoxyméthane sont liés à des atomes de carbone et donc la liaison est trop faiblement polarisée).

C'est la raison pour laquelle l'eau et l'éthanol sont solubles en toutes proportions alors que le méthoxyméthane n'est soluble qu'à $71 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ dans l'eau.

19 Concentration molaires effectives

1. Équations de dissolution :



2. Pour la solution S_1 , voir le tableau en fin de chapitre, p. 75.

$$[\text{K}^+] = \frac{2x_{\text{max}}}{V_{\text{sol}}} = \frac{2n_0}{V_{\text{sol}}} = \frac{2C_0}{V_{\text{sol}}} = 2C_0$$

$$C_0 = \frac{[\text{K}^+]}{2}, \text{ soit } C_0 = \frac{0,60}{2} = 0,30 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

► Pour la solution S_2 , voir le tableau en fin de chapitre, p. 75.

$$[\text{K}^+] = \frac{3x_{\text{max}}}{V_{\text{sol}}} = \frac{3n_1}{V_{\text{sol}}} = \frac{3C_1 \cdot V_{\text{sol}}}{V_{\text{sol}}} = 3C_1$$

$$C_1 = \frac{[\text{K}^+]}{3}, \text{ soit } C_1 = \frac{0,60}{3} = 0,20 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

3. Les tableaux d'avancement donnent les relations suivantes :

$$[\text{SO}_4^{2-}] = \frac{x_{\text{max}}}{V_{\text{sol}}} = \frac{n_0}{V_{\text{sol}}} = C_0$$

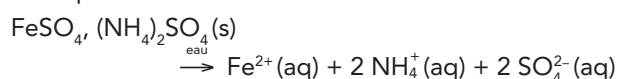
$$\text{soit } [\text{SO}_4^{2-}] = 0,30 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$[\text{PO}_4^{3-}] = \frac{x_{\text{max}}}{V_{\text{sol}}} = \frac{n_1}{V_{\text{sol}}} = C_1$$

$$\text{soit } [\text{PO}_4^{3-}] = 0,20 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

20 À chacun son rythme

1. Équation de dissolution du sel de Mohr :



2. Compte tenu des nombres stœchiométriques dans l'équation de dissolution, la concentration molaire C en sel de Mohr apporté est :

$$C = [\text{Fe}^{2+}] = 0,20 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

3. La quantité n de sel de Mohr est alors :

$$n = C \cdot V_{\text{sol}}$$

$$\text{soit } n = 0,20 \times 250 \times 10^{-3} = 5,0 \times 10^{-2} \text{ mol}.$$

4. La masse m de sel de Mohr à peser est :

$$m = n \cdot M$$

$$\text{avec } M = M(\text{FeSO}_4, (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4, 6\text{H}_2\text{O})$$

$$= M(\text{Fe}) + 2M(\text{S}) + 14M(\text{O}) + 2M(\text{N}) + 20M(\text{H})$$

$$= 55,8 + 2 \times 32,1 + 14 \times 16,0 + 2 \times 14,0 + 20 \times 1,0$$

$$= 392 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\text{soit } m = 5,0 \times 10^{-2} \times 392 = 19,6 \text{ g}$$

21 Proposer un énoncé et son corrigé

1. Énoncé possible :

« On souhaite préparer une solution aqueuse d'ions fer (III) $\text{Fe}^{3+}(\text{aq})$ de concentration en solution $[\text{Fe}^{3+}] = 0,050 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ et de volume $V_{\text{sol}} = 200,0 \text{ mL}$, par dissolution de sulfate de fer (III) solide $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3(\text{s})$.

a. Écrire l'équation de dissolution du sulfate de fer (III) $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3(\text{s})$ dans l'eau.

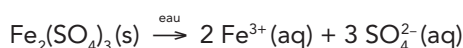
b. Quelle masse de soluté faut-il peser ?

c. Rédiger un protocole expérimental permettant de préparer cette solution.

Donnée : $M(\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3) = 399,9 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

2. Corrigé correspondant :

a. Équation de dissolution :



b. Voir le tableau en fin de chapitre, p. 75.

$$[\text{Fe}^{2+}] = \frac{2 \times x_{\text{max}}}{V_{\text{sol}}} = \frac{2 n_0}{V_{\text{sol}}} = \frac{3 C_0 \cdot V_{\text{sol}}}{V_{\text{sol}}} = 2C$$

La concentration molaire en sulfate de fer (III) apporté est donc :

$$C = \frac{[\text{Fe}^{3+}]}{2}, \text{ soit } C = \frac{0,050}{2} = 0,025 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$C = 2,5 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

La quantité de sulfate de fer (III) correspondante est :

$$n = C \cdot V_{\text{sol}} = 2,5 \times 10^{-2} \times 200 \times 10^{-3}$$

$$n = 5,00 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

La masse m de soluté à peser est donc :

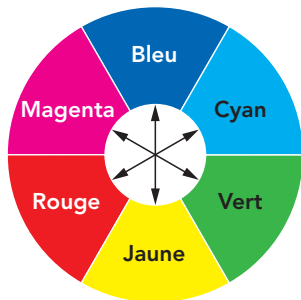
$$m = n \cdot M(\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3) = 5,00 \times 10^{-3} \times 399,9$$

$$m = 2,0 \text{ g}$$

Pour aller plus loin

22 Un médicament contre l'anémie

A. 1. Les solutions ont une coloration rouge. Elles absorbent principalement dans la couleur complémentaire au rouge, c'est-à-dire dans le cyan d'après le cercle chromatique simplifié (voir ci-contre). Le spectrophotomètre doit donc être réglé sur la longueur d'onde $\lambda_{\text{max}} = 500 \text{ nm}$ correspondant au cyan.



2. Pour faire réagir tous les ions fer (II), la solution d'o-phénantroline doit être introduite en excès.

3. Le graphe est une droite passant par l'origine donc :

$$A = k \cdot t$$

où k est le coefficient directeur de la droite.

Entre les points (0 ; 0) et (10 ; 1,8), on a :

$$k = \frac{1,8 - 0}{10 - 0} = 0,18 \text{ L} \cdot \text{mg}^{-1}$$

donc :

$$A = 0,18 \times t$$

avec A sans unité et t en $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$.

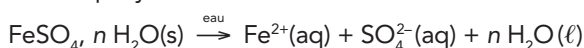
B. 4. Si $A' = 1,45$, alors $t'_0 = \frac{A}{0,18} = \frac{1,45}{0,18} = 8,1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$.

La solution S_0 étant dix fois plus concentrée que la solution S'_0 (facteur de dilution $F = \frac{50,0}{5,0} = 10$), on a :

$$t_0 = 10 \times t'_0 = 81 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$$

5. Le comprimé ayant été dissous dans une fiole jaugée de volume 1 000 mL, la masse d'ion fer (II) contenue dans le comprimé est, d'après t_0 , **81 mg**.

6. L'équation traduisant la dissolution du sulfate ferreux sesquihydraté est :



D'après les nombres stœchiométriques de l'équation de dissolution :

$$n(\text{Fe}^{2+}) = n_{\text{solide S}} \text{ donc } \frac{m(\text{Fe}^{2+})}{M(\text{Fe}^{2+})} = \frac{m_s}{M_s}$$

$$M_s = \frac{m_s \cdot M(\text{Fe}^{2+})}{m(\text{Fe}^{2+})} = M(\text{FeSO}_4) + n M(\text{H}_2\text{O})$$

En isolant le terme n de l'équation précédente et en laissant les masses en mg, on a :

$$n = \frac{\frac{m_s \cdot M(\text{Fe}^{2+})}{m(\text{Fe}^{2+})} - M(\text{FeSO}_4)}{M(\text{H}_2\text{O})} = \frac{\frac{256,30 \times 55,8}{80} - 151,9}{18} \approx 1,49$$

soit

$$n \approx 1,5$$

23 Analyse de l'étiquette d'une eau minérale

1. Ions apparaissant dans l'ordre sur l'étiquette :

Cations : Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ .

Anions : SO_4^{2-} , HCO_3^- , Cl^- , NO_3^- .

2. Les concentrations molaires C sont calculées à partir des concentrations massiques t :

$$C = \frac{t}{M}$$

En laissant t en $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$, C s'exprime en $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Les quantités d'ions en mmol sont calculées avec la relation $n = C \cdot V_{\text{sol}}$ avec $V_{\text{sol}} = 1,00 \text{ L}$ et C en $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Voir le tableau en fin de chapitre, p. 75.

3. La charge Q^+ , exprimée en mC, portées par tous les cations est :

$$Q^+ = e \times (2 n(\text{Ca}^{2+}) + 2 n(\text{Mg}^{2+}) + n(\text{Na}^+) + n(\text{K}^+))$$

$$Q^+ = e \times (2 \times 12,11 + 2 \times 3,46 + 0,40 + 0,08)$$

$$Q^+ = 31,6 \text{ e.}$$

La charge Q^- , exprimée en mC, portées par tous les anions est :

$$Q^- = -e \times (2 n(\text{SO}_4^{2-}) + n(\text{HCO}_3^-) + n(\text{Cl}^-) + n(\text{NO}_3^-))$$

$$Q^- = -e \times (2 \times 12,35 + 6,61 + 0,28 + 0,04)$$

$$Q^- = -31,6 \text{ e.}$$

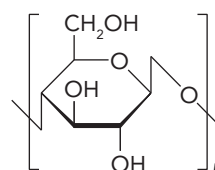
4. Aux arrondis près : $Q^+ = -Q^-$

5. Il n'y a pas d'écart entre Q^+ et Q^- avec les chiffres significatifs à disposition.

24 Les alginate : des épaississants aux absorbants

1. Polysaccharides : ce sont des polymères formés d'un certain nombre d'oses (ou monosaccharides) liés entre eux et de formule générale : $-\text{[C}_x(\text{H}_2\text{O})_y\text{]}_n-$

Exemple : la cellulose



2. Codes européens :

Alginate de sodium : E401

Alginate de potassium : E402.

Aliments contenant des alginates (selon le rôle des alginates) :

- réducteur de cristaux : glaces, crèmes glacées et sorbets, etc. ;
- gélifiant, épaississant : nappages pâtisseries, entremets, crèmes fouettées, mousses, produits restructurés à base de fruits, légumes, viandes, poissons, etc. ;
- stabilisant : mayonnaises, vinaigrettes, ketchup, etc.

3. L'alginate de sodium est très soluble dans l'eau, car il possède des groupes hydroxyle qui peuvent établir des liaisons hydrogène avec les molécules d'eau.

4. L'ion calcium a une charge électrique égale à $+2e$: il peut se lier à deux groupes carboxylate COO^- appartenant à deux chaînes différentes et ainsi former des ponts entre des chaînes différentes, ce que ne permet pas de faire l'ion sodium Na^+ .

5. La solution « devient plus visqueuse » signifie qu'elle coule moins, car elle est gélifiée.

6. Les molécules d'eau sont emprisonnées entre les différentes chaînes, ce qui forme un gel.

7. Une plaie exsudative est une plaie d'où s'écoule un exsudat, c'est-à-dire un liquide produit au cours d'un phénomène inflammatoire.

8. Les fibres d'alginate du pansement absorbent les liquides et donc les exsudats qui d'échappent de la plaie.

Complément

Ces pansements ont une capacité d'absorption très grande; ils maintiennent la plaie en milieu humide, ce qui favorise la cicatrisation tout en retenant les bactéries. Le gel n'adhère pas à la peau et donc se retire plus facilement.

25 Food additives

Traduction du texte et des questions :

« Les carraghénanes sont des additifs alimentaires : ils ont une échelle de propriétés de gélifiant et d'émulsifiant, allant de la substance légèrement visqueuse au gel friable sur lequel on pourrait presque marcher. [...] Ils ont aussi une réactivité élevée avec un ensemble de matières incluant, ce qui est plus important, les protéines du lait, ils sont largement utilisés à faible concentration dans les produits laitiers pour éviter le fractionnement des constituants du lait.

En fait, l'utilisation principale se trouve dans le chocolat au lait, une boisson très populaire bue quotidiennement aux États-Unis et maintenant répandue ailleurs. Les carraghénanes sont aussi très efficaces pour garder le chocolat en suspension. Les polysaccharides d'algues sont tellement envahissants maintenant qu'il est très probable que vous avez mangé des carraghénanes ou une autre substance issue d'algues dans plus d'un produit lors des dernières 24 heures.

1. De quelles algues sont extraits les carraghénanes?
2. Les carraghénanes sont des additifs alimentaires. Rechercher leur code européen.
3. Quel est le rôle des carraghénanes dans les produits laitiers?
4. Les carraghénanes ont besoin de calcium pour réagir. Expliquer pourquoi ils sont essentiellement utilisés avec le lait.

5. Le carraghénane est un polysaccharide avec la structure de base du sucre galactose. Trouver la formule chimique du galactose. Qu'est-ce qu'un polysaccharide?

6. Êtes-vous surpris par la dernière phrase? Pourquoi? »

Réponses aux questions :

1. Les carraghénanes sont extraits des algues rouges.

2. Le code européen des carraghénanes est E407.

3. Dans les produits laitiers, les carraghénanes permettent de conserver une structure homogène en empêchant la séparation des différents constituants.

4. Le lait étant très riche en calcium, les carraghénanes seront donc très efficaces dans les produits contenant du lait.

5. Le galactose a pour formule brute $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$.

Un polysaccharide est un polymère dont le monomère est un ose (voir exercice 24).

6. Poser la question aux élèves et discuter avec eux en fonction de leurs réponses.

Retour sur l'ouverture du chapitre

26 Les molécules tensio-actives

1. **Hydrophile** : qui aime l'eau.

Hydrophobe : qui n'aime pas l'eau.

Lipophile : qui aime la graisse.

2. La longue chaîne est apolaire, car elle n'est constituée que d'atomes de carbone et d'hydrogène.

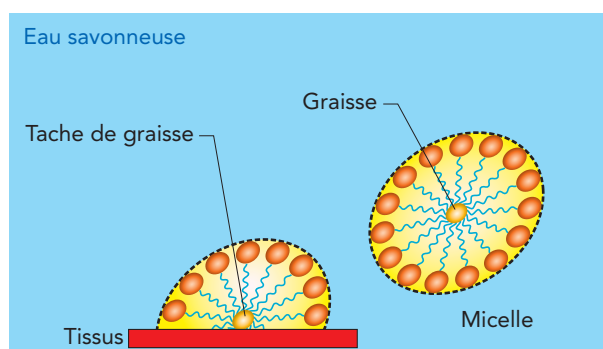
3. La tête de la molécule étant polaire, elle s'entoure de molécules d'eau.

4. La tête polaire de la molécule tensio-active est en contact avec l'eau (tête hydrophile).

La longue chaîne apolaire est en contact avec la graisse (extrémité lipophile).

5. L'extrémité lipophile des molécules tensio-actives pénètre dans la tache de graisse tandis que la tête hydrophile reste dans la solution d'eau savonneuse.

L'action mécanique du lavage permet de détacher les taches de gras du tissu et de constituer des micelles. Les micelles sont ensuite évacuées dans les eaux de lavage.



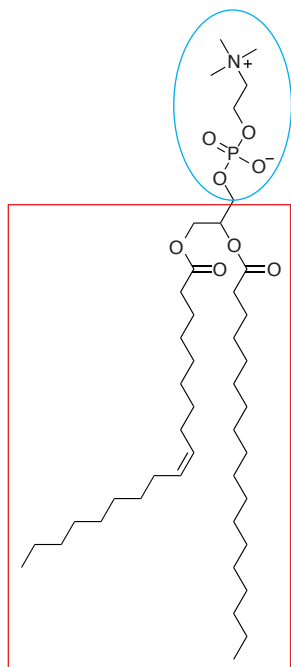
6. Exemples de produits alimentaires contenant des lécithines de soja : les margarines, les chocolats (les lécithines sont moins chères que le beurre de cacao), boulangerie et biscuiterie, confiserie, alimentation animale, etc.

7. Les lécithines de soja sont essentiellement utilisées comme émulsifiants, c'est-à-dire qu'elles améliorent la stabilité de préparations alimentaires faisant intervenir des substances non miscibles (ex : eau et huile).

8. Exemple de formule d'une lécithine : voir ci-contre.

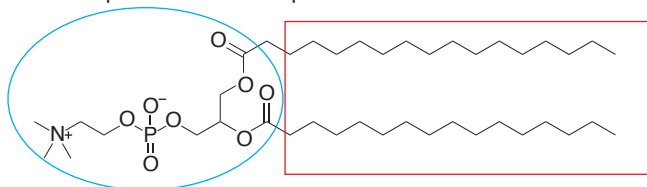
Son caractère tensio-actif est dû à la présence de deux longues chaînes carbonées apolaires et d'une tête polaire.

9. Le surfactant pulmonaire est une substance tensio-active sécrétée dans les alvéoles pulmonaires. Il permet de réduire la tension superficielle entre la fine couche de liquide se trouvant à la surface des alvéoles pulmonaires et l'air. Ceci facilite l'expansion des alvéoles à l'inspiration et les maintient ouvertes pendant l'expiration.



De plus, le surfactant pulmonaire intervient dans la perméabilité alvéolaire et dans les mécanismes de défense contre les microorganismes.

10. La DPPC est une molécule tensio-active, car elle comporte une double longue chaîne carbonée (caractère lipophile) et une tête contenant des liaisons fortement polarisées donc polaire :



C'est donc une molécule tensio-active.

Exercice 6, question 3.

Équation de dissolution		$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3(\text{s}) \xrightarrow{\text{eau}} \text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + 3 \text{NO}_3^-(\text{aq})$		
État du système	Avancement	$n(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3)$	$n(\text{Fe}^{3+})$	$n(\text{NO}_3^-)$
Quantités apportées dans l'état initial	$x = 0$	n	0	0
Quantités en solution dans l'état final	x_{max}	$n - x_{\text{max}} = 0$	x_{max}	$3 x_{\text{max}}$

Exercice 16, question 3.

Équation de dissolution		$\text{AlCl}_3(\text{s}) \xrightarrow{\text{eau}} \text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 3 \text{Cl}^-(\text{aq})$		
État du système	Avancement (mmol)	$n(\text{AlCl}_3)$	$n(\text{Al}^{3+})$	$n(\text{Cl}^-)$
État initial	$x = 0$	5,00	0	0
État final	x_{max}	$5,00 - x_{\text{max}} = 0$	x_{max}	$3 x_{\text{max}}$

Exercice 17, question 2.

Équation de dissolution		$\text{Na}_2\text{SO}_4(\text{s}) \xrightarrow{\text{eau}} 2 \text{Na}^+(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$		
État du système	Avancement (mmol)	$n(\text{Na}_2\text{SO}_4)$	$n(\text{Na}^+)$	$n(\text{SO}_4^{2-})$
État initial	$x = 0$	n	0	0
État final	x_{max}	$n - x_{\text{max}} = 0$	$2 x_{\text{max}}$	x_{max}

Exercice 19, question 2, solution S₁.

Équation de dissolution		$\text{K}_2\text{SO}_4(\text{s}) \xrightarrow{\text{eau}} 2 \text{K}^+(\text{aq}) + \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$		
État du système	Avancement (mmol)	$n(\text{K}_2\text{SO}_4)$	$n(\text{K}^+)$	$n(\text{SO}_4^{2-})$
État initial	$x = 0$	$n_0 = C_0 \cdot V_{\text{sol}}$	0	0
État final	x_{max}	$n_0 - x_{\text{max}} = 0$	$2 x_{\text{max}}$	x_{max}

Exercice 19, question 2, solution S₂.

Équation de dissolution		$\text{K}_3\text{PO}_4(\text{s}) \xrightarrow{\text{eau}} 3 \text{K}^+(\text{aq}) + \text{PO}_4^{3-}(\text{aq})$		
État du système	Avancement (mmol)	$n(\text{K}_3\text{PO}_4)$	$n(\text{K}^+)$	$n(\text{PO}_4^{3-})$
État initial	$x = 0$	$n_1 = C_1 \cdot V_{\text{sol}}$	0	0
État final	x_{max}	$n_1 - x_{\text{max}} = 0$	$3 x_{\text{max}}$	x_{max}

Exercice 21, question 2.b.

Équation de dissolution		$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3(\text{s}) \xrightarrow{\text{eau}} 2 \text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + 3 \text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$		
État du système	Avancement (mmol)	$n(\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3)$	$n(\text{Fe}^{3+})$	$n(\text{SO}_4^{2-})$
État initial	$x = 0$	$n_0 = C \cdot V_{\text{sol}}$	0	0
État final	x_{max}	$n_0 - x_{\text{max}} = 0$	$2 x_{\text{max}}$	$3 x_{\text{max}}$

Exercice 23, question 2.

Ion	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻
t (mg · L ⁻¹)	486	84	9,1	3,2	1187	403	10	2,7
M (g · mol ⁻¹)	40,1	24,3	23,0	39,1	96,1	61,0	35,5	62,0
C (mmol · L ⁻¹)	12,11	3,46	0,40	0,08	12,35	6,61	0,28	0,04
n (mmol)	12,11	3,46	0,40	0,08	12,35	6,61	0,28	0,04

De la structure aux propriétés, cas des alcanes et des alcools

Chapitre 11

Activités

1 Structure des alcanes (p. 186)

Manuel numérique 20
Animation :
Nomenclature
des alcanes.

Matériel et produits

– Des boîtes de modèles moléculaires. On fera remarquer aux élèves qu'elles contiennent différents types d'atomes de carbone. On en extraira tous les atomes de carbone tétraonaux;

– le logiciel ChemSketch et le logiciel 3D Viewer, distribués gratuitement par la firme ACD à l'adresse suivante : <http://www.acdlabs.com/download/> (adresse valable début 2011).

1 et 2

Formule brute	Formule semi-développée	Formule topologique	Nom des alcanes	Nature de la chaîne
CH ₄	CH ₄	•	Méthane	Linéaire
C ₂ H ₆	CH ₃ –CH ₃	—	Éthane	Linéaire
C ₃ H ₈	CH ₃ –CH ₂ –CH ₃		Propane	Linéaire
C ₄ H ₁₀	CH ₃ –CH ₂ –CH ₂ –CH ₃		Butane	Linéaire
	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$		Méthylpropane	Ramifiée
C ₅ H ₁₂	CH ₃ –CH ₂ –CH ₂ –CH ₂ –CH ₃		Pentane	Linéaire
	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$		Méthylbutane	Ramifiée
	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$		Diméthylpropane	Ramifiée

3 La formule brute des alcanes est C_nH_{2n+2}.

2 Structure de quelques alcools (p. 186)

Manuel numérique 20
Animation :
Nomenclature
des alcools.

Matériel et produits

– Des boîtes de modèles moléculaires. On fera remarquer aux élèves qu'elles contiennent différents types d'atomes de carbone. On en extraira tous les atomes de carbone tétraonaux;

– le logiciel ChemSketch et le logiciel 3D Viewer, distribués gratuitement par la firme ACD à l'adresse suivante : <http://www.acdlabs.com/download/> (adresse valable début 2011).

Formule brute	Formule semi-développée	Formule topologique	Nom des alcools
CH ₄ O	H ₃ C – OH	—OH	Méthanol
C ₂ H ₆ O	CH ₃ – CH ₂ – OH		Éthanol
C ₃ H ₈ O	CH ₃ – CH ₂ – CH ₂ – OH		Propan-1-ol
	CH ₃ – CH – CH ₃ OH		Propan-2-ol
C ₄ H ₁₀ O	CH ₃ – CH ₂ – CH ₂ – CH ₂ – OH		Butan-1-ol
	CH ₃ – CH ₂ – CH – CH ₃ OH		Butan-2-ol
	CH ₃ – CH – CH ₂ – OH CH ₃		Méthylpropan-1-ol
	OH CH ₃ – C – CH ₃ CH ₃		Méthylpropan-2-ol

4 Un alcool, dont la structure dérive de celle d'un alcane, est l'espèce chimique obtenue en substituant l'un (quelconque) des atomes d'hydrogène de cet alcane par un groupe hydroxyle OH.

La formule générale d'un tel alcool à chaîne carbonée saturée acyclique est C_nH_{2n+1} – OH.

Remarque

Plus généralement, un alcool est un composé organique dans lequel un groupe hydroxyle OH est fixé sur un atome de carbone tétraédrique.

3 Distillation des alcanes (p. 187)

Matériel et produits

- Un montage à distiller : deux supports métalliques avec pinces et noix, un élévateur à croisillons en position haute, un chauffe-ballon, de la pierre ponce, un ballon à fond rond, une colonne de Vigreux, une tête de colonne, un thermomètre, un condenseur à eau, une allonge coudée, un erlenmeyer ;
- une éprouvette graduée de 50 mL ;
- du pentane C₅H₁₂ ;
- de l'heptane C₇H₁₆.

Remarques :

Les deux alcanes choisis ont des températures d'ébullition nettement différentes, ne forment pas d'azéotrope et ne présentent pas de risques particuliers s'ils sont manipulés en respectant les consignes de sécurité indiquées par leurs pictogrammes. Ne pas utiliser l'hexane, qui est neurotoxique.

1 Lorsque la température en haut de colonne atteint 36 °C, le pentane distille et la température reste sensiblement constante tant qu'il reste du pentane dans le mélange. Lorsque la température croît, on peut considérer que les deux alcanes ont été séparés.

2 Voir fiche n° 5B, p. 358 du manuel.

3 Une distillation fractionnée est une opération qui permet de séparer les constituants d'un mélange de liquides miscibles ayant des températures d'ébullition nettement différentes.

4 Miscibilité des alcools avec l'eau (p. 187)

Matériel et produits

- Des tubes à essais munis de bouchon dans leur portoir ;
- une éprouvette graduée de 10 mL ;
- une pipette Pasteur de 1 mL ;
- de l'éthanol ;
- du propan-1-ol ;
- du butan-1-ol ;
- de l'hexan-1-ol ;
- de l'eau distillée.

1 Un mélange est homogène lorsqu'il n'est pas possible d'en distinguer les constituants à l'œil nu.

2 éthanol : $\text{CH}_3\text{--CH}_2\text{--OH}$

propan-1-ol : $\text{CH}_3\text{--CH}_2\text{--CH}_2\text{--OH}$

butan-1-ol : $\text{CH}_3\text{--CH}_2\text{--CH}_2\text{--CH}_2\text{--OH}$

hexan-1-ol : $\text{CH}_3\text{--CH}_2\text{--CH}_2\text{--CH}_2\text{--CH}_2\text{--CH}_2\text{--OH}$

3 a. Les principales interactions qui sont susceptibles de s'établir entre les molécules d'eau et les molécules d'alcool sont des liaisons hydrogène.

b. Voir le schéma de l'exercice résolu du chapitre 10, p. 178 du manuel.

c. Soit R--OH la formule de l'alcool. Lorsque le groupe R est peu volumineux, les molécules d'alcool peuvent s'entourer de molécules d'eau : il y a miscibilité totale de l'alcool avec l'eau.

En revanche, lorsque R a une chaîne carbonée longue, les interactions entre les molécules d'eau et celles d'alcool sont très limitées : la miscibilité est alors partielle voire nulle si la chaîne est très longue.

4 Toute molécule d'alcool R--OH comporte deux groupes :

– un groupe **hydroxyle OH**, *hydrophile* (qui aime l'eau), qui peut se lier aux molécules d'eau par liaisons hydrogène ;

– un groupe **alkyle R**, *hydrophobe* (qui fuit l'eau), qui ne peut pas se lier aux molécules d'eau.

5 La miscibilité de l'eau et des alcools à chaîne linéaire diminue lorsque la longueur de la chaîne croît.

Exercices (p. 193-200)

QCM

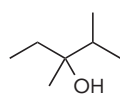
- 1** 1. A et C ; 2. A ; 3. A, B et C ; 4. A et C ; 5. C ;
2 1. B ; 2. A ; 3. B ; 4. A et C ; 5. A et C ;
6. A et B ; **3** 1. A et C ; 2. B et C.

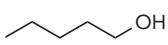
Application immédiate

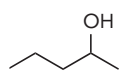
4 1. $\text{CH}_3\text{--CH}_2\text{--CH}_2\text{--CH}_3$ 
butane

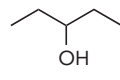
et $\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{--CH--CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$ 
méthylpropane

2. Le plus volatil est le plus ramifié, soit le méthylpropane.

5
1. $\begin{array}{c} \text{OH} \quad \text{CH}_3 \\ | \quad | \\ \text{CH}_3\text{--CH}_2\text{--C--CH--CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$ 
2,3-diméthylpentan-3-ol

2. $\text{CH}_3\text{--CH}_2\text{--CH}_2\text{--CH}_2\text{--CH}_2\text{--OH}$ 
pentan-1-ol

$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{--CH}_2\text{--CH}_2\text{--CH--CH}_3 \\ | \\ \text{OH} \end{array}$ 
pentan-2-ol

$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{--CH}_2\text{--CH--CH}_2\text{--CH}_3 \\ | \\ \text{OH} \end{array}$ 
pentan-3-ol

Pour commencer

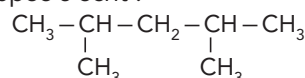
6 Connaître des définitions

- 1.** (1) ramifiée ; (2) cyclique.
2. (3) hydrocarbures.
3. (4) alcanes ; (5) tétraonaux ; (6) simples.
4. (7) cyclique ; (8) cyclanes.

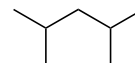
7 Décrire des hydrocarbures

Ces modèles sont ceux d'hydrocarbures, molécules ne comportant que les éléments hydrogène et carbone. Tous leurs atomes de carbone participent à quatre liaisons simples, ils sont tétraonaux.

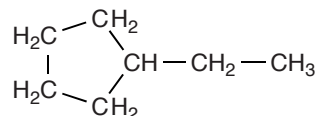
(a) de formule brute C_7H_{16} est un alcane : le 2,4-diméthylpentane. Il est acyclique et ramifié. Sa formule semi-développée s'écrit :



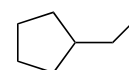
Sa formule topologique s'en déduit :



(b) de formule brute C_7H_{14} est un cyclane : l'éthylcyclopentane. Il est cyclique et ramifié. Sa formule semi-développée s'écrit :



Sa formule topologique s'en déduit :



8 Nommer des alcanes

1. méthane : CH_4
 éthane : $\text{CH}_3 - \text{CH}_3$
 propane : $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
 butane : $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
 pentane : $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
 hexane : $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$

2. a. 2,3-diméthylbutane.
 b. 3,3-diméthylpentane.
 c. 2,2-diméthylpentane.
 d. 2,4-diméthylhexane.

9 Rechercher des isomères (I)

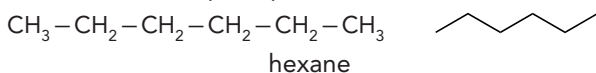
1. a. $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$
 b. $\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \end{array}$
 c. $\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_3 \\ | \quad \quad | \\ \text{CH}_3 \quad \quad \text{CH}_3 \end{array}$
 d. $\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$

2. a et d, d'une part, b et c, d'autre part, forment des couples d'isomères.

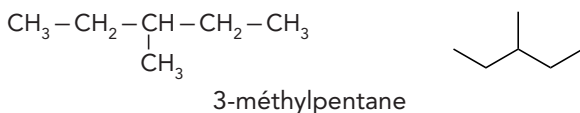
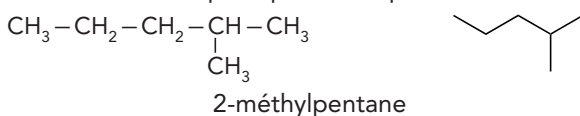
3. a et d, de formule brute C_5H_{12} , sont isomères du pentane.
 b et c, de formule brute C_7H_{16} , sont isomères de l'heptane.

10 Rechercher des isomères (II)

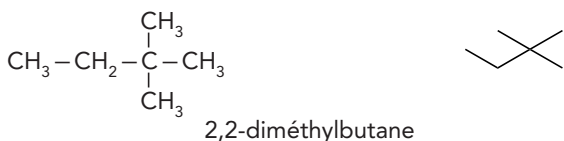
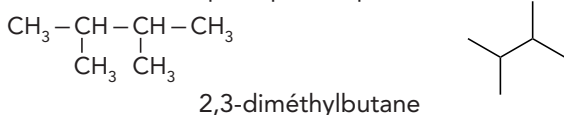
Chaîne carbonée principale à six atomes :



Chaîne carbonée principale à cinq atomes :



Chaîne carbonée principale à quatre atomes :

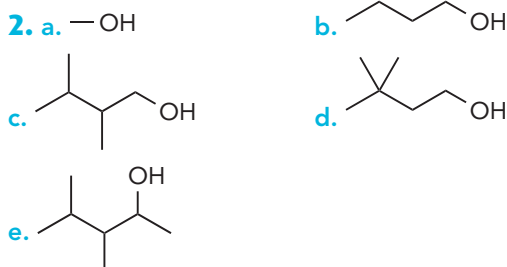


11 Reconnaître un alcool

A, C, E et F sont des alcools. (B est un phénol et D un éno.)

12 Nommer des alcools

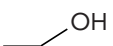
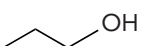
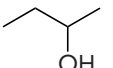
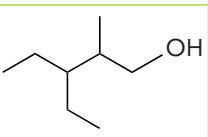
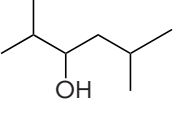
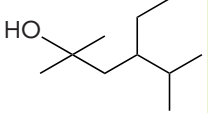
1. a. méthanol ; b. butan-1-ol ;
 c. 2,3-diméthylbutan-1-ol ; d. 3,3-diméthylbutan-1-ol ;
 e. 3,4-diméthylpentan-2-ol ;



13 Nommer un alcool à partir de son modèle

1. $\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{OH} \\ | \quad | \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array}$
 2. 2,3-diméthylbutan-1-ol.

14 Écrire des formules d'alcool

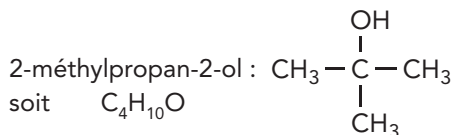
a	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH}$	
b	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$	
c	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_3 \\ \\ \text{OH} \end{array}$	
d	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{OH} \\ \quad \\ \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array}$	
e	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_3 \\ \quad \quad \\ \text{CH}_3 \quad \text{OH} \quad \text{CH}_3 \end{array}$	
f	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH} - \text{CH}_3 \\ \quad \quad \\ \text{OH} \quad \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array}$	

15 Classer des alcanes en fonction de leur température d'ébullition

1. Un alcane a une température d'ébullition d'autant plus basse que sa chaîne carbonée est ramifiée, d'où l'ordre croissant des températures d'ébullition : B, A et C.
 2. L'alcane le plus volatil est celui qui a la température d'ébullition la plus basse, c'est B.
 3. L'alcane le moins volatil est celui qui a la température d'ébullition la plus haute, c'est C.

16 Interpréter des températures d'ébullition

1. butan-1-ol : $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$
 soit $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$
 2-méthylpropan-1-ol : $\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{OH} \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$
 soit $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$



Ces trois alcools sont isomères.

2. À l'état liquide, les molécules d'alcools sont liées par des interactions de Van der Waals, mais aussi et surtout par des liaisons hydrogène.

3. Les interactions entre molécules sont d'autant plus fortes que les molécules peuvent être proches les unes des autres; aussi, plus un alcool est ramifié, plus il est volatil, d'où l'ordre des températures d'ébullition.

17 Comparer des températures d'ébullition

1. a. À l'état liquide, les molécules de pentane sont liées uniquement par des interactions de Van der Waals.

b. À l'état liquide, les molécules de pentan-1-ol sont liées par des interactions de Van der Waals mais aussi et surtout par des liaisons hydrogène.

2. Les molécules de pentane sont moins liées que celles de pentan-1-ol; elles se séparent plus facilement et le pentane est plus volatil que le pentan-1-ol.

18 Légèrer un schéma de distillation

1. chauffe-ballon; 2 : support métallique; 3 : noix de serrage et pince; 4 : thermomètre; 5 : support élévateur; 6 : ballon; 7 : colonne à distiller; 8 : erlenmeyer; 9 : réfrigérant à eau; 10 : allonge coudée.

19 Comparer des solubilités d'alcools

1. Les molécules d'eau et d'alcool sont principalement liées par liaisons hydrogène (voir le document 11, p. 191 du manuel).

Un alcool et l'eau sont d'autant plus miscibles que l'alcool a une chaîne carbonée courte.

2. A est l'heptan-1-ol; B est le méthanol et C est le butan-1-ol.

Pour s'entraîner

20 À chacun son rythme

- $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$
- $M = 14n + 2$
- $n = 5$

2. a.

$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$	Pentane
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - \text{CH}_3$	2-méthylbutane
$\text{CH}_3 - \underset{\text{CH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}} - \text{CH}_3$	2,2-diméthylpropane

b. Dans une série d'isomères, l'alcane qui bout à la température la moins élevée est le plus ramifié; c'est alors le moins volatil. D'où par ordre décroissant des températures d'ébullition : pentane; 2-méthylbutane; 2,2-diméthylpropane.

Le 2,2-diméthylpropane est le plus volatil.

21 Pourcentage atomique et formule d'alcane

1. Dans le méthane, $P(\text{C}) = \frac{1}{5} = 0,20 = 20 \%$.

2. a. $P(\text{C}) = \frac{n}{3n + 2}$

b. $n = 2 \times \frac{P(\text{C})}{1 - 3 \times P(\text{C})} = 8$, d'où la formule brute : C_8H_{18} .

22 Séparation d'alcane

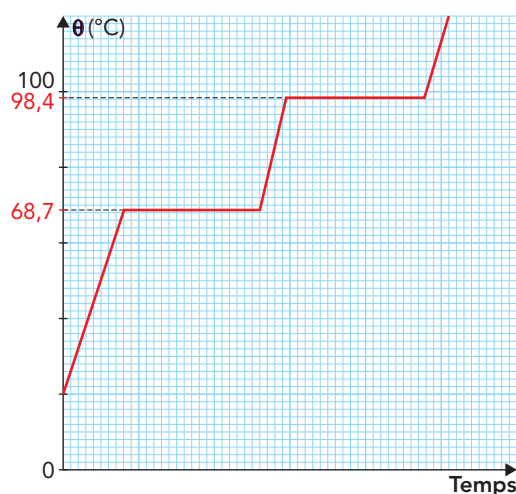
1. Le nombre d'atomes de la chaîne carbonée croît de l'hexane à l'octane, justifiant l'évolution des températures, puisque les moments dipolaires des dipôles instantanés et donc les interactions intermoléculaires sont d'autant plus intenses que les chaînes sont plus longues.

2. Voir le schéma de la fiche n° 5, p. 358 du manuel.

3. Le résidu est constitué du liquide le moins volatil, soit l'octane.

4. Il suffirait de mesurer l'indice de réfraction n de chacun des liquides recueillis.

5. Le graphe présente deux paliers de températures, l'un à 68,7 °C l'autre à 98,4 °C.



23 Corps pur ou mélange

1. Il suffit de distiller le contenu des deux flacons. Par distillation de l'alcane pur, on obtiendra un seul distillat qui sera récupéré à température constante, celle de l'ébullition de cet alcane pur.

En revanche, en distillant le mélange, on obtiendra deux distillats qui seront récupérés à deux températures différentes : celles de la distillation de chacun des alcanes.

2. Matériel nécessaire : des supports métalliques, une colonne à distiller, un support élévateur, un chauffe-ballon, de la pierre ponce, un réfrigérant à eau, un ballon monocol, une tête de colonne, un thermomètre, une allonge coudée, des noix de serrage, des pinces, un erlenmeyer.

24 Denatured alcohol

Traduction du texte et des questions :

« L'éthanol est l'alcool présent dans les boissons alcooliques et est préparé pour cela par fermentation anaérobie des glucides (tel que le glucose) issus d'une très grande variété de plantes. Les boissons alcooliques sont taxées.

L'éthanol, utilisé dans la fabrication de produits commerciaux tels que les parfums, les antiseptiques, les vaporisateurs pour cheveux, les produits répulsifs pour insectes, n'est pas de l'alcool pur mais un mélange spécial conçu pour le rendre impropre à la consommation. Il est répertorié sous le nom d'alcool dénaturé (falsifié).

Divers dénaturants sont utilisés afin de rendre quasi impossible leur élimination de l'alcool dénaturé : le méthanol, le propan-2-ol, des colorants sont généralement utilisés. Les alcools dénaturés ne sont pas taxés.

1. Écrire l'équation de la fermentation anaérobie du glucose $C_6H_{12}O_6$ (s) (du dioxyde de carbone se forme également).

2. Écrire les formules semi-développées et topologiques de tous les alcools cités dans le texte.

3. Pourquoi les boissons alcooliques sont-elles taxées ?

4. Les températures d'ébullition du méthanol et de l'éthanol sont respectivement 65 °C et 78 °C. Justifier l'utilisation du méthanol pour dénaturer l'éthanol. »

Réponses aux questions :

1. $C_6H_{12}O_6$ (s) $\rightarrow$ 2 C_2H_5OH (l) + 2 CO_2 (g)

2.

Méthanol	CH_3OH	$-OH$
Éthanol	C_2H_5OH	
Propan-2-ol	$CH_3-CH(OH)-CH_3$	

3. Les boissons alcooliques sont taxées pour deux raisons :

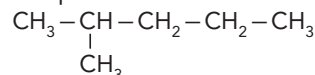
- en augmentant leur coût, l'État veut limiter leur consommation ;
- l'alcool étant un produit largement consommé, sa taxation assure des rentrées fiscales régulières.

4. Le méthanol et l'éthanol ayant des températures d'ébullition assez proches, il n'est pas possible de séparer ces deux alcools simplement par distillation, ce qui exclut d'obtenir de l'éthanol pur à partir de l'alcool dénaturé par distillation.

25 Proposer un énoncé à partir de son corrigé

Énoncé possible :

1. Un alcane A a pour formule semi-développée :



De quel alcane linéaire A est-il l'isomère ?

2. A est-il plus ou moins volatil que cet alcane linéaire ?

3. Soit B le 2,2-diméthylbutane. B est-il plus ou moins volatil que A ?

Pour aller plus loin

26 Pourcentage massique et formules d'alcools

1. $C_nH_{2n+1}OH$

2. $M = 14n + 18$

3. a. $P(O) = \frac{18}{14n + 18}$;

d'où $n = \frac{16 - 18 \times P(O)}{14 \times P(O)} = 3$.

La formule brute de A est alors C_3H_8O .

b.

Propan-1-ol	$CH_3-CH_2-CH_2-OH$
Propan-2-ol	$\begin{array}{c} CH_3-CH-CH_3 \\ \\ OH \end{array}$

c. A est le propan-1-ol.

27 Masse volumique des alcanes

1. a.

Pentane	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$
2-méthylbutane	$\begin{array}{c} CH_3-CH_2-CH-CH_3 \\ \\ CH_3 \end{array}$
2,2-diméthylpropane	$\begin{array}{c} CH_3 \\ \\ CH_3-C-CH_3 \\ \\ CH_3 \end{array}$
Hexane	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$
2-méthylpentane	$\begin{array}{c} CH_3-CH-CH_2-CH_2-CH_3 \\ \\ CH_3 \end{array}$
2,2-diméthylbutane	$\begin{array}{c} CH_3 \\ \\ CH_3-C-CH_2-CH_3 \\ \\ CH_3 \end{array}$

2. À l'état liquide, les molécules d'alcanes sont liées uniquement par des interactions de Van der Waals. Celles-ci sont d'autant plus intenses que les chaînes

carbonées sont longues et sont proches les unes des autres.

3. a. Les moments dipolaires des dipôles instantanés et donc les interactions intermoléculaires sont plus intenses lorsque les chaînes sont plus longues. La molécule d'hexane a une chaîne carbonée plus longue que celle du pentane. Les molécules d'hexane sont plus fortement liées que celles de pentane. Elles sont donc plus proches et occupent moins de place, d'où une masse volumique qui croît avec la taille de la molécule.

b. Les molécules ramifiées interagissant à plus longue distance que les molécules linéaires, elles sont moins liées entre elles. Elles occupent plus de place et la masse volumique diminue lorsque le nombre de ramifications augmente.

28 Marée noire

1. Une marée noire correspond au déversement accidentel ou non de pétrole ou de produits pétroliers dans l'eau de mer. Ce déversement peut par exemple arriver :

- lors de la rupture de canalisations dans les exploitations off-shore ;
- lors de naufrages de pétroliers en mer ;
- lors de dégazages frauduleux de gaz pétroliers afin de nettoyer les cuves de pétroliers.

2. Ce phénomène est observé car :

- les alcanes liquides sont non miscibles à l'eau ;
- les alcanes sont généralement moins denses que l'eau.

Ils flottent donc à la surface des mers.

3. Parmi les techniques utilisées pour lutter contre les marées noires, on peut citer :

- le pompage du pétrole ;
- l'utilisation de détergents favorisant la dissolution du pétrole dans la mer en entraînant celui-ci vers le fond.

29 Cyclanes

1.

Cyclopentane	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C} - \text{CH}_2 \\ \quad \quad \\ \text{H}_2\text{C} - \text{CH}_2 \end{array}$	
---------------------	--	--

2. a.

Cyclohexane	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C} - \text{CH}_2 \\ \quad \quad \\ \text{H}_2\text{C} - \text{CH}_2 \end{array}$	
Méthyl-cyclopentane	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C} - \text{CH}_2 \\ \quad \quad \\ \text{H}_2\text{C} - \text{CH} - \text{CH}_3 \end{array}$	

b.

Cycloheptane	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C} - \text{CH}_2 \\ \quad \quad \\ \text{H}_2\text{C} - \text{CH}_2 \end{array}$	
Méthyl-cyclohexane	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C} - \text{CH}_2 \\ \quad \quad \\ \text{H}_2\text{C} - \text{CH} - \text{CH}_3 \end{array}$	
1,2-diméthyl-cyclopentane	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C} - \text{CH}_2 \\ \quad \quad \\ \text{H}_2\text{C} - \text{CH} - \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	
1,3-diméthyl-cyclopentane	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \\ \quad \quad \\ \text{H}_3\text{C} - \text{CH} - \text{CH}_2 \end{array}$	
Éthyl-cyclopentane	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C} - \text{CH}_2 \\ \quad \quad \\ \text{H}_2\text{C} - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \end{array}$	

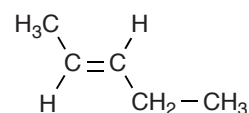
3. Formule brute : C_nH_{2n} .

4. Dans un cycle à quatre atomes de carbone, les angles seraient voisins de 90° et, dans un cycle à trois atomes, ils seraient voisins de 60° , ce qui n'est pas compatible avec l'angle habituel des liaisons des atomes de carbone tétraédriques (environ 109°).

5. a. $\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$

et $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$

b.



30 Mélange hydro-alcoolique

1. a. Un mélange hétérogène est un système qui n'a pas les mêmes propriétés (composition, densité, couleur, etc.) en chacun de ses points.

b. Le mélange étudié est hétérogène, car il contient des liquides non miscibles (l'eau et le dodécane-1-ol par exemple).

2. a.

Méthanol	$\text{CH}_3 - \text{OH}$
Dodécane-1-ol	$\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{11} - \text{OH}$

b. Plus un alcool a une longue chaîne carbonée, moins il est volatil.

3. Le dodécane-1-ol, non miscible à l'eau et au méthanol, peut être extrait du mélange par décantation. On utilise pour cela une ampoule à décanter (voir fiche n° 6D, p. 315 du manuel de physique chimie 2^{de} Hachette).

4. L'eau et le méthanol étant miscibles et ayant des températures d'ébullition nettement différentes, on peut les séparer par distillation fractionnée (voir fiche n° 5B, p. 358 du manuel).

5. On ne peut pas utiliser l'hydrodistillation, car cette technique ne permet de séparer que des liquides non miscibles.

Retour sur l'ouverture du chapitre

31 Distillation des pétroles

1. Les pétroles sont des matériaux fossiles principalement d'origine végétale produits par transformation de la matière organique maintenue à l'abri de l'air pendant plusieurs dizaines de millions d'années, sous de fortes pressions et à haute température.

2. **hydrocarbures** : espèces constituées uniquement des éléments carbone et hydrogène.

alcanes : hydrocarbures de formule C_nH_{2n+2} .

cyclanes : hydrocarbures constitués uniquement d'atomes de carbone tétraédriques et présentant au moins un cycle.

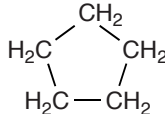
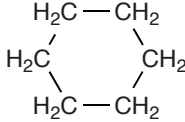
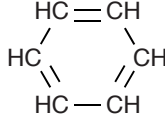
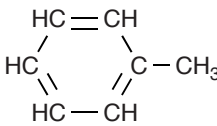
distillation fractionnée : opération permettant de séparer les constituants d'un mélange de liquides miscibles ayant des températures d'ébullition nettement différentes.

volatilité : propriété caractérisant la facilité d'un liquide à bouillir à basse température : plus un liquide est volatil, plus sa température d'ébullition est peu élevée.

résidu : ce qui reste dans le bouilleur en fin de distillation.

3.

Méthane	CH_4
Éthane	CH_3-CH_3
Propane	$CH_3-CH_2-CH_3$

Butane	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$
Pentane	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$
Hexane	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$
Heptane	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$
Cyclopentane	
Cyclohexane	
Benzène	
Toluène	

4. Au laboratoire, les pointes de la colonne à distiller remplacent les plateaux de la colonne industrielle.

5. Les essences ayant des températures d'ébullition inférieures au gasoil ou au fioul ont des molécules de plus petite taille.

6. a. Lorsque l'on diminue la pression, la température d'ébullition d'un corps pur diminue.

b. Lorsque l'on augmente la pression, la température d'ébullition d'un corps pur augmente.

7. a. En abaissant la pression, les constituants du résidu vont bouillir à une température plus faible qu'à la pression atmosphérique. Il sera alors possible de les séparer par distillation fractionnée sans risquer de les dégrader.

b. En augmentant la pression des gaz de pétrole, ceux-ci vont se liquéfier, ce qui permet alors de les séparer par distillation fractionnée.

Activités

1 Exploitation des cartes météo (p. 202)

1 Les lignes tracées sur la carte du document 1, p. 202 du manuel, représentent des ensembles de points qui sont à la même pression atmosphérique. On les appelle des isobares.

2 Sur la carte du document 2a, p. 202 du manuel, les zones colorées représentent des zones qui sont à la même température.

3 Sur la carte du document 2b, p. 202 du manuel, on peut repérer en chaque point la direction, le sens et la valeur de la vitesse du vent.

4 a. En physique, une grandeur scalaire est représentée par un nombre (exemples : masse, temps, distance, etc.).

Une grandeur vectorielle nécessite pour sa détermination, en plus de sa valeur, la donnée d'une direction et d'un sens (exemples : force, vitesse, etc.).

b. Un champ scalaire est défini par une valeur en chaque point.

Un champ vectoriel est défini par un vecteur (direction, sens, valeur) en chaque point.

5 Un champ est une grandeur physique associée à chaque point de l'espace considéré.

2 C'est l'histoire d'un champ (p. 203)

1 Les champs évoqués dans le texte sont : le champ de vitesse, le champ de force, le champ électrostatique et le champ magnétique.

2 a. Expression de la force électrostatique :

$$F = k \cdot \frac{q \cdot q_s}{d^2}$$

b. La force électrostatique est représentée par un vecteur tangent à la ligne de champ de force.

3 a. D'après le texte, l'expression de la valeur du champ électrostatique est :

$$E = \frac{F}{q} = k \cdot \frac{q_s}{d^2}$$

b. La valeur du champ est indépendante de la charge sur laquelle il agit, elle ne dépend que de la valeur q_s de la charge source et de la distance d à laquelle on s'en trouve; on peut donc dire qu'elle dépend du point de l'espace considéré et de la source.

4 Une ligne de champ vectoriel est une ligne en tout point tangente au vecteur champ. Elle est orientée dans le même sens que celui du vecteur champ.

3 Ces ondes qui nous entourent (p. 204)

1 Quelques appareils émettant des ondes électromagnétiques : four à micro-ondes, téléphone fixe et mobile, ordinateur, téléviseur, jeux vidéo, poste de radio, plaques électriques, antennes-relais, lignes à très haute tension.

2 Les valeurs des champs électriques sont indiquées en $V \cdot m^{-1}$.

3 Une porte de four à micro-ondes qui ferme mal laisse échapper des ondes électromagnétiques, pouvant avoir une action sur les personnes à proximité.

4 Même avec un kit mains libres, le fait de téléphoner diminue la concentration du conducteur. Cela augmente donc le risque d'accident.

5 Les recommandations de l'OMS ont évolué, car les conséquences de l'utilisation des téléphones portables sont de mieux en mieux connues.

Remarque : le texte du document 6, p. 204 du manuel, a été modifié suite à une recommandation de l'OMS publiée après la première impression du manuel.

Manuel numérique
Animation :
Ces ondes qui nous entourent.

4 Champ magnétique (p. 206)

Complément

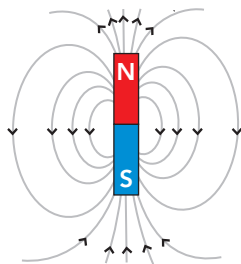
Les plaquettes permettant d'observer les lignes de champ sont vendues par les fournisseurs de matériel pédagogique. Certaines ont des aiguilles aimantées en forme de flèches (direction et sens), d'autres ont de petits aimants droits (direction).

1 Une aiguille aimantée permet d'identifier les pôles Nord et Sud d'un aimant.

2 Allure des lignes de champ créées par un aimant droit :

Manuel numérique 2.0

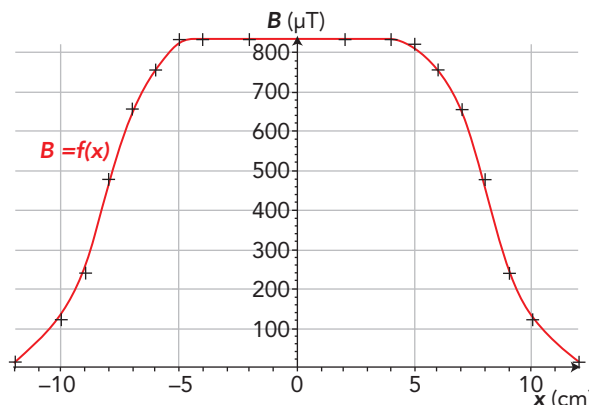
Animation :
Cartographie
et observation
des champs
magnétiques.



3 L'aiguille prend une orientation particulière au voisinage de la bobine : la bobine crée donc un champ magnétique.

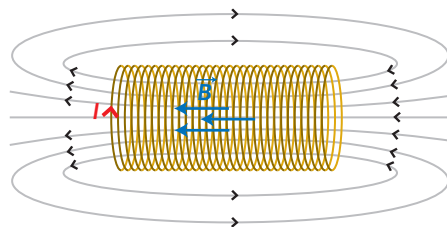
4 À l'intérieur d'une bobine, les lignes de champ sont parallèles. Elles sont visualisées par la limaille de fer.

5 Valeurs du champ magnétique en fonction de la position de la sonde :



6 À l'intérieur du solénoïde, la valeur du champ reste constante.

7 a.



b. Le champ magnétique à l'intérieur du solénoïde est uniforme : il a une valeur constante, ainsi qu'un sens et une direction constants.

Exercices (p. 211-218)

QCM

- 1** 1. B ; 2. C ; 3. C ; **2** 1. A ; 2. B ; 3. B ;
3 1. A et B ; 2. A et B ; 3. A et B.

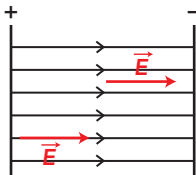
Application immédiate

4 1. Les lignes de champ électrostatique sont parallèles entre elles et perpendiculaires aux armatures du condensateur. Ces lignes sont orientées de l'armature chargée positivement vers l'armature chargée négativement.

2. Compte tenu de l'échelle indiquée, le champ électrostatique est représenté par un segment fléché de même direction et sens que les lignes de champ.

Sa longueur est de :

$$\frac{1 \times 10^4}{4 \times 10^3} = \frac{10}{4} = 2,5 \text{ cm.}$$



Pour commencer

5 Connaître des champs scalaires

Le champ de température en météorologie et le champ d'altitude en géographie sont des exemples de champs scalaires.

6 Distinguer des champs

Les champs scalaires sont les champs de pression, de température, d'altitude.

Les champs vectoriels sont les champs magnétique, électrostatique, de pesanteur.

7 Cartographier un champ scalaire

Pour cartographier un champ de température, il faut mesurer en chaque point la valeur de la température.

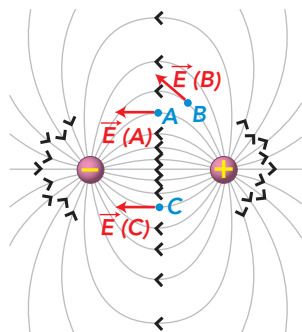
8 Cartographier un champ vectoriel

Pour cartographier un champ de vitesse du vent, il faut mesurer en chaque point la valeur de la vitesse

du vent, déterminer sa direction et son sens. En général, pour un champ vectoriel, il faut la direction, le sens et la valeur en chaque point.

9 Exploiter des lignes de champ vectoriel

1. Une ligne de champ vectoriel est une ligne tangente en chacun de ses points au vecteur champ.
- 2.

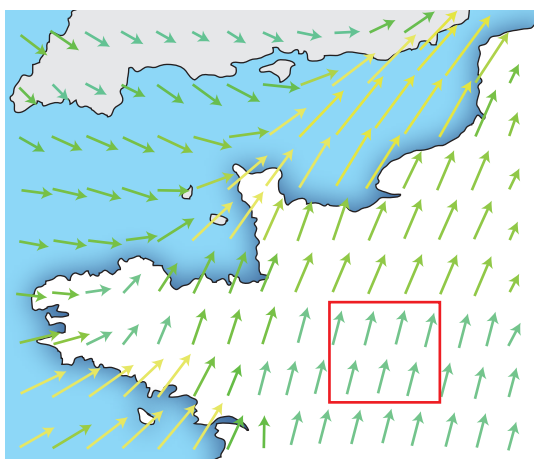


10 Lire une carte de champ scalaire

1. Les lignes blanches sont des isobares, lignes d'égales pressions ; la pression est donc la même le long d'une ligne isobare.
2. Le champ de pression n'est pas uniforme sur l'Australie. Il varie de 1010 à 1020 hPa.

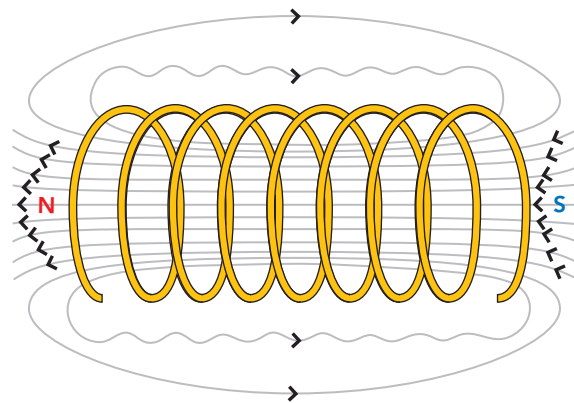
11 Lire une carte de vitesse des vents

1. La carte des vents indique en un point donné la direction, le sens et la valeur de la vitesse du vent. On a donc cartographié un champ vectoriel.
2. Si la valeur du champ, sa direction et son sens sont constants dans l'espace, le champ vectoriel peut être qualifié d'uniforme.
3. Le champ est uniforme par exemple sur la zone encadrée en rouge.



12 Identifier les pôles magnétiques

1. Les lignes de champ magnétique sont orientées du pôle Nord vers le pôle Sud à l'extérieur d'une bobine ou d'un aimant.
2. Le pôle Nord magnétique se trouve donc sur l'extrémité gauche de la bobine.

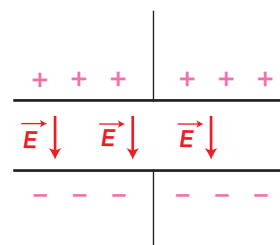


13 Connaître le champ de pesanteur

1. Le champ de pesanteur est vectoriel.
2. À la surface de la Terre, le champ de pesanteur s'identifie au champ gravitationnel.

14 Représenter un champ électrostatique

1. Le champ électrostatique créé par un condensateur plan est orienté de l'armature positive vers l'armature négative.



2. Le champ électrostatique est uniforme entre les armatures du condensateur.

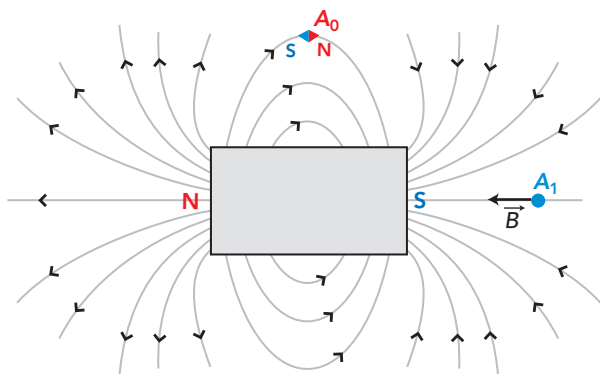
Pour s'entraîner

15 Température dans l'atmosphère

1. La température moyenne est fonction de la coordonnée verticale (altitude z).
2. a. Les couches atmosphériques isothermes sont des couches où la température est constante. Elles se traduisent sur le graphique par des segments verticaux.
Couches isothermes : $11 \leq z \leq 18$ km, $47 \leq z \leq 52$ km et $82 \leq z \leq 90$ km environ.
b. Dans ces couches isothermes, le champ de température moyenne est uniforme.
3. a. Au sol, la température moyenne est :
 $\theta = 10^\circ\text{C}$.
b. À la limite entre la troposphère et la stratosphère, la température moyenne est :
 $\theta = -55^\circ\text{C}$.
4. Dans la troposphère, la représentation de l'altitude en fonction de la température est une droite qui ne passe pas par l'origine. Il y a donc une relation affine entre ces grandeurs. Sur le graphique, on peut lire : pour $z = 0$, $\theta = 10^\circ\text{C}$ et pour $z = 11$ km, $\theta = -55^\circ\text{C}$.
La température décroît donc de 65°C sur 11 km. Cela correspond à la valeur affichée : « la température décroît en moyenne de 6°C par kilomètre ».

16 Spectre d'un aimant droit

1. 2. et 3.



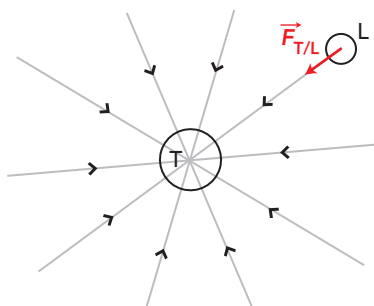
17 Champs domestiques

1. Ces champs ne sont pas uniformes puisque leur intensité décroît quand on s'éloigne de la source. Il faut donc préciser la distance à laquelle la mesure est effectuée.

2. Les valeurs indiquées à 30 cm et plus sont très inférieures aux seuils recommandés donc, *a priori*, l'utilisation normale des différents équipements ne présente pas de risque.

18 La Terre a rendez-vous avec la Lune

1. et 2.



3. Valeur de la force d'attraction gravitationnelle exercée par la Terre sur la Lune :

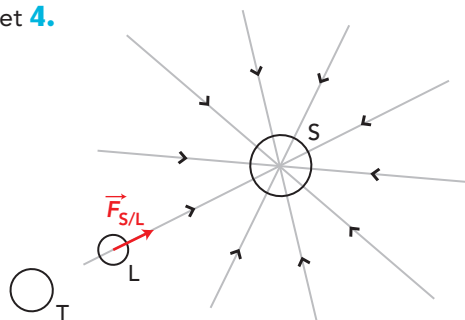
$$F_{T/L} = G \cdot \frac{M_L \cdot M_T}{d_{TL}^2}$$

$$F_{T/L} = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{7,4 \times 10^{22} \times 5,98 \times 10^{24}}{(3,84 \times 10^8)^2}$$

$$F_{T/L} = 2,0 \times 10^{20} \text{ N}$$

19 Le Soleil a rendez-vous avec la Lune

1. 2. et 4.



3. $F_{S/L} = G \cdot \frac{M_L \cdot M_S}{(d_{TS} - d_{TL})^2}$

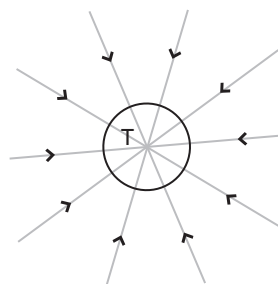
$$F_{S/L} = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{7,4 \times 10^{22} \times 2,0 \times 10^{30}}{(1,5 \times 10^{11} - 3,84 \times 10^8)^2}$$

$$F_{S/L} = 4,4 \times 10^{20} \text{ N}$$

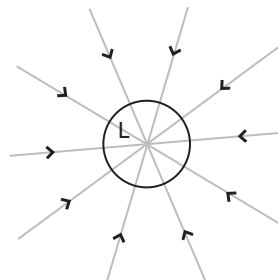
Pour aller plus loin

19 Point d'équigravité

1.



2.



3. La Terre étant 80 fois plus massive que la Lune, son influence est beaucoup plus étendue. Les lignes de champ gravitationnel de la Terre ne sont pratiquement pas déformées par la présence de la Lune; en revanche, celles du champ gravitationnel de la Lune sont déformées par la présence de la Terre.

4. a. La somme de deux vecteurs est nulle si ces deux vecteurs ont même direction, même valeur et des sens opposés.

b. $\vec{G}_T$ et $\vec{G}_L$ ont la même direction et des sens opposés uniquement sur la ligne de champ qui relie les centres de la Terre et de la Lune.

21 La boussole des oiseaux

1. Les cristaux de magnétite s'orientent le long des lignes de champ magnétique, comme l'aiguille d'une boussole.

2. Les champs magnétiques d'origine humaine peuvent perturber le champ terrestre. Les oiseaux sont alors désorientés.

22 A soda bottle magnetometer

Traduction du texte :

« Des tempêtes solaires peuvent affecter le champ magnétique de la Terre en causant de petites variations de sa direction à la surface terrestre. Ces variations sont appelées « orages magnétiques ».

Voici une expérience pour créer un magnétomètre qui permet de suivre les changements de direction du champ magnétique terrestre afin de repérer les orages magnétiques.

Matériel :

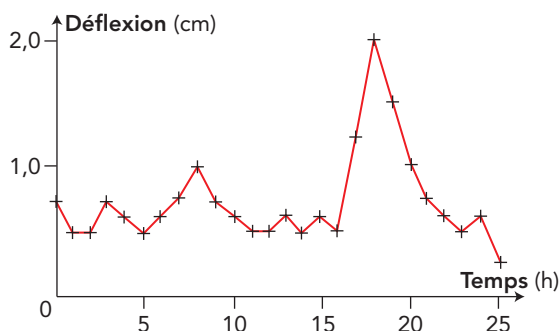
- une bouteille de soda propre de 2 litres ;
- 2 livres de sable ;
- 2 pieds de fil ;
- un petit barreau aimanté ;
- une carte de visite de format 3 × 5 ;

- du ruban adhésif transparent de 2 pouces de largeur;
- un morceau de paille à soda de 1 pouce;
- un miroir;
- de la colle super glue (soyez prudent!);
- un laser. »

Réponses aux questions :

1. 1 pound = 453,59237 g ; 1 foot = 0,3048 m et 1 inch (pouce) = 2,54 cm.
2. Les orages solaires sont à l'origine des variations de la direction du champ magnétique terrestre.
3. L'élément du dispositif expérimental qui permet de détecter cet effet est le petit barreau aimanté qui s'oriente selon le champ terrestre. Son orientation est repérée par la position du faisceau laser sur l'écran. La bouteille est fermée pour que des mouvements d'air ne fassent pas bouger cet aimant.
4. Il faut noter la position du faisceau laser sur l'écran au cours du temps pour visualiser les variations du champ magnétique terrestre. Une grande variation de position correspondra à un orage solaire.

Exemple de graphique obtenu :



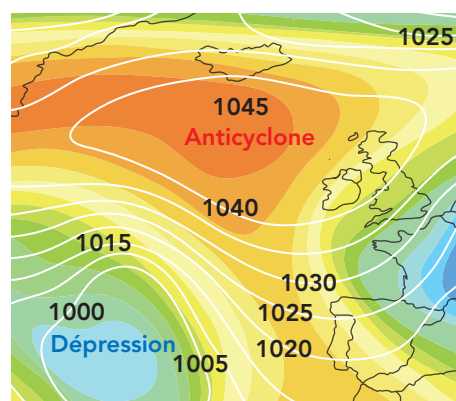
Complément

Protocole (voir le schéma p. 216 du manuel) :

- 1 Couper la bouteille à un tiers du haut.
- 2 Percer un petit trou au centre du bouchon.
- 3 Remplir un quart du fond de la bouteille avec le sable.
- 4 Couper la carte de visite pour qu'elle rentre à l'intérieur de la bouteille.
- 5 Coller l'aimant au centre du bord supérieur de la carte.
- 6 Coller un morceau de paille sur le dessus de l'aimant.
- 7 Coller le miroir sous l'aimant.
- 8 Faire passer le fil par la paille et le nouer en formant un petit triangle de deux pouces de côté.
- 9 Lier un fil de 6 pouces au sommet du triangle et le faire passer par le trou du bouchon.
- 10 Refermer la bouteille. La « carte capteur » doit être libre de se balancer (voir schéma).
- 11 Coller le fil sur le bouchon.
- 12 Placer la bouteille sur une surface plane et pointer le laser pour que la tache soit reflétée par le miroir sur un mur à 2 mètres de distance. Mesurer les variations de la position de la tache et donc les orages magnétiques.

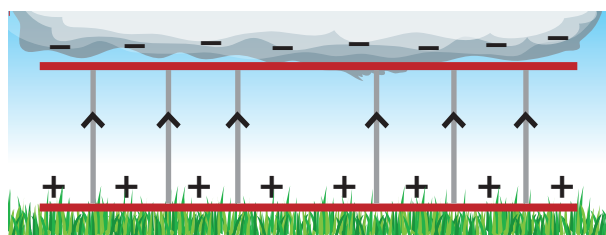
23 À chacun son rythme

1. a. La pression est la même en tout point d'une ligne blanche.
b. Les lignes blanches sont des isobares.
 2. a. Dans un anticyclone, les pressions au sol sont élevées, supérieures à 1013 hPa qui correspond à la pression atmosphérique moyenne.
b. On peut observer une zone anticyclonique entre l'Irlande et l'Islande (pression au sol de 1045 hPa).
 3. a. Un géopotential dans une zone anticyclonique a une valeur supérieure à 552 dam.
b. Entre l'Irlande et l'Islande, et au sud de l'Islande, le géopotential se situe à 560 dam et au-delà. Le géopotential confirme l'anticyclone situé dans cette région (question 2b).
 4. Dans une zone dépressionnaire, la pression au sol est inférieure à la pression atmosphérique moyenne de valeur 1013 hPa. Le géopotential à 500 hPa se situe alors à une altitude inférieure à 552 dam.
- On localise une dépression au milieu de l'océan Atlantique Nord et une autre sur l'Ukraine et la Roumanie.



24 Le temps est à l'orage

1. Par beau temps, le signe de la charge électrique à la surface du sol est négatif.
2. Sous le nuage dont la base est chargée négativement, les charges positives du sol sont attirées et les charges négatives sont repoussées. Le sol devient donc positif.
3. Le sol, plan chargé positivement, et la partie inférieure du cumulonimbus chargée négativement, peuvent être modélisés par un condensateur plan.
4. a. Le champ électrostatique entre le sol et la base du nuage est uniforme.
b.



25 Champ géomagnétique

Manuel numérique 2

Animation :
Champ
magnétique
terrestre.

1. Une boussole indique le pôle Nord magnétique. Or, le pôle Nord géographique et le pôle Nord magnétique ne sont pas confondus. Donc une boussole n'indique pas toujours le pôle Nord géographique.

2. a. En 2001, pour un explorateur au Groenland, le pôle Nord géographique se trouvait à l'est de la direction indiquée par la boussole.

b. En 2001, pour un explorateur en Sibérie, le pôle Nord géographique se trouvait à l'ouest de la direction indiquée par la boussole.

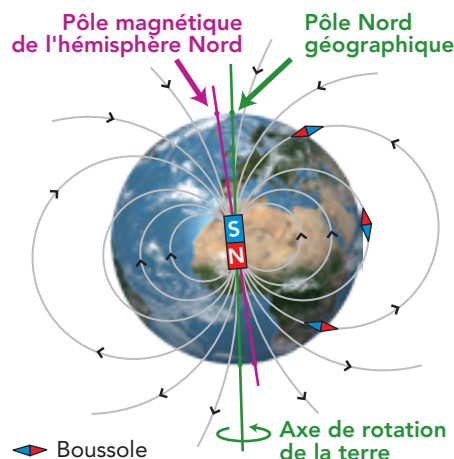
3. Bernard BRUNHES a été le premier à mettre en évidence en 1905 le phénomène d'inversion du champ magnétique de la Terre. Il a observé des coulées de lave du Massif central qui conservent la mémoire de la direction du champ magnétique datant de l'époque de ces coulées.

Retour sur l'ouverture du chapitre

26 Aurore polaire

1. Les courbes en gris représentent les lignes de champ géomagnétique.

2. Le noyau terrestre est assimilé à un aimant droit vertical, son pôle Sud est dans l'hémisphère Nord, son pôle Nord est dans l'hémisphère Sud.



3. Les lumières colorées ont des longueurs d'onde comprises entre 400 et 800 nm.

4. Le champ magnétique concentre les particules solaires dans les ceintures de VAN ALLEN. Celles qui sont proches des pôles excitent, par collision, le diazote et le dioxygène de l'air qui, en se désexcitant, émettent des radiations colorées (voir chapitre 3, p. 50 du manuel).

5. Sans champ géomagnétique, les particules du vent solaire bombarderaient N_2 et O_2 de l'air en tout point du globe. On observerait des aurores plus fréquemment et pas seulement près des pôles, mais elles seraient moins intenses.

6. Dans les lampes fluocompactes, l'homme utilise le principe de formation des aurores polaires. Il y a excitation des molécules ou des atomes d'un gaz, puis émission de lumière via le corps fluorescent. Cela a été abordé au chapitre 3.

Principe de conservation de l'énergie

Chapitre

13

Activités

1 Conservation de l'énergie (p. 220-221)

A Étude documentaire

1 a. La pièce où joue l'enfant correspond au système étudié.

b. Les cubes représentent l'énergie initiale.

c. Le cube envoyé par la fenêtre représente de l'énergie perdue par le système.

d. Les cubes apportés par un ami représentent de l'énergie reçue par le système.

2 Chaque cube pèse cent grammes, la mère n'en compte que 25, il y en a donc trois dans la boîte; la masse m de la boîte vaut :

$$m = (3 \times 100) + 500 = 800 \text{ g}$$

3 Le terme correspondant au calcul du nombre de cubes cachés dans l'eau de la baignoire est :

$$\frac{(\text{hauteur de l'eau (en cm)} - 15 \text{ cm})}{0,5 \text{ cm}}$$

4 a. R. FEYNMAN cite l'énergie potentielle, l'énergie cinétique, l'énergie thermique, l'énergie élastique,

l'énergie électrique, l'énergie chimique, l'énergie de rayonnement, l'énergie nucléaire et l'énergie de masse.

b. Énergie cinétique (programme de 3^e) :

$$\mathcal{E}_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

Énergie électrique (programme de 3^e) :

$$\mathcal{E}_e = \mathcal{P} \cdot \Delta t$$

Énergie thermique (chapitre 9) :

$$\mathcal{E}_{th} = m \cdot c \cdot \Delta \theta$$

Énergie de rayonnement (chapitre 3) :

$$\mathcal{E}_r = h \cdot \frac{c}{\lambda} = h \cdot \nu$$

Énergie nucléaire libérée (chapitre 8)

$$\mathcal{E}_{libérée} = |\Delta m| \cdot c^2$$

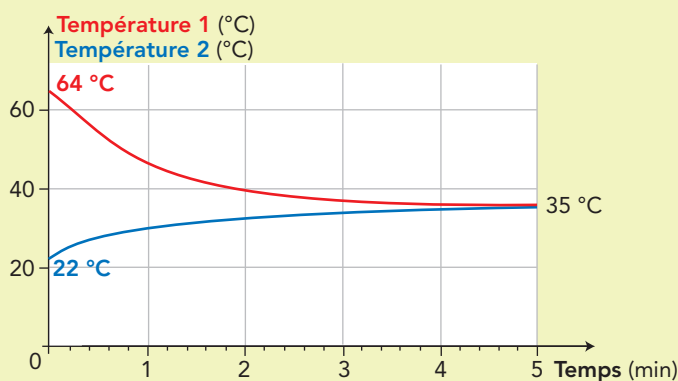
5 L'énergie d'un système isolé se conserve; elle ne peut être ni créée ni détruite.

B Étude expérimentale

Manuel numérique 2.0
Vidéo : Transfert thermique.

Compléments

Les boissons énergétiques sont conditionnées en petites cannettes métalliques de 250 mL. Les thermomètres doivent être correctement étalonnés avant l'expérience. Lors de l'expérience, les sondes ne doivent pas toucher les parois et il faut agiter légèrement pour que la température soit homogène à l'intérieur de chaque masse d'eau. Ci-contre un exemple d'enregistrement obtenu.



6 On verse une masse m_2 (par exemple 350 g) d'eau froide dans le calorimètre, et une masse m_1 (par exemple 200 g) d'eau chaude dans la canette. On

introduit la canette à l'intérieur du calorimètre et on suit l'évolution des températures de chaque masse d'eau au cours du temps.

7 Exemple de valeurs obtenues :

Eau chaude	Eau froide
$m_1 = 0,200 \text{ kg}$	$m_2 = 0,350 \text{ kg}$
$\theta_i = 64 \text{ }^\circ\text{C}$	$\theta_i = 22 \text{ }^\circ\text{C}$
$\theta_f = 35 \text{ }^\circ\text{C}$	$\theta_f = 35 \text{ }^\circ\text{C}$

On observe que la température de l'eau contenue dans le calorimètre augmente alors que celle de l'eau contenue dans la canette diminue.

8 L'énergie échangée au niveau de l'eau du calorimètre vaut :

$$\mathcal{E}_{th} = m \cdot c_{\text{eau}} \cdot \Delta\theta.$$

$$\mathcal{E}_{th1} = 0,350 \times 4,18 \times (35 - 22) = 19 \text{ kJ}.$$

Le signe positif montre que l'eau du calorimètre a reçu de l'énergie.

L'énergie échangée au niveau de l'eau chaude de la canette vaut :

$$\mathcal{E}_{th2} = 0,200 \times 4,18 \times (35 - 64) = -24 \text{ kJ}.$$

Le signe négatif montre que l'eau chaude de la canette a perdu de l'énergie. La canette perd aussi

de l'énergie, mais ici on ne peut en pas calculer la valeur.

9 a. En comparant les valeurs numériques, on constate que l'énergie perdue par l'eau chaude a été en grande partie transférée à l'eau froide du calorimètre.

Une partie est cédée à l'extérieur (calorimètre, environnement).

b. Le calorimètre représente la chambre du garçon à l'intérieur de laquelle les déplacements de cubes se produisent.

c. On peut refaire la même expérience qu'au **6** en versant l'eau froide dans un grand bécher et non plus dans un calorimètre. Dans ce cas, les valeurs $\mathcal{E}_{th1}$ et $\mathcal{E}_{th2}$ sont très différentes.

10 Le transfert thermique dépend de la température et des masses d'eau en présence.

11 Le transfert thermique a lieu du corps le plus chaud vers le corps le plus froid.

2  nergies d'une balle qui chute (p. 222)

1  volution des énergies de la balle :

	Expérience de chute dans l'air	Expérience de chute dans le liquide
�nergie cinétique	Augmente	Augmente, puis reste constante
�nergie potentielle de pesanteur	Diminue	Diminue
�nergie mécanique	Reste constante	Diminue

2 L'énergie mécanique de la balle diminue lorsque la balle chute dans le liquide. L'action du liquide peut se modéliser par une force de frottements de direction verticale et orientée vers le haut.

3 Lors de sa chute, l'énergie potentielle d'un gr lon diminue et son énergie cinétique augmente : il chute

de plus en plus rapidement. C'est cette énergie qui provoque de sérieux dégâts lorsque le gr lon rencontre un obstacle.

4 Le modèle de la chute libre s'applique à la balle lorsqu'elle est en mouvement dans l'air.

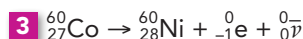
3 Le neutrino... une simple histoire de conservation d'énergie (p. 223)

1 Lors d'une désintégration bêta, J. CHADWICK constate que l'énergie de l'électron émis est inférieure à la différence d'énergie entre le noyau père et le noyau fils. En d'autres termes, l'énergie finale (de l'électron et du noyau fils) est inférieure à l'énergie initiale (du noyau père).

Le principe de conservation de l'énergie ne semble pas respecté.

2 En 1930, W. PAULI imagine qu'une particule supplémentaire, émise lors de la désintégration, emporte l'énergie manquante. Cela permettrait de satisfaire le principe de conservation de l'énergie. Cette particule

est appelée « neutrino » en 1933. Le neutrino sera détecté en 1956.



L'antineutrino représenté par la lettre $\bar{\nu}$ est une particule dont les nombres de charge et de masse sont égaux à zéro.

4 Il est difficile de détecter une particule avec une masse extrêmement faible.

5 La découverte du neutrino permet d'assurer la conservation de l'énergie.

Manuel numérique

Simulation & vidéo : Chute verticale libre et chute verticale avec frottements.

Fichier : Résultats d'exploitation des deux pointages vidéo.

Tutoriel animé : Pointage vidéo avec Aviméca.

Exercices (p. 227-235)

QCM

1. 1. B; 2. C; 3. B et C; 4. B; 5. A;
2. 1. a. C; b. A et C; c. B et C; d. C; 2. A.

Application immédiate

3. L'énergie mécanique se conserve au cours du mouvement :

$$\mathcal{E}_m(\text{départ}) = \mathcal{E}_m(\text{arrivée}).$$

En prenant pour origine des énergies potentielles l'endroit de la piste où la vitesse du bobsleigh est de $20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, on a :

$$m \cdot g \cdot z_{\text{départ}} + \frac{1}{2} m v_{\text{départ}}^2 = \frac{1}{2} m v_{\text{arrivée}}^2$$

$$\text{soit } z_{\text{départ}} = \frac{1}{2g} (v_{\text{arrivée}}^2 - v_{\text{départ}}^2)$$

$$\text{d'où } z_{\text{départ}} = \frac{1}{2 \times 9,8} (20^2 - 5,0^2) = 19 \text{ m.}$$

Le dénivelé est de 19 m pour que le bobsleigh passe d'une vitesse de $5,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ à $20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Pour commencer

4. Connaître des formes d'énergie

Système	Forme d'énergie
1 Eau du réservoir d'un barrage hydroélectrique	b Potentielle de pesanteur
2 Vent	c Cinétique
3 Tsunami	c Cinétique
4 Soleil	a Nucléaire
5 Uranium 238	a Nucléaire
6 Foudre	f Électrique
7 Pétrole	d Chimique

5. Comprendre l'énergie solaire

1. Le soleil brille grâce à de l'énergie nucléaire.
2. Les cellules photovoltaïques transforment l'énergie reçue en énergie électrique.

6. Connaître l'énergie cinétique

1. $\mathcal{E}_c = \frac{1}{2} m v^2$, avec m la masse du solide en translation exprimée en kilogramme (kg) et v la valeur de sa vitesse exprimée en mètre par seconde ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$). L'énergie cinétique $\mathcal{E}_c$ s'exprime en joule (J).

$$2. \mathcal{E}_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{1}{2} \times 19,9 \times 0,67^2$$

$$\mathcal{E}_c = 4,5 \text{ J}$$

7. Calculer une énergie cinétique

$$1. \mathcal{E}_c = \frac{1}{2} \times 1,25 \times 10^3 \times \left(\frac{50 \times 10^3}{3600} \right)^2 = 1,2 \times 10^5 \text{ J}$$

2. Si on double la valeur de la vitesse, l'énergie est multipliée par 4 : $\mathcal{E}_c = 4,8 \times 10^5 \text{ J}$.

8. Connaître l'énergie potentielle

1. $\mathcal{E}_p = m \cdot g \cdot z$, avec m la masse, en kilogramme (kg), du système dont on calcule l'énergie potentielle, g l'intensité de la pesanteur terrestre en newton par kilogramme ($\text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$) et z l'altitude du système par rapport à une référence exprimée en mètre (m), l'axe des altitudes étant orienté vers le haut. L'énergie potentielle s'exprime en joule (J).

$$2. \mathcal{E}_p = m \cdot g \cdot z = 50 \times 9,8 \times 7,0$$

$$\mathcal{E}_p = 3,4 \times 10^3 \text{ J}$$

L'énergie potentielle de la kitesurfeuse au point le plus haut de sa trajectoire par rapport au niveau de la mer est de $3,4 \times 10^3 \text{ J}$.

9. Calculer une énergie une énergie potentielle de pesanteur

$$1. \mathcal{E}_p = m \cdot g \cdot z = 275 \times 9,8 \times 3,0 \times 5 = 4,0 \times 10^4 \text{ J}$$

$$2. \Delta \mathcal{E}_p = m \cdot g \cdot (z_2 - z_5)$$

$$\Delta \mathcal{E}_p = 275 \times 9,8 \times (6,0 - 15,0) = -2,4 \times 10^4 \text{ J}$$

La variation d'énergie est négative, ce qui signifie que l'énergie potentielle du piano diminue.

$$3. \Delta \mathcal{E}_p = m \cdot g \cdot (z_2 - z_5)$$

L'expression littérale est la même, mais les valeurs de z_2 et z_5 sont différentes, car la référence est différente.

$$\Delta \mathcal{E}_p = 275 \times 9,8 \times (-9,0 - 0) = -2,4 \times 10^4 \text{ J}$$

La valeur de $\Delta \mathcal{E}_p$ est la même : la variation d'énergie potentielle est indépendante de l'origine choisie.

10. Connaître diverses formes d'énergie

1. Une éolienne utilise l'énergie cinétique du vent.
2. L'énergie cinétique est transformée en énergie électrique.

3. Le parc couvre les besoins de :

$$29 \times 4\,600 = 1,3 \times 10^5 \text{ habitants.}$$

11. Étudier le freinage d'une voiture

$$1. \mathcal{E}_c = \frac{1}{2} \times 800 \times \left(\frac{60}{3,6} \right)^2 = 1,1 \times 10^5 \text{ J}$$

2. L'énergie perdue par la voiture lors de son arrêt est $\mathcal{E}_c = 1,1 \times 10^5 \text{ J}$

Cette énergie est dissipée par transfert thermique (route, disques de frein, air).

12. Calculer une valeur de vitesse

1. En chute libre, la balle n'est soumise qu'à son poids. L'énergie mécanique de la balle, en chute libre est conservée.

2. $\Delta \mathcal{E}_p = -m \cdot g \cdot z = -45 \times 10^{-3} \times 9,8 \times 10 = -4,4 \text{ J}$
 3. La diminution de l'énergie potentielle correspond à l'augmentation de l'énergie cinétique : $\Delta \mathcal{E}_c = 4,4 \text{ J}$.
 4. $\Delta \mathcal{E}_c = \mathcal{E}_c(\text{finale}) - \mathcal{E}_c(\text{initiale})$
 $\Delta \mathcal{E}_c = \mathcal{E}_c(\text{finale}) - 0$
 $\Delta \mathcal{E}_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2$

$$\text{soit } v = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta \mathcal{E}_c}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 4,4}{45 \times 10^{-3}}} = 14 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}.$$

13 Utiliser la conservation de l'énergie

1. L'énergie potentielle $\mathcal{E}_p$ de la voiture ne varie pas, car elle se déplace horizontalement. Il en est de même pour son énergie cinétique $\mathcal{E}_c$, car la valeur de sa vitesse ne varie pas. L'énergie mécanique $\mathcal{E}_m = \mathcal{E}_p + \mathcal{E}_c$ est constante.
 2. À cause des frottements de l'air et sur le sol, une partie de l'énergie de la voiture est transférée à l'environnement sous forme d'énergie thermique. L'énergie chimique du carburant compense cette perte.

14 Appliquer le principe de la conservation d'énergie

1. 1 $\mathcal{E}_p$; 2 $\mathcal{E}_p$ et $\mathcal{E}_c$; 3 $\mathcal{E}_p$ et $\mathcal{E}_c$;
 4 $\mathcal{E}_c$; 5 $\mathcal{E}_p$ et $\mathcal{E}_c$; 6 $\mathcal{E}_c$.

2.

De 1 à 2	$\mathcal{E}_p \rightarrow \mathcal{E}_c$
De 2 à 3	$\mathcal{E}_p \rightarrow \mathcal{E}_c \rightarrow \mathcal{E}_p$
De 3 à 4	$\mathcal{E}_p \rightarrow \mathcal{E}_c$
De 4 à 5	$\mathcal{E}_c \rightarrow \mathcal{E}_p$
De 5 à 6	$\mathcal{E}_p \rightarrow \mathcal{E}_c$

3. La vitesse de la nacelle est la plus grande quand l'énergie potentielle est la plus faible, soit en 4 et en 6.

Pour s'entraîner

15 Chute d'une pomme

1. a. La pomme ne possède pas d'énergie cinétique puisqu'elle est immobile.
 b. La pomme possède une énergie potentielle puisqu'elle est à une certaine hauteur.
 $\mathcal{E}_p = m \cdot g \cdot z$
 $\mathcal{E}_p = 0,150 \times 9,8 \times 3,0 = 4,4 \text{ J}$
 c. L'énergie mécanique est la somme des énergies potentielle de pesanteur et cinétique :
 $\mathcal{E}_m = \mathcal{E}_c + \mathcal{E}_p = 4,4 \text{ J}$

2. $\mathcal{E}_c = \frac{1}{2} \times 0,15 \times 7,7^2 = 4,4 \text{ J}$; $\mathcal{E}_p = 0 \text{ J}$; $\mathcal{E}_m = 4,4 \text{ J}$.
 3. L'énergie mécanique se conserve, l'énergie potentielle a été convertie en énergie cinétique.
 4. L'énergie mécanique se conserve :
 $m \cdot g \cdot z = \frac{1}{2} m \cdot v^2$
 $z = \frac{v^2}{2g} = \frac{9,9^2}{2 \times 9,8} = 5,0 \text{ m}$

16 À chacun son rythme

1. La balle est au point choisi comme référence d'énergie potentielle de pesanteur : $\mathcal{E}_{p0} = 0$.

$$\text{On a donc : } \mathcal{E}_{m0} = \mathcal{E}_{c0} = \frac{1}{2} m \cdot v_0^2$$

$$\mathcal{E}_{m0} = \frac{1}{2} \times 0,13 \times 5,4^2 = 1,9 \text{ J}$$

2. L'énergie mécanique est conservée si la balle est en chute libre, c'est-à-dire soumise uniquement à son poids.
 3. Lorsque la balle atteint l'altitude maximale, sa vitesse s'annule; au point le plus haut :
 $\mathcal{E}_m = \mathcal{E}_p = m \cdot g \cdot z = \mathcal{E}_{m0}$, car l'énergie mécanique se conserve.

$$z = \frac{\mathcal{E}_{m0}}{m \cdot g} = \frac{1,9}{0,13 \times 9,8} = 1,5 \text{ m}$$

17 Différentes chutes

1. a. $\mathcal{E}_{m0} = m \cdot g \cdot z_0 + \frac{1}{2} m \cdot v_0^2$
 $\mathcal{E}_{m0} = 0,120 \times 9,8 \times 20 + \frac{1}{2} \times 0,120 \times 10^2 = 30 \text{ J}$

- b. Il y a conservation de l'énergie mécanique puisque les frottements sont négligeables.

c. $\mathcal{E}_{m0} = \mathcal{E}_{m\text{sol}} = \mathcal{E}_{c\text{sol}} = \frac{1}{2} m \cdot v_{\text{sol}}^2$

$$v_{\text{sol}} = \sqrt{\frac{2 \cdot \mathcal{E}_{m0}}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 30}{0,120}} = 22 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

2. L'énergie mécanique initiale reste la même, la vitesse au sol sera donc identique.

18 Rédiger correctement une solution

1. L'altitude de départ est $3032 - 932 = 2100 \text{ m}$.
 2. $\mathcal{E}_p = m \cdot g \cdot z = 58,8 \times 10^3 \times 9,8 \times 932 = 5,4 \times 10^8 \text{ J}$
 3. $\Delta \mathcal{E}_p = m \cdot g \cdot (z - z_0) = 5,4 \times 10^8 \text{ J}$, puisque l'altitude du point de départ correspond à l'origine des énergies potentielles de pesanteur.

On obtient une variation positive, ce qui signifie que l'énergie potentielle du funiculaire augmente.

19 Spacecrafts

Traduction du texte :

« Un engin spatial sur son orbite autour de la Terre ou sur sa trajectoire vers d'autres planètes possède une énergie cinétique qui lui a été communiquée par le lanceur. Ce dernier l'a arraché à la force gravitationnelle terrestre à l'aide de ses différents étages de propulsion, convertissant l'énergie chimique des combustibles en énergie cinétique. Tout en assurant sa mission, l'engin spatial doit être maintenu sur son orbite, à la bonne vitesse. Ce maintien est assuré par un apport d'énergie cinétique fournie par des propulseurs chimiques d'appoint. Pour certains types de satellites, des propulseurs électriques les remplaceront dans l'avenir. »

Réponses aux questions :

1. Énergie cinétique, énergie chimique, énergie électrique.
 2. Pour le lancement du satellite, de l'énergie chimique est convertie en énergie potentielle. Pour son

maintien en orbite, de l'énergie chimique est convertie en énergie cinétique.

20 Le lancer de poids

Remarque : les longueurs mesurées sur le manuel peuvent être différentes, car le manuel est imprimé dans plusieurs formats; cela ne modifie pas le résultat final.

1. a. Sur le schéma, le lycéen de 1,70 m est représenté par 1,4 cm; on mesure une distance de 1,0 cm entre les points 1 et 3.

$$\text{Alors } d_{1-3} = 1,0 \times \frac{1,7}{1,4} = 1,2 \text{ m}$$

$$\text{On a donc } v_2 = \frac{d_{1-3}}{2\tau} = \frac{1,2}{2 \times 80 \times 10^{-3}} = 7,6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\text{b. } \mathcal{E}_{c_2} = \frac{1}{2} m \cdot v_2^2$$

$$\text{soit } \mathcal{E}_{c_2} = \frac{1}{2} \times 4,0 \times 7,6^2 = 1,2 \times 10^2 \text{ J.}$$

2. a. Le point 2 se trouve à une altitude

$$z_2 = 2,2 \times \frac{1,7}{1,4} = 2,7 \text{ m.}$$

$$\mathcal{E}_{p_2} = m \cdot g \cdot z_2 = 4,0 \times 9,8 \times 2,7 = 1,0 \times 10^2 \text{ J}$$

$$\text{b. } \mathcal{E}_{m_2} = \mathcal{E}_{c_2} + \mathcal{E}_{p_2} = 2,2 \times 10^2 \text{ J}$$

3. De même, on a $d_{5-7} = 0,75 \times \frac{1,7}{1,4} = 0,91 \text{ m.}$

$$\text{Alors } v_6 = \frac{0,91}{2 \times 80 \times 10^{-3}} = 5,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\mathcal{E}_{c_6} = \frac{1}{2} \times 4,0 \times 5,7^2 = 6,5 \times 10^1 \text{ J}$$

4. a. Si l'énergie se conserve, on doit avoir :

$$\mathcal{E}_{m_6} = \mathcal{E}_{c_6} + \mathcal{E}_{p_6} = 2,4 \times 10^2 \text{ J,}$$

$$\text{soit } m \cdot g \cdot z_6 = \mathcal{E}_{m_6} - \mathcal{E}_{c_6}$$

$$z_6 = \frac{\mathcal{E}_{m_6} - \mathcal{E}_{c_6}}{m \cdot g}$$

$$z_6 = \frac{2,4 \times 10^2 - 6,5 \times 10^1}{4,0 \times 9,8} = 4,5 \text{ m}$$

Le poids devrait atteindre une altitude de 4,5 m

b. On mesure une altitude, $z_6 = 3,25 \times \frac{1,7}{1,4} = 3,9 \text{ m.}$

L'énergie mécanique ne se conserve pas.

La précision des mesures peut aussi être en cause.

Pour aller plus loin

21 Expérience de Joule

1. Les masses possèdent de l'énergie potentielle de pesanteur.

2. Dans le calorimètre, de l'énergie cinétique est convertie en énergie thermique.

3. D'après le principe de conservation de l'énergie, l'énergie reçue par le système {eau + calorimètre} est égale à celle perdue par les masses.

4. Au cours de leur chute, les masses perdent de l'énergie potentielle de pesanteur : $\mathcal{E}_p = m \cdot g \cdot h$, soit

$$h = \frac{\mathcal{E}_p}{m \cdot g} = \frac{211}{5,0 \times 9,8} = 4,3 \text{ m.}$$

22 Pendule simple et énergie

1. $\mathcal{E}_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$, avec m masse du mobile en kg, v vitesse du centre d'inertie du mobile en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ et $\mathcal{E}_c$ exprimée en joule.

2. a. $\mathcal{E}_p = m \cdot g \cdot z$, avec m masse du mobile en kg, g intensité de la pesanteur en $\text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$, z altitude en m et $\mathcal{E}_p$ exprimée en joule.

b. Le niveau de référence des énergies potentielles est choisi à la position d'équilibre, donc pour $x = 0$ et $z = 0$, ce qui correspond au point le plus bas de la trajectoire. On a alors $\theta = 0$.

3. Graphiquement, on voit que l'énergie mécanique reste constante. Les frottements de l'air sont donc négligeables.

4. Lors des oscillations, il se produit un transfert d'énergie. Lorsque l'altitude du pendule augmente, il gagne autant d'énergie potentielle de pesanteur qu'il perd d'énergie cinétique.

Lorsque l'altitude diminue, il perd autant d'énergie potentielle de pesanteur qu'il gagne d'énergie cinétique.

L'énergie mécanique se conserve.

5. a. D'après la courbe, $\mathcal{E}_{c_{\max}} = 15 \text{ mJ.}$

$$\text{b. } \mathcal{E}_{c_{\max}} = \frac{1}{2} m \cdot v_{\max}^2$$

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{2 \cdot \mathcal{E}_{c_{\max}}}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 15 \times 10^{-3}}{0,030}} = 1,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

c. Lorsque le pendule atteint sa hauteur maximale, son énergie potentielle de pesanteur est maximale. Sa vitesse est alors nulle, donc $\mathcal{E}_c = 0 \text{ J.}$

$$\mathcal{E}_m = \mathcal{E}_{p_{\max}} + 0$$

$$\text{Graphiquement, } \mathcal{E}_{p_{\max}} = 15 \text{ mJ}$$

$$\mathcal{E}_{p_{\max}} = m \cdot g \cdot z_{\max}$$

$$z_{\max} = \frac{\mathcal{E}_{p_{\max}}}{m \cdot g}$$

$$z_{\max} = \frac{15 \times 10^{-3}}{0,030 \times 9,8} = 5,1 \times 10^{-2} \text{ m}$$

23 Record de saut à moto

Dans cet exercice, l'axe vertical est noté y . Il faut respecter les notations du texte.

1. Énergie mécanique : $\mathcal{E}_m = \mathcal{E}_c + \mathcal{E}_p$

$$\mathcal{E}_m = \frac{1}{2} m \cdot v^2 + m \cdot g \cdot y$$

$$\text{2. } \mathcal{E}_{c_A} = \frac{1}{2} m \cdot v_A^2,$$

$$\text{soit } \mathcal{E}_{c_A} = \frac{1}{2} \times 180 \times \left(\frac{160}{3,6}\right)^2 = 1,78 \times 10^5 \text{ J}$$

3. a. $y_B = AB \times \sin \alpha$

b. Variation d'énergie potentielle de pesanteur entre A et B :

$$\Delta \mathcal{E}_p = \mathcal{E}_{p_B} - \mathcal{E}_{p_A} = m \cdot g \cdot y_B - 0$$

$$\Delta \mathcal{E}_p = m \cdot g \cdot AB \cdot \sin \alpha.$$

$$\text{c. } \Delta \mathcal{E}_p = 180 \times 9,81 \times 7,86 \times \sin(27) = 6,30 \times 10^3 \text{ J}$$

d. Entre A et B, le motard maintient une vitesse constante, donc $\mathcal{E}_{c_B} = \mathcal{E}_{c_A}$: $\Delta \mathcal{E}_c = 0$.

Comme $\mathcal{E}_m = \mathcal{E}_c + \mathcal{E}_p$, on en déduit que :

$$\Delta \mathcal{E}_m = \Delta \mathcal{E}_c + \Delta \mathcal{E}_p = \Delta \mathcal{E}_p, \text{ or } \Delta \mathcal{E}_p > 0,$$

$$\text{donc } \mathcal{E}_{m_B} > \mathcal{E}_{m_A}.$$

L'énergie mécanique du système augmente lorsqu'il passe de A à B.

4. Entre B et C, on considère que le système {motard + moto} n'est soumis qu'à son poids, donc son énergie mécanique se conserve.

24 Transferts thermiques (à caractère expérimental)

1. a. La variation de la température de l'eau de la canette vaut $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$.

b. $\mathcal{E}_{\text{th}} = m \cdot c_{\text{eau}} \cdot \Delta\theta$

$\mathcal{E}_{\text{th}} = 0,200 \times 4,18 \times (-35) = -29\text{ kJ}$

L'énergie cédée par l'eau de la canette vaut 29 kJ.

2. a. La variation de la température de l'eau du calorimètre vaut $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

b. $\mathcal{E}_{\text{th}} = 0,450 \times 4,18 \times 15 = 28\text{ kJ}$

L'énergie reçue par l'eau du calorimètre vaut 28 kJ.

3. D'après le principe de conservation de l'énergie, une partie de l'énergie perdue par l'eau chaude a servi à élever la température du calorimètre. L'autre partie est cédée à l'environnement.

25 Transferts d'énergie thermique

1. a. Au travers d'une paroi de casserole, on a essentiellement un transfert thermique par conduction.

b. Lorsqu'on se fait bronzer sur une plage, on a un transfert thermique par rayonnement.

c. Dans une pièce avec un radiateur, le transfert thermique se fait par convection.

d. Dans l'eau des océans, le transfert thermique se fait par convection.

2. On peut rester à proximité d'un feu sans être brûlé. Par contre, à la même distance, on peut être brûlé si on tient une tige métallique dont l'extrémité est dans le feu. Le métal est un meilleur conducteur thermique que l'air.

3. a. En hiver, le transfert thermique se fait de l'intérieur de la pièce vers l'extérieur.

b. Le transfert se fait par conduction et par rayonnement.

c. Le double vitrage permet de limiter le phénomène de conduction grâce au gaz présent entre les deux vitres. Ce gaz est un mauvais conducteur thermique.

26 Freiner en scooter

1. $\mathcal{E}_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2$

soit $\mathcal{E}_c = \frac{1}{2} \times 160 \times 10^2 = 8,0 \times 10^3\text{ J}$

2. $\Delta\theta = \frac{\mathcal{E}_c}{m \cdot c} = \frac{8,0 \times 10^3}{0,250 \times 260} = 1,2 \times 10^2\text{ }^{\circ}\text{C}$

3. a. Faux; b. Vrai; c. Faux.

Retour sur l'ouverture du chapitre

27 Le glacier de tête rousse

1. a. L'eau accumulée dans la poche possède de l'énergie potentielle de pesanteur.

b. La poche d'eau est située à 3 200 m d'altitude, soit à 2 350 m au dessus de Saint-Gervais.

La masse de l'eau vaut :

$m = \rho(\text{eau}) \cdot V = 1\,000 \times 65 \times 10^3 = 6,5 \times 10^7\text{ kg}$

$\mathcal{E}_p = m \cdot g \cdot z = 6,5 \times 10^7 \times 9,8 \times 2\,350 = 1,5 \times 10^{12}\text{ J}$

2. Au moment où la poche se serait ouverte, l'énergie cinétique de l'eau aurait été nulle.

3. Sans frottement, au cours de sa chute, l'énergie mécanique de l'eau se conserve.

4. Dans la vallée, l'énergie potentielle est nulle,

soit $\frac{1}{2} m \cdot v^2 = \mathcal{E}_p$

ou $v = \sqrt{\frac{2 \mathcal{E}_p}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 1,5 \times 10^{12}}{6,5 \times 10^7}}$

$v = 2,1 \times 10^2\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, soit plus de $750\text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$

5. La vitesse est nettement plus faible. Au cours de sa chute, le flot d'eau ravine les terrains en arrachant la terre, les arbres, etc.; des frottements dissipent de l'énergie.

6. Même avec une valeur de vitesse plus faible, la valeur de l'énergie reste énorme (environ 6 GJ); si la poche s'était ouverte, une partie de la vallée aurait été emportée.

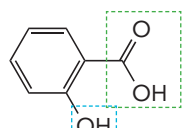
Exercices de synthèse

(p. 236-240)

1 À propos du marquage isotopique

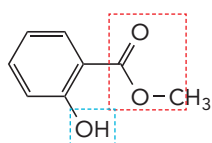
- ^{18}F : $Z = 9$, donc 9 protons ; $A = 18$, donc $N = A - Z = 18 - 9 = 9$ neutrons.
- Symbole du positon : ^0_1e avec nombre de masse $A = 0$ et nombre de charge $Z = 1$.
- $^{18}\text{F} \rightarrow ^0_1\text{e} + ^A_Z\text{X}$
Conservation du nombre de charge :
 $9 = 1 + Z$, d'où $Z = 8$.
Le noyau fils émis est un noyau d'oxygène.
Conservation du nombre de masse :
 $18 = 0 + A$, d'où $A = 18$.
Le noyau fils émis est l'isotope 18 de l'oxygène.
- 1^{re} étape** : Préparation de la solution à injecter. Remplacement d'un groupe $-\text{OH}$ du glucose par du fluor 18.
- 2^e étape** : Injection de la solution contenant le glucose modifié.
- 3^e étape** : Absorption du glucose modifié par les cellules de l'organisme, mais concentration plus importante du glucose dans les cellules cancéreuses.
- 4^e étape** : Désintégration du fluor 18 avec émission de positons et localisation par un dispositif adapté du lieu d'émission de ces positons. Les lieux de fortes émissions de positons correspondent aux zones où se trouvent les cellules cancéreuses.

5.



Acide salicylique

Groupe **carboxyle**
et groupe **hydroxyle**.



Salicylate de méthyle

Groupe **ester**
et groupe **hydroxyle**.

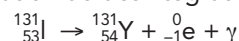
- La différence entre les deux molécules est due à la présence sur l'une d'un groupe carboxyle (acide salicylique) et sur l'autre d'un groupe ester (salicylate de méthyle).
Des interactions de Van der Waals et de nombreuses liaisons hydrogène peuvent s'établir entre les molécules d'acide salicylique du fait de la présence du groupe carboxyle (liaison $\text{O}-\text{H}$ fortement polarisée). Il faut donc fournir une énergie importante pour rompre ses interactions. Cela explique la température de fusion élevée de l'acide salicylique (159°C). En revanche, seules des interactions de Van der Waals s'établissent entre les molécules de salicylate de méthyle (pas de liaisons hydrogène car la liaison $\text{C}-\text{O}$ est faiblement polarisée). Par rapport à l'acide salicylique, il faut fournir moins d'énergie pour rompre ces interactions, d'où la température de

fusion du salicylate de méthyle (-9°C) moins élevée que celle de l'acide salicylique.

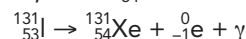
- Si toutes les molécules de salicylate de méthyle contiennent un atome d'oxygène O^* , alors l'hypothèse à retenir est l'**hypothèse 2**. En effet, dans l'**hypothèse 1**, seul le groupe méthyle $-\text{CH}_3$ vient de fixer sur la molécule d'acide salicylique alors que dans l'**hypothèse 2** c'est le groupe CH_3-O^* , contenant l'oxygène O^* , qui vient se fixer sur la molécule.

2 L'iode et les maladies de la thyroïde

- La scintigraphie est une méthode d'imagerie médicale. L'image est reconstituée par le repérage de la position, dans l'organisme, du lieu de désintégration d'isotopes radioactifs préalablement administrés au patient.
- L'isotope radioactif de l'iode 131 se désintègre selon une radioactivité β^- , donc en émettant un électron selon l'équation de désintégration :



L'élément Y a pour numéro atomique $Z = 54$; il s'agit donc du xénon Xe, donc $^{131}_{54}\text{Xe}$. Finalement :



- On peut utiliser l'iode 131 en scintigraphie. Cependant, comme il libère un rayonnement gamma plus énergétique que l'iode 123, il présente plus de risque d'atteinte des cellules et on lui préfère souvent l'iode 123 pour les scintigraphies.

Attention : dans le texte de la question 3, il faut lire « Pourquoi est-il préférable d'utiliser l'isotope $^{123}_{53}\text{I}$ plutôt que l'isotope $^{131}_{53}\text{I}$? »

- La concentration massique de la solution serait :

$$t = \frac{m}{V_{\text{sol}}}, \text{ soit } t = \frac{5,0}{100 \times 10^{-3}} = 50 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}.$$

Cependant, la solubilité du diiode dans l'eau à 25°C étant de $0,34 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$, la concentration massique de la solution est $0,34 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$.

- Pour préparer 100 mL de solution de Lugol® à 5 %, on utilise :

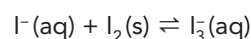
– 5,0 g de diiode, soit une quantité de diiode :

$$n(\text{I}_2) = \frac{5,0}{2 \times 126,9} = 2,0 \times 10^{-2} \text{ mol} ;$$

– 17,0 g de iodeure de potassium, soit une quantité d'ions iodeure :

$$n(\text{I}^-) = n(\text{KI}) = \frac{17,0}{126,9 + 39,1} = 1,0 \times 10^{-1} \text{ mol}.$$

Or, dans l'équation de la réaction entre les ions iodeure et le diiode :

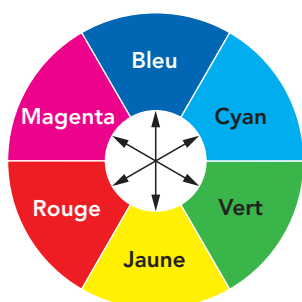


les coefficients stœchiométriques sont identiques pour ces deux espèces chimiques. Le mélange est donc stœchiométrique si les quantités initiales $n(\text{I}_2)$ et

$n(I^-)$ sont égales, ce qui n'est pas le cas ici. Le mélange n'est donc pas stœchiométrique.

6. La molécule de diiode est apolaire, car elle est constituée de deux atomes identiques ; il n'apparaît pas de moment dipolaire permanent dans cette molécule. Le diiode est donc peu soluble dans l'eau. Dans une solution aqueuse d'iodure de potassium, le diiode réagit avec l'ion iodure pour former l'ion triiodure I_3^- , très soluble en solution aqueuse. Le diiode est donc très soluble dans une solution d'iodure de potassium. Cependant, dans cette solution, on ne trouve plus de diiode à l'état moléculaire.

7. Le spectre d'absorption de la solution de Lugol® montre un pic vers 350 nm et la solution n'absorbe plus au-delà de 480 nm. Cette solution absorbe donc uniquement dans le bleu et le cyan. Le cercle chromatique simplifié du chapitre 4 nous permet d'en déduire que cette solution est de couleur jaune-orangé.



3 Disque dur

1. a. Lors de l'écriture et de la lecture, l'interaction électromagnétique est mise en jeu.

b. Le diamètre d'un cheveu varie de 50 à 100 μm environ. La distance tête-plateau est donc de 250 à 500 fois plus petite que le diamètre d'un cheveu !

2. a. Formule de l'alumine : Al_2O_3 . Les éléments aluminium et oxygène sont présents.

b. Le principal minerai d'alumine est la bauxite. L'Australie est actuellement le principal producteur de bauxite (plusieurs dizaines de millions de tonnes par an).

c. Les rubis et les saphirs contiennent de l'alumine.

3. Une bobine parcourue par un courant électrique est un autre exemple d'électro-aimant.

4. Chaque petit aimant crée un champ magnétique qui est un champ vectoriel. La direction et le sens du vecteur champ magnétique en un point donné

dépend de l'orientation de chaque petit aimant, c'est-à-dire de la position de chacune de ses pôles.

5. Les travaux d'A. FERT sur les propriétés magnétiques de la matière datent des années 1970. En 1988, il découvre la magnétorésistance géante qui ouvre la voie au développement de la nanosciences « spintronique » (électronique exploitant une propriété intrinsèque des électrons appelée le spin).

Ces travaux trouvent des applications dans le domaine de l'informatique et des télécommunications.

6. Lorsque l'on approche un aimant d'un disque dur, les petits aimants du revêtement des plateaux changent d'orientation. Or, ces orientations étaient liées aux informations numériques à stocker. Les informations sont perdues.

4 La RMN : une technique physique d'analyse chimique

1. Un noyau d'hydrogène de représentation symbolique ^1_1H ne comporte qu'un seul proton et aucun neutron.

2. Dans cette expression, « uniforme » signifie que le vecteur champ magnétique $\mathbf{a}$, en tout point de l'espace, même direction, même sens et même norme.

3. a. L'éthanol est un alcool (primaire).

b. Le groupe caractéristique des alcools est le groupe hydroxyle OH.

$$4. \quad |\mathcal{E}| = h \cdot \nu = h \cdot \frac{c}{\lambda} \Leftrightarrow \lambda = \frac{h \cdot c}{|\Delta \mathcal{E}|}$$

$$\lambda = \frac{6,63 \times 10^{-34} \times 3,00 \times 10^8}{1,2 \times 10^{-25}} = \frac{6,63 \times 3,00}{1,2} \times 10^{-1}$$

$$\lambda \approx 1,7 \text{ m}$$

5. Cette radiation fait partie des ondes radio.

6. a. L'atome d'oxygène est le plus électronégatif de la molécule.

b. L'atome d'hydrogène du groupe hydroxyle (repéré en rouge, **H**) est directement lié à l'atome d'oxygène ; il donne donc le signal de plus fort déplacement chimique.

Les atomes d'hydrogène portés par le carbone le plus éloigné de l'oxygène (repérés en bleu, **H**) donnent le signal de plus faible déplacement chimique.

Les atomes d'hydrogène portés par l'autre atome de carbone (repérés en vert, **H**) donnent un signal de déplacement chimique intermédiaire.

Ressources énergétiques

Chapitre 14

Activités

Manuel numérique
Animation :
Différentes
ressources
énergétiques.

Nos principales ressources énergétiques (p. 244-245)

1 Une **ressource énergétique renouvelable** est une ressource dont les réserves ne diminuent pas malgré leur exploitation par l'homme. À l'échelle humaine, elle est exploitable sans limitation de durée.
Une **ressource énergétique non renouvelable** est une ressource dont les réserves diminuent. La consommation humaine est plus importante que la vitesse à laquelle elle se reconstitue.

2

Utilisation de ressources énergétiques renouvelables	Utilisation de ressources énergétiques non renouvelables
Biomasse Géothermie Énergie hydraulique Énergie solaire Énergie éolienne	Énergie chimique fossile (pétrole, gaz, charbon) Énergie nucléaire

3 L'énergie électrique produite est transportée des sites de production aux lieux de consommation par des lignes à haute tension.

Un pétrolier ou un camion citerne permet de transporter l'énergie de ressources fossiles.

4 L'énergie solaire est convertie en électricité à l'aide de panneaux photovoltaïques.

L'énergie solaire est convertie en énergie thermique à l'aide de matériaux qui s'échauffent en absorbant les rayonnements.

Exercices (p. 248-252)

1 La géothermie

1. Le sous-sol constitue une grande réserve d'énergie thermique ; plus on descend, plus la température augmente. On peut récupérer cette énergie si les roches chaudes sont accessibles et si on dispose d'un fluide caloporteur.

Selon la température des roches atteintes, la géothermie peut servir soit au chauffage individuel, soit au chauffage urbain, soit à la production d'électricité.

2. La géothermie cherche à récupérer une partie de l'énergie thermique emmagasinée dans le sous-sol terrestre.

3. Cette phrase signifie que la température du sol à une profondeur donnée n'est pas la même d'un lieu à un autre. Les surfaces isothermes ne sont pas horizontales.

4. Un fluide caloporteur est un fluide capable de transporter de la chaleur. L'eau est un fluide caloporteur.

5. On ne peut pas implanter une installation géothermique partout. Il faut avoir accès aux roches chaudes facilement.

6. On peut considérer que la part d'énergie prélevée est si faible qu'à l'échelle humaine cette ressource énergétique ne s'épuise pas ; elle est considérée comme renouvelable.

7. La géothermie permet le chauffage des habitations, la production d'électricité sans porter atteinte à l'environnement : « L'homme assure ses besoins énergétiques tout en préservant sa planète ».

2 Nord ou Sud

1. Les pays les plus consommateurs correspondent aux cercles qui ont les plus grands diamètres.

Les cinq pays les plus consommateurs d'énergie sont les États-Unis, la Chine, la Russie, l'Inde et le Japon.

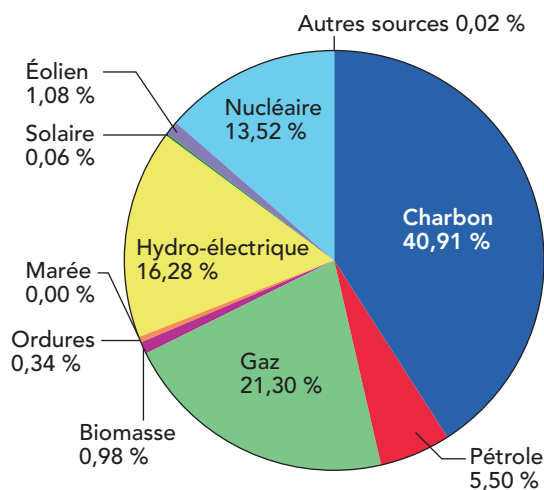
2. Les populations qui consomment le plus sont dans les pays repérés en rouge sur la carte.

- a. Les Nord-Américains, les Australiens, les Européens du Nord et les habitants de la péninsule arabique sont les plus gros consommateurs d'énergie.
- b. Les habitants d'Afrique et d'Amérique du Sud consomment le moins d'énergie.
3. Ainsi, « Dis-moi combien tu consommes, je te dirai où tu vis ! » signifie que la consommation d'énergie donne une indication sur le lieu de vie.
4. La tonne équivalent pétrole (tep) est une unité de mesure de l'énergie. Elle est utilisée par les économistes pour comparer les énergies entre elles.
Une tep est l'énergie produite par la combustion d'une tonne de pétrole.
5. Un Américain consomme, en moyenne, 7,5 tep par an. Donc, si chaque individu consommait autant que chaque Américain, alors 7 milliards d'individus consommeraient 53 milliards de tep par an.
6. Les pays dont la consommation d'énergie augmente le plus sont les pays en voie de développement.
7. Dans un avenir proche, la consommation mondiale pourrait fortement augmenter, donc il pourrait y avoir pénurie des ressources énergétique.
8. On doit apprendre à économiser l'énergie et développer de nouvelles ressources énergétiques notamment les ressources renouvelables.

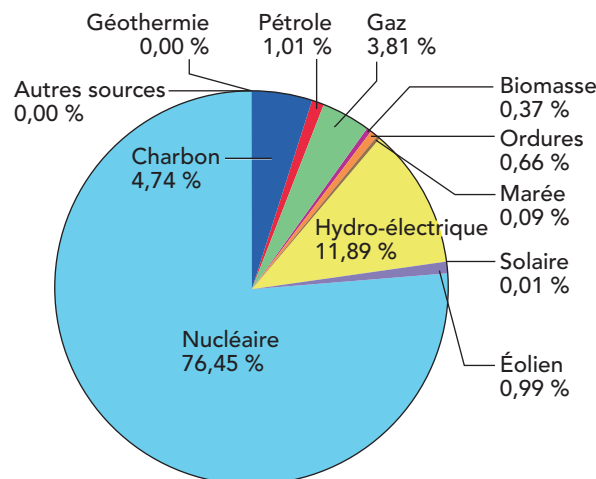
3 L'électricité : un transporteur d'énergie ?

1. L'électricité n'est pas une ressource énergétique, car elle ne se trouve pas dans la nature sous une forme utilisable. C'est un mode de transport de l'énergie.
2. L'électricité ne peut pas être stockée directement. On peut la convertir en énergie mécanique dans des barrages hydrauliques, en énergie chimique dans des accumulateurs. On transforme l'électricité sous une autre forme d'énergie qui, elle, peut être stockée.
3. GW · h signifie gigawatt-heure.
 $1 \text{ J} = 1 \text{ W} \cdot \text{s}$, donc :
 $1 \text{ GW} \cdot \text{h} = 1 \times 10^9 \times 3600 \text{ W} \cdot \text{s}$
 $= 3,6 \times 10^{12} \text{ J}$
 $= 3,6 \text{ TJ}$

4. Production d'électricité dans le monde en 2008 :



Production d'électricité en France en 2008 :



5. La production d'électricité en France provient très majoritairement de ressources énergétiques fissiles (nucléaire), alors que, dans le monde, ce sont majoritairement des ressources énergétiques fossiles (charbon, puis gaz et pétrole).
6. Le pourcentage d'électricité produite dans le monde par le nucléaire est d'environ 14 %, alors qu'il est d'environ 76 % en France.
La part de l'électricité d'origine nucléaire est environ 6 fois plus importante en France que dans le monde.

4 Déchets radioactifs

1. Les énergies fossiles actuellement utilisées sont le pétrole, le gaz et le charbon.
2. L'utilisation de ces énergies produit beaucoup de gaz à effet de serre lors de leur combustion. Elle contribue ainsi au réchauffement climatique.
3. La fission nucléaire est une réaction provoquée, au cours de laquelle un noyau lourd se scinde en deux noyaux plus légers sous l'impact d'un neutron.
4. Un rayonnement ionisant est un rayonnement qui produit des ionisations dans la matière qu'il traverse. Lors d'une ionisation des électrons sont arrachés de leur atome.
5. Temps au bout duquel les noyaux sont pratiquement désintégrés :

Déchets	Demi-vie (années)	Sept demi-vies (années)
^{237}Np	$2,10 \times 10^6$	$1,47 \times 10^7$
^{241}Pu	14	98
^{241}Am	432	$3,02 \times 10^3$
^{135}Cs	$2,30 \times 10^6$	$1,61 \times 10^7$

6. L'accumulation des déchets pose le problème du traitement et du conditionnement selon des normes strictes, du fait de la lente désintégration de certains noyaux. Il faut pouvoir les stocker dans des centres adaptés sur des durées extrêmement longues.
7. La fission n'est pas une solution car les réserves en uranium vont s'épuiser à court terme. La prévision actuelle est d'une centaine d'années.

8. Dans l'avenir, la fusion serait peut-être un moyen de production d'énergie nucléaire.

Retour sur l'ouverture du chapitre

5 Les critiques face à l'éolien

1. Les installations d'éoliennes se développent pour utiliser des ressources énergétiques renouvelables.

L'objectif visé par l'Europe est 20 % en 2020.

2. Certaines personnes s'opposent au développement des installations d'éoliennes, car elles modifient le paysage et nécessitent de grandes surfaces d'occupation au sol.

3. Le projet d'éoliennes en 2015 doit avoir une capacité de production de 3000 MW.

Une centrale nucléaire de 4 réacteurs de 900 MW a une capacité de :

$$4 \times 900 = 3\,600 \text{ MW.}$$

Le projet éolien assurera une production à peu près équivalente à celle d'une centrale nucléaire de ce type.

4. Un gaz à effet de serre est un gaz qui absorbe une partie des rayonnements infrarouge émis par la Terre et qui en réémet ensuite une partie vers la surface de la Terre, ce qui contribue à son échauffement. C'est le cas notamment du dioxyde de carbone et de la vapeur d'eau.

5. La fabrication des matériaux nécessaires à la construction des éoliennes libère beaucoup de gaz à effet de serre.

6. Un « bilan carbone » est un outil qui permet de comptabiliser les émissions de gaz à effet de serre des individus, des entreprises, des installations industrielles, des activités humaines, etc.

7. La production d'électricité d'origine nucléaire s'élève à :

$$0,75 \times 550 = 413 \text{ TW} \cdot \text{h.}$$

Pour produire un térawatt-heure, il faut une surface au sol de 15 km^2 . Il faudrait recouvrir une surface de $413 \times 15 = 6,2 \times 10^3 \text{ km}^2$ d'éoliennes pour remplacer les centrales nucléaires en France, soit un peu plus que la moitié de la surface du département de la Gironde ($10\,725 \text{ km}^2$).

Conversions d'énergie

Chapitre 15

Activités

1 Attention ça chauffe ! (p. 254-255)

A Les lampes basses consommation

- 1 La puissance électrique s'exprime en watt (W).
- 2 Le mot « équivaut » est ambigu, car il faut comparer les deux lampes pour un même éclairage. Il y a ambiguïté entre puissance électrique et éclairage.
- 3 Les lampes fluocompactes ou les DEL ont des durées de vie plus longues et, pour un même éclairage, elles ont des puissances de fonctionnement plus petites.
- 4 Lors d'un achat, un acheteur doit comparer les caractéristiques énergétiques de divers appareils et privilégier dans la mesure du possible les appareils les plus efficaces.

B Puissance fournie à l'utilisateur

- 5 La puissance de l'abonnement est indiquée en bas du document 5, p. 255 du manuel. Cet utilisateur peut utiliser au maximum une puissance de 6 kW. L'unité de consommation électrique utilisée est le kilowatt-heure (kW·h). Elle est associée à une énergie.

- 6 Les appareils avec des résistances (chauffe-eau, radiateurs, etc.) sont demandeurs de fortes puissances électriques pour fonctionner.

C Mesurer l'énergie consommée par un appareil

Complément

Le dispositif permettant de mesurer l'énergie est vendu par les fournisseurs de matériel pédagogique ou en grande surface.

- 7 La représentation graphique de $\mathcal{E}$ en fonction de Δt est une droite passant par l'origine. Il y a donc proportionnalité entre ces deux grandeurs.
- 8 Le coefficient de proportionnalité est la puissance de l'appareil. Elle s'exprime en $\text{J} \cdot \text{s}^{-1}$. Aux erreurs expérimentales près, on obtient une valeur proche de celle affichée en watt (W) sur l'appareil.
- 9 La relation entre la puissance et l'énergie est :

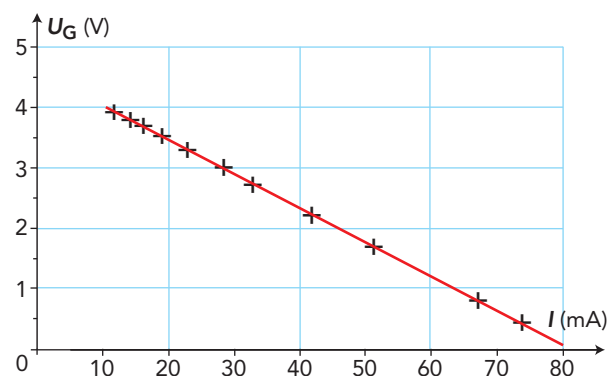
$$\mathcal{E} = P \cdot \Delta t$$

avec $\mathcal{E}$ en joule, P en watt et Δt en seconde.

2 Générateur et récepteur d'énergie électrique (p. 256)

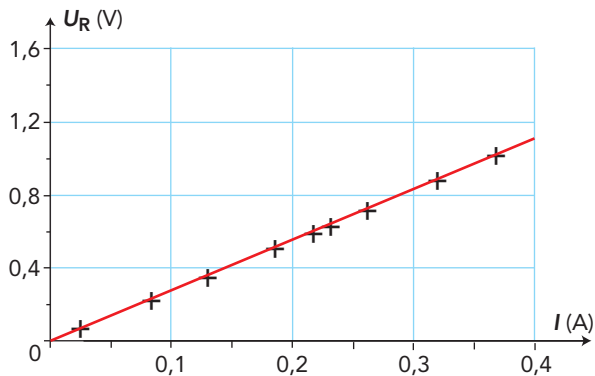
A Caractéristique d'un générateur

- 1 Un ampèremètre est branché en série du dipôle étudié. Un voltmètre est branché en dérivation (parallèle) aux bornes de ce dipôle.
- 2 Exemple de courbe obtenue : voir ci-contre.
- 3 Dans cet exemple, l'ordonnée à l'origine vaut 4,6 V. La force électromotrice mesurée est très proche de la valeur 4,5 V lue sur l'étiquette.
- 4 Le coefficient directeur de la droite est $-6,4 \text{ V/A}$. La résistance interne de la pile vaut donc $6,4 \Omega$.



B Caractéristique d'un récepteur et mise en évidence de l'effet Joule

5 Exemple de courbe obtenue :



Dans cet exemple, le coefficient directeur est 2,8 V/A.

6 Ce coefficient directeur est très proche de la valeur de la résistance du conducteur ohmique lue ou mesurée, on peut les identifier.

7 Au contact du conducteur ohmique parcouru par un courant, on observe une augmentation de la température de l'eau.

8 Le générateur a transféré de l'énergie électrique au conducteur ohmique. On observe aussi un transfert thermique entre le conducteur et l'eau qui s'est échauffée.

9 La caractéristique du dipôle générateur est une droite ne passant pas par l'origine. Il existe donc une relation affine entre U_G et I : $U_G = E - r \cdot I$.

La caractéristique du dipôle conducteur ohmique est une droite passant par l'origine. Il existe donc une relation linéaire (ou de proportionnalité) entre U et I : $U = R \cdot I$, appelée **loi d'Ohm**.

3 Une chaîne énergétique (p. 257)

1 Dans une centrale nucléaire (ou électronucléaire), l'énergie nucléaire, stockée dans l'uranium, est exploitée.

2 Le rendement de conversion de la centrale est par définition :

$$\rho = \frac{\mathcal{P}_{\text{élec}} \cdot \Delta t}{\mathcal{P}_{\text{nucl}} \cdot \Delta t} = \frac{\mathcal{P}_{\text{élec}}}{\mathcal{P}_{\text{nucl}}} = \frac{900}{2800} = 0,321$$

soit un rendement d'environ 32 %.

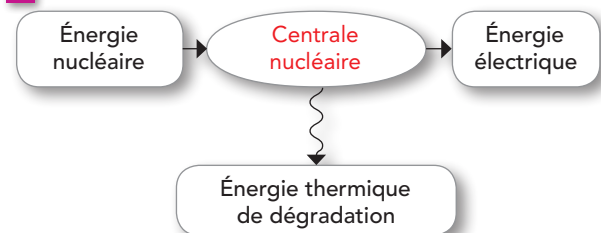
3 D'après le principe de conservation de l'énergie, l'énergie ne peut être détruite (ni créée). De l'énergie a donc été transférée au milieu environnant : il y a des pertes énergétiques ; on parle de dégradation (par transfert thermique, rayonnement, dissipation d'énergie mécanique par frottements).

4 Le rendement est le rapport de deux énergies ; c'est donc un nombre, il n'a pas de dimension.

Ce rendement est inférieur à 1, car $\mathcal{E}_{\text{entrée}} < \mathcal{E}_{\text{sortie}}$ en raison des pertes mentionnées ci-dessus.

Manuel numérique 20
Animation :
Chaînes énergétiques
d'une éolienne et d'une
centrale nucléaire.

5



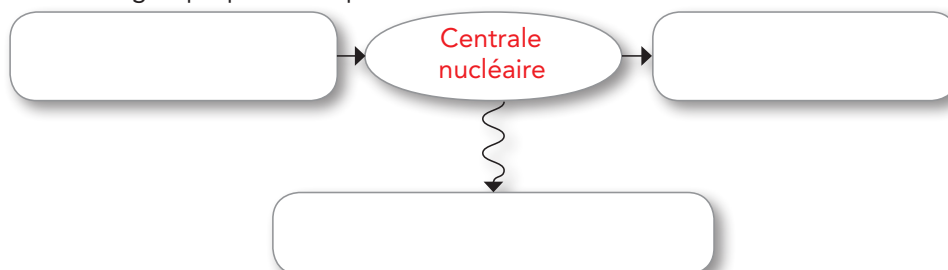
Complément

- Le terme « combustible nucléaire » fréquemment rencontré est impropre, car il n'y a pas réaction chimique de combustion (comme dans une centrale thermique) mais fission nucléaire.
- Il existe plusieurs technologies pour les réacteurs des centrales nucléaires (ou électronucléaires). On peut citer :
 - Les réacteurs à eau sous pression (REP ou PWR en anglais). C'est le type de réacteur le plus répandu actuellement dans le monde. Il correspond au schéma du manuel, p. 257.

– Les réacteurs à eau bouillante (REB ou BWR en anglais). C'est le type de réacteur de la centrale de Fukushima, au Japon. La vapeur d'eau du circuit primaire y fait directement tourner la turbine reliée à l'alternateur.

- De nombreuses animations illustrant le fonctionnement d'une centrale nucléaire sont disponibles sur Internet, par exemple sur le site du CEA.

Schéma de la chaîne énergétique prêt à remplir :



Exercices (p. 263-268)

QCM

- 1** 1. A; 2. A et B; 3. B;
2 1. C; 2. A; 3. B; 4. A et B;
3 1. B; 2. A et B; 3. C; 4. B.

Application immédiate

- 4** D'après la relation puissance-énergie :

$$\mathcal{E} = \mathcal{P} \cdot \Delta t$$

en 3,5 h, l'écran consomme en fonctionnement une énergie :

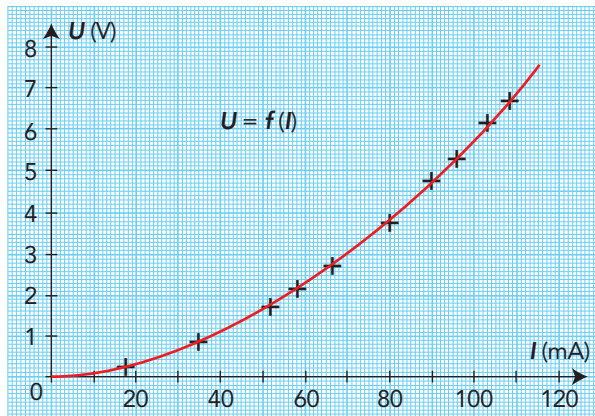
$$\mathcal{E} = 28 \times 3,5 = 98 \text{ W} \cdot \text{h}$$

et en une semaine de veille :

$$\mathcal{E} = 1,2 \times 7,0 \times 24 = 2,0 \times 10^2 \text{ W} \cdot \text{h}$$

L'écran consomme donc plus en une semaine de veille qu'en 3,5 heures de fonctionnement.

- 5** 1. Pour différentes valeurs de la tension délivrée par le générateur, on mesure la tension U aux bornes de la lampe et l'intensité I du courant qui la traverse.
 2. Les mesures permettent d'obtenir la courbe suivante :



Pour commencer

- 6** Convertir des puissances et des énergies
 a. 2,6 MW = $2,6 \times 10^6$ W; b. 8 500 W = 8,500 kW;
 c. 200 kW·h = $7,20 \times 10^8$ J; d. 1 800 J = 0,5000 W·h.
7 Distinguer puissance et énergie
 a. Le watt (W) est une unité de puissance.
 b. Le kW·h est une unité d'énergie.
 c. Le joule est une unité d'énergie.

8 Connaître des ordres de grandeur

TGV : 8,8 MW.

Lampe basse consommation : 10 W.

Téléphone mobile : 1,0 W.

Sèche-linge : 2 600 W.

9 Utiliser la relation liant puissance et énergie

1. L'énergie $\mathcal{E}$ consommée pendant la durée Δt par l'appareil de puissance $\mathcal{P}$ s'exprime par la relation :

$$\mathcal{E} = \mathcal{P} \cdot \Delta t$$

2. En fonctionnement, la puissance consommée par l'écran est $\mathcal{P} = \frac{\mathcal{E}}{\Delta t} = \frac{72,5}{2,5} = 29 \text{ W}$, soit une puissance en fonctionnement de 29 W.

3. D'après la relation entre la puissance et l'énergie, $\mathcal{E} = \mathcal{P} \cdot \Delta t = 1,3 \times 21,5 \approx 28 \text{ W} \cdot \text{h}$.

En veille, l'écran a consommé une énergie d'environ 28 W·h. Il ne faut donc pas négliger l'énergie consommée lorsqu'un appareil est en veille.

10 Mesurer une intensité

Pour I orientée conventionnellement de la borne positive du générateur vers la borne négative, on branche l'ampèremètre en série de la lampe, la borne mA du côté du conducteur ohmique (côté + du générateur).

11 Mesurer une tension

On branche le voltmètre en parallèle aux bornes de la lampe. Pour obtenir une valeur positive de la tension, on branche la borne V du côté du conducteur ohmique (coté + du générateur).

12 Exploiter une caractéristique

1. Le tracé montre que la tension est proportionnelle à l'intensité du courant, donc le dipôle suit la loi d'Ohm : $U = R \cdot I$.
 2. Le coefficient directeur de la droite donne la valeur de la résistance R :

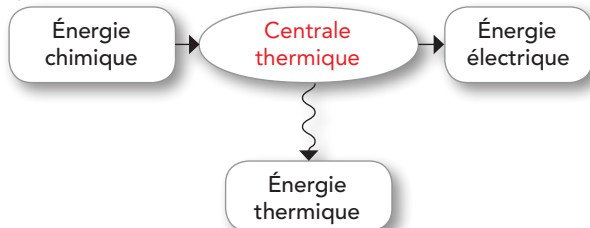
$$R = \frac{(3,0 - 0)}{(0,025 - 0)} = 120 \Omega$$

13 Interpréter le fonctionnement d'un grille-pain

1. Le grille-pain convertit de l'énergie électrique en énergie thermique.
 2. Le phénomène utilisé est l'effet Joule. Il se traduit par un échauffement des conducteurs ohmiques dans le grille-pain.

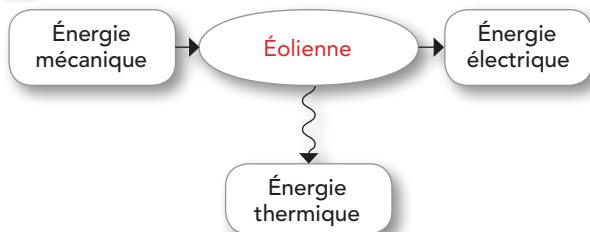
14 Illustrer la conservation de l'énergie dans une chaîne énergétique

1.



2. D'après le principe de conservation de l'énergie, l'énergie chimique est égale à la somme de l'énergie électrique et de l'énergie thermique.

15 Schématiser une chaîne énergétique



16 Calculer un rendement

1. On utilise $\mathcal{P}_y = \frac{\mathcal{E}}{\Delta t} = \frac{270 \times 10^9}{3600} = 7,50 \times 10^7 \text{ W}$, soit 75,0 MW,

et $\mathcal{P}_t = \frac{\mathcal{E}}{\Delta t} = \frac{208 \times 10^9}{3600} = 5,78 \times 10^7 \text{ W}$, soit 57,8 MW.

2. Le rendement de conversion est $\frac{208}{270} = 0,770$, soit 77,0 %.

Pour s'entraîner

17 Notice d'utilisation

1. D'après l'indication AC et les indications sur la fréquence, cet appareil s'utilise avec une tension électrique alternative.

2. L'ordre de grandeur de cette puissance est 10^2 W .

3. Le moteur chauffe par effet Joule, d'autant plus que la durée d'utilisation est longue. Les 30 minutes de repos servent au transfert thermique du moteur vers son environnement : ainsi, le moteur refroidit.

4. L'énergie consommée $\mathcal{E}_{\text{cons}}$ se calcule à partir de :

$$\mathcal{E}_{\text{cons}} = \mathcal{P} \cdot \Delta t$$

soit $\mathcal{E}_{\text{cons}} = 200 \times 15 \times 60 = 1,8 \times 10^5 \text{ J}$.

18 Centrale thermique

1. L'énergie consommée $\mathcal{E}_{\text{cons}}$ est :

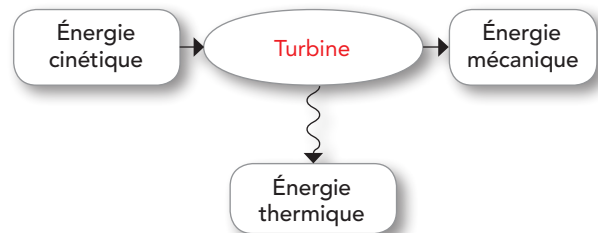
$$\mathcal{E}_{\text{cons}} = 2,9 \times 10^{10} \times 1,2 \times 10^6 = 3,5 \times 10^{16} \text{ J}$$

2. Le rendement de conversion est $\rho = \frac{\mathcal{E}_{\text{produite}}}{\mathcal{E}_{\text{cons}}}$

avec $\mathcal{E}_{\text{produite}} = 2,4 \times 10^{12} \times 3600 = 8,6 \times 10^{15} \text{ J}$, soit un rendement de conversion d'environ 25 %.

19 Rendement de conversion d'une centrale hydraulique

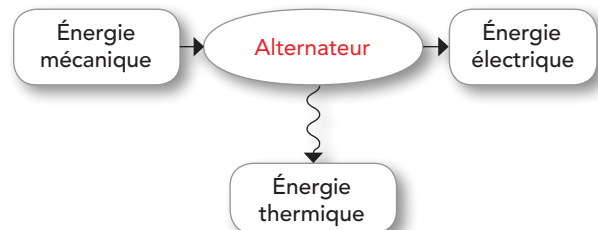
1. a. La schématisation de la chaîne énergétique au niveau de la turbine est :



b. Le rendement de conversion de la turbine est :

$$\rho_1 = \frac{\text{énergie mécanique}}{\text{énergie cinétique}}$$

2. a. La schématisation de la chaîne énergétique au niveau de l'alternateur est :



b. Le rendement de conversion de l'alternateur est :

$$\rho_2 = \frac{\text{énergie électrique}}{\text{énergie mécanique}}$$

3. Le rendement de conversion global est donc :

$$\rho = \frac{\text{énergie électrique}}{\text{énergie cinétique}} = \rho_1 \times \rho_2 = 0,48, \text{ soit } 48 \%$$

Il y a donc eu perte d'énergie entre l'entrée (la ressource énergétique) et la sortie de la chaîne ; on parle de dégradation.

4. Ces centrales utilisent une ressource énergétique renouvelable.

20 Rédiger correctement une solution

1. Des pertes d'énergie expliquent cette différence : il y a dégradation. Une partie de l'énergie transférée sert à chauffer l'atmosphère, une partie est renvoyée dans l'espace.

2. a. On utilise la définition du rendement de conversion :

$$\rho = \frac{\mathcal{P}_{\text{sortie}}}{\mathcal{P}_{\text{entrée}}}$$

d'où $\mathcal{P}_{\text{sortie}} = \rho \times \mathcal{P}_{\text{entrée}} = \frac{15}{100} \times 0,7 \approx 0,1 \text{ kW}$.

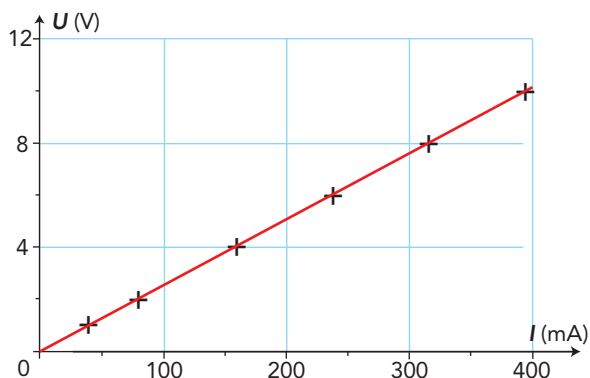
b. À partir de la relation $\mathcal{E} = \mathcal{P} \cdot \Delta t$, on calcule la quantité d'énergie électrique produite :

$$\mathcal{E} = 0,105 \times 1500 \approx 1,6 \times 10^2 \text{ kW} \cdot \text{h} = 1,6 \times 10^5 \text{ W} \cdot \text{h}$$

21 Caractéristique d'un conducteur ohmique

1. Il faut brancher l'ampèremètre en série avec le conducteur ohmique (la borne A du côté + du générateur) et le voltmètre en dérivation aux bornes du conducteur ohmique (la borne V du côté + du générateur).

2. Le tracé obtenu est :



La courbe obtenue est une droite passant par l'origine. On en déduit que l'intensité et la tension sont proportionnelles : ce dipôle suit donc la loi d'Ohm.

3. La valeur de la résistance est donnée par le coefficient directeur de la droite :

$$R = \frac{8,0 - 0}{0,32 - 0} \approx 25 \, \Omega$$

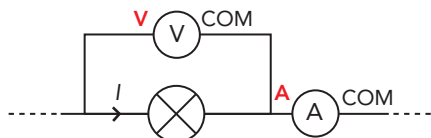
4. Par lecture graphique, pour $U = 5 \, \text{V}$, on lit $I \approx 200 \, \text{mA}$.

Par le calcul : $I = \frac{U}{R} = \frac{5,0}{25} \approx 0,20 \, \text{A}$, soit $200 \, \text{mA}$.

5. Le dipôle reçoit de l'énergie électrique et réalise un transfert thermique avec le milieu environnant.

22 Étude d'une caractéristique

1. Le schéma électrique complété est le suivant :



2. On observe que tension et intensité ne sont pas proportionnelles, donc ce dipôle ne suit pas la loi d'Ohm.

3. Par lecture graphique, si on impose une intensité de $68 \, \text{mA}$ dans la branche de l'ampoule, la tension à ses bornes prendra la valeur $3,0 \, \text{V}$.

23 Geothermic central

Traduction du texte :

« Des projets en géothermie voient le jour aux États-Unis. Par exemple, la centrale électrique géothermique du comté de Beaver est située dans l'Utah. Cette centrale a coûté 33 millions de dollars et a commencé à produire ses premiers mégawatts d'électricité à destination de la ville d'Anaheim, en Californie. La centrale est équipée de générateurs électriques capables de produire $14 \, \text{MW}$ de puissance : $4,0 \, \text{MW}$ sont utilisés par les pompes, les $10 \, \text{MW}$ restants alimentent environ $7\,000$ logements. Deux autres centrales de ce type sont en cours de construction dans le Nevada et dans le Nouveau-Mexique. »

Réponses aux questions

1. Voir le chapitre 14, p. 248 du manuel.

2. La proportion d'énergie utilisable est de $\frac{10}{14}$, ce qui correspond à $72 \, \%$ de l'énergie produite.

3. Par la relation $\mathcal{E} = \mathcal{P} \cdot \Delta t$, on calcule $\mathcal{E}$:

$$\mathcal{E} = 10 \times 10^6 \times 365 \times 24 \times 3600 \approx 3,2 \times 10^{14} \, \text{J}.$$

4. La masse de pétrole économisée chaque année est :

$$m = \frac{3,15 \times 10^{14}}{16,8 \times 10^9} \approx 1,9 \times 10^4 \, \text{t}$$

Pour aller plus loin

24 Le chauffe-eau solaire

1. Il s'agit de préserver l'environnement et d'utiliser pour cela des ressources énergétiques renouvelables, non polluantes, facilement transportables.

2. Il s'agit de l'énergie solaire. C'est une ressource renouvelable, car exploitable sans limite de durée à notre échelle.

3. a. À partir de $\mathcal{E} = \mathcal{P} \cdot \Delta t$, on calcule $\mathcal{E}$:

$$\mathcal{E} = 2000 \times 7 \times 365 = 5,11 \times 10^6 \, \text{W} \cdot \text{h}, \text{ soit environ } 5 \times 10^3 \, \text{kW} \cdot \text{h}.$$

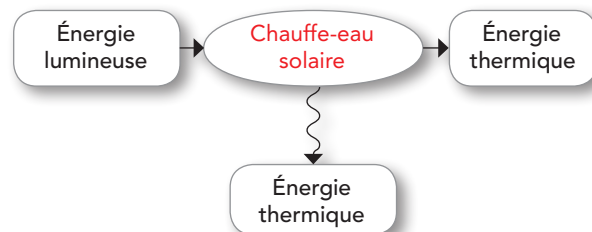
Au prix du $\text{kW} \cdot \text{h}$, cela correspond à une dépense de :

$$5,11 \times 10^3 \times 0,07880 \approx 403 \, \text{€}$$

b. Sachant qu'on réalise une économie de $70 \, \%$ avec un chauffe-eau solaire, un foyer de quatre personnes verra sa facture diminuer d'environ $282 \, \text{€}$ par an.

c. S'équiper d'un chauffe-eau solaire est avant tout une démarche éco-citoyenne, puisque la durée de vie d'un appareil est actuellement du même ordre de grandeur que la durée d'amortissement.

4. La chaîne énergétique est :



25 Économie d'énergie

1. Au cours d'un cycle, l'énergie se calcule par le produit « puissance $\times$ durée » :

$$\text{Appareil de classe A+ : } \mathcal{E}_{A+} = 0,90 \times 2,5 \approx 2,3 \, \text{kW} \cdot \text{h}$$

$$\text{Pour l'autre appareil : } \mathcal{E}_C = 1,3 \times 2,5 \approx 3,3 \, \text{kW} \cdot \text{h}$$

2. a. Sur un an, il y a 200 cycles d'utilisation, donc une consommation de $200 \times 2,25 \approx 4,5 \times 10^2 \, \text{kW} \cdot \text{h}$ pour l'appareil de classe A+ et de $200 \times 3,25 \approx 6,5 \times 10^2 \, \text{kW} \cdot \text{h}$ pour l'appareil de classe C.

Le coût annuel est :

– pour l'appareil de classe A+ :

$$4,5 \times 10^2 \times 0,07880 \approx 36 \, \text{€}$$

– pour l'appareil de classe C :

$$6,5 \times 10^2 \times 0,07880 \approx 51 \, \text{€}$$

b. L'acheteur économise donc environ $16 \, \text{€}$ par an.

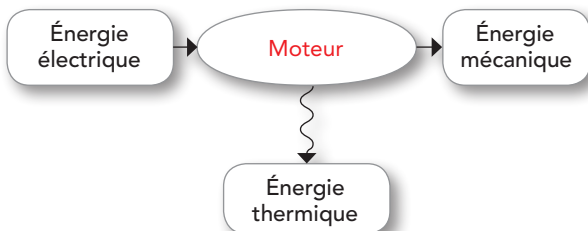
c. À l'achat l'écart de prix est de $169 \, \text{€}$, il faudra donc presque 11 ans pour compenser la différence de prix à l'achat ; l'achat est donc avant tout une logique éco-citoyenne.

26 À chacun son rythme

1. La centrale est utilisée en moyenne 200 jours par an.
2. L'énergie fournie est :
 $\mathcal{E} = 1800 \times 200 \times 24 \approx 8,6 \times 10^6 \text{ MW} \cdot \text{h}$
3. Il faut donc environ 8600 éoliennes de ce type pour produire la même énergie.

27 Transfert d'énergie électrique

1. a. L'énergie électrique reçue est :
 $\mathcal{E}_e = U \cdot I \cdot \Delta t = 4,5 \times 0,100 \times 2,5 = 1,1 \text{ J}.$
b. L'énergie thermique perdue par effet Joule est :
 $\mathcal{E}_{th} = r \cdot I^2 \cdot \Delta t = 2,1 \times 0,100^2 \times 2,5$
 $\mathcal{E}_{th} = 5,3 \times 10^{-2} \text{ J}.$
c. L'énergie disponible $\mathcal{E}_1$ se calcule par :
 $\mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_e - \mathcal{E}_{th} = 1,0 \text{ J}.$
2. L'énergie mécanique s'identifie à l'énergie potentielle de pesanteur; il n'y a pas d'énergie cinétique.
 $\mathcal{E}_m = \mathcal{E}_p = m \cdot g \cdot h = 0,035 \times 9,8 \times 0,60$
 $\mathcal{E}_m = 2,1 \times 10^{-1} \text{ J}.$
3. L'énergie mécanique est plus faible que l'énergie disponible; il y a eu des pertes.
4. La chaîne énergétique complète est :

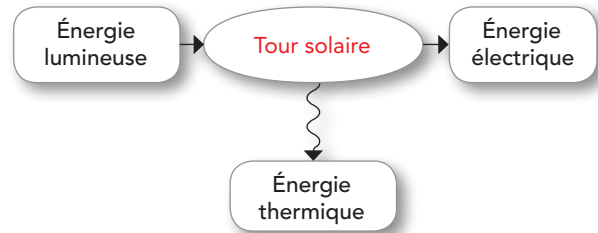


5. Le rendement se calcule par la relation :
 $r = \frac{\mathcal{E}_m}{\mathcal{E}_e} = \frac{2,1 \times 10^{-1}}{1,1} = 0,19, \text{ soit } 19 \text{ \%.}$

Retour sur l'ouverture du chapitre

28 Tour solaire

1. La tour utilise l'énergie lumineuse, de rayonnement.
2. Ces installations utilisent une énergie renouvelable et ne dégagent pas de gaz à effet de serre. Les centrales thermiques utilisent des ressources non renouvelables et rejettent des gaz à effets de serre.
3. La chaîne énergétique de cette installation est :



4. La puissance en entrée de chaîne se calcule par :
 $\mathcal{P}_{\text{entrée}} = 0,70 \times 1,5 \times 10^5 = 1,1 \times 10^5 \text{ kW}.$
Dans ces conditions, le rendement vaut :
 $r = \frac{\mathcal{P}_{\text{sortie}}}{\mathcal{P}_{\text{entrée}}} = \frac{20 \times 10^6}{1,1 \times 10^8} = 0,19, \text{ soit seulement } 19 \text{ \%.}$

Stockage et conversion de l'énergie chimique

Chapitre 16

Activités

1 Convertir et stocker l'énergie chimique (p. 270-271)

A Convertir l'énergie chimique

1 Au cours d'une réaction chimique, il y a conservation des éléments et donc conservation de la masse.

2 Non : les espèces chimiques qui constituent les réactifs sont détruites au cours d'une réaction chimique. Ce sont les éléments qui sont conservés.

3 a. *thermolyse* : il s'agit de la dégradation des matières organiques sous l'effet de la chaleur, qui produit notamment du méthane.

système chimiluminescent : réaction chimique au cours de laquelle de la lumière est émise.

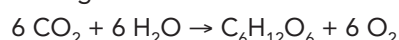
b. Lors d'une thermolyse, du méthane, du dihydrogène, du monoxyde, du dioxyde de carbone, de la vapeur d'eau, etc. sont produits. Sous l'action de la chaleur, il y a formation de nouvelles molécules qui pourront être utilisées, par exemple, comme combustibles (méthane, dihydrogène). Il y a donc transformation d'énergie thermique en énergie chimique.

c. Le luminol est utilisé en criminologie pour détecter les traces de sang.

4 a. La photosynthèse est la production de matière organique et de dioxygène dans les chloroplastes à partir du dioxyde de carbone atmosphérique et d'eau, grâce à l'énergie lumineuse. La plante est le

siège d'une réaction photochimique : c'est un « réacteur » photochimique.

b. Synthèse du glucose :



5 a. ATP : adénosine triphosphate.

b. Il s'agit du cycle de Krebs.

c. Il se déroule dans la mitochondrie.

d. Deux groupes hydroxyle ($-\text{OH}$) et un groupe amine ($-\text{NH}_2$).

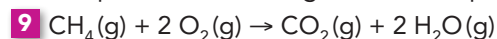
B Stocker l'énergie chimique

6 L'énergie n'est ni consommée au fur et à mesure de sa production ni sur son lieu de production.

7 La biomasse est constituée par toute matière organique d'origine végétale.

8 a. La combustion est une réaction chimique exothermique d'oxydoréduction.

b. Les combustions sont utilisées majoritairement dans la production d'énergie et les transports.



10 L'énergie chimique est l'énergie contenue dans les espèces chimiques et qui peut être libérée lors d'une réaction chimique.

2 La dépendance aux énergies : impact environnemental (p. 272-273)

1 tep : tonne d'équivalent pétrole.

C'est une unité d'énergie : $1 \text{ tep} = 41,855 \text{ GJ}$

$$1 \text{ Mtep} = 1 \times 10^6 \text{ tep}$$

2 a. Les COV ou composés organiques volatils (benzène, butadiène, tétrahydrofurane, trichloréthylène, chlorure de vinyle, formaldéhyde, etc.), le monoxyde de carbone CO, le monoxyde et le dioxyde d'azote NO et NO₂, l'ozone O₃, le dioxyde de soufre SO₂, etc.

b. Certains sont cancérigènes, ou tératogènes, d'autres provoquent des irritations des yeux et des voies respiratoires.

3 a. Le premier émetteur de dioxyde de carbone est le transport routier.

b. La plupart des véhicules ont des moteurs thermiques qui utilisent une réaction de combustion de composés organiques.

4 a. Une partie de l'énergie émise par la terre est retenue, grâce à certains gaz présents dans l'atmosphère, au lieu d'être renvoyée dans l'espace : c'est l'effet de serre.

b. La Terre peut être assimilée à un corps noir qui vérifie la loi de Wien : elle émet donc de l'énergie.

c. L'augmentation du phénomène d'effet de serre contribue à une augmentation de la température moyenne à la surface de la Terre et donc à une modification des climats, à des bouleversements écologiques, etc.

5 Le dioxyde de carbone CO_2 , le méthane CH_4 , le protoxyde d'azote N_2O , les hydrofluorocarbures (halogénoalcanes fluorés), les polyfluorocarbures (CF_4 et C_2F_6), l'hexafluorure de soufre SF_6 , le dioxyde de soufre SO_2 , le monoxyde et le dioxyde d'azote NO et NO_2 , les COVNM ou composés organiques volatils non méthaniques (aromatiques, aldéhydes, etc.), le monoxyde de carbone CO .

6 a. Les biocarburants, l'éolien, l'énergie solaire, etc. sont des énergies alternatives.

b. Ces énergies ne produisent pas de dioxyde de carbone durant leur utilisation.

c. La production des biocarburants peut entrer en concurrence avec celle de denrées alimentaires. Elle peut engendrer l'utilisation d'engrais, de pesticides et d'eau en grande quantité. La fabrication des éoliennes, des panneaux solaires, etc. peut également générer des pollutions.

3 Les biocarburants : solution écologique ou problème éthique ? (p. 274)

1 Contrairement aux combustibles fossiles qui libèrent, lors de leur combustion, du carbone « séquestré » il y a très longtemps, le dioxyde de carbone rejeté dans l'atmosphère lors de la combustion des biocarburants aura été « capturé » dans l'atmosphère lors de la croissance des plantes utilisées : le bilan carbone « pousse-combustion » est donc quasi nul. Néanmoins, il ne l'est pas totalement car l'utilisation d'engins agricoles, la fabrication des engrais, des pesticides, etc. pour ces cultures produisent du dioxyde de carbone.

2 Les biocarburants de première génération entrent en concurrence directe avec la production des den-

rées alimentaires : les cours des matières premières augmentent ; ils nécessitent l'utilisation d'engrais, de pesticides : il y a risque de pollution ; l'eau est parfois utilisée en grandes quantités : il y a risque de pénurie et de modification des climats.

3 Les biocarburants de deuxième et troisième générations ne présentent pas les inconvénients des premiers, car il s'agit d'utiliser des résidus (seconde génération) ou de réaliser de la culture hors sol (culture d'algues, etc.).

4 Le dihydrogène est utilisé dans la pile à combustible dont l'utilisation est envisagée pour répondre au défi énergétique.

4 Évaluer l'énergie libérée lors d'une combustion (p. 275)

Matériel

- Un support avec noix et pinces ;
- un thermomètre ;
- une éprouvette graduée de 200 mL ;
- un agitateur en verre ;
- une balance au centième de gramme ;
- une bougie de type chauffe-plat en paraffine ;
- une planchette en bois ;
- une canette (boisson), en acier ou en aluminium, dont la partie supérieure aura été découpée ;
- des allumettes ;
- de l'eau initialement refroidie aux alentours de 8°C .

L'utilisation d'eau refroidie permet une compensation des échanges de chaleur entre le système et le milieu extérieur.

La masse de la bougie brûlée étant très faible, une balance de précision (à $0,01\text{ g}$) est nécessaire.

Une planchette en bois a été utilisée pour limiter les pertes thermiques par conduction dans le support.

Nous avons obtenu des valeurs de chaleurs de combustions inférieures à la théorie (12 %). Cela peut s'expliquer par :

- une combustion incomplète de la paraffine (léger dépôt noir sur le fond de la boîte) ;
- des déperditions thermiques dans l'air ambiant non compensées.

Expérimentalement, les valeurs que nous avons sont les suivantes :

$m_1 = 148\text{ g}$; $\theta_i = 6,6^\circ\text{C}$; $\theta_f = 32^\circ\text{C}$; $m_b = 26,6\text{ g}$ (boîte en acier)

1 $m_2 = 0,44\text{ g}$

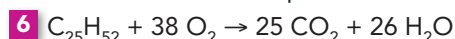
2 $\mathcal{E}_{\text{th}3} = (m_1 \cdot c_{\text{eau}} + m_{\text{boîte}} \cdot c_{\text{acier}}) \cdot \Delta\theta + m_2 \cdot Q_{\text{éb(paraffine)}}$
 $\mathcal{E}_{\text{th}3} = (148 \times 4,18 + 26,6 \times 0,470) \times 25,4 + 0,44 \times 1420$
 $\mathcal{E}_{\text{th}3} = 1,7 \times 10^4\text{ J}$

3 a. $\mathcal{E}_{\text{th}} = \frac{1}{m_2} \cdot \mathcal{E}_{\text{th}3} = 3,8 \times 10^4\text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$

b. $\mathcal{P} = 3,8 \times 10^4\text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$

4 $\mathcal{E} = \mathcal{E}_{\text{th}} \cdot M_{\text{paraffine}} = 3,8 \times 10^4 \times 352 = 1,3 \times 10^7\text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} = 1,3 \times 10^4\text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

5 L'énergie de combustion est $1,3 \times 10^2$ fois supérieure à l'énergie de changement d'état de la paraffine. Cette différence est due à la différence de nature des liaisons qui se rompent et se forment lors d'un changement d'état ou d'une réaction chimique.

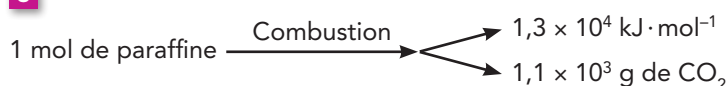


7 a.

Équation		$\text{C}_{25}\text{H}_{52}$	+	38O_2	$\rightarrow$	25CO_2	+	$26 \text{H}_2\text{O}$
État initial	$x = 0$	1,0		excès		0		0
État final	x_{max}	$1,0 - x_{\text{max}}$		excès		$25 x_{\text{max}}$		$26 x_{\text{max}}$

b. $n(\text{CO}_2) = 25 x_{\text{max}} = 25 \text{ mol}$; $m(\text{CO}_2) = n(\text{CO}_2) \times M(\text{CO}_2) = 1,1 \times 10^3 \text{ g} = 1,1 \text{ kg}$

8



Exercices (p. 277-284)

QCM

- 1** 1. A et C ; 2. A et B ; 3. A et B ; **2** 1. A et C ; 2. A, B et C ; 3. A et C ; 4. B ; 5. A et B ; **3** 1. B ; 2. A, B et C ; 3. A.

Application immédiate



2. a. $V(\text{C}_2\text{H}_6\text{O}) = 0,85 \cdot V = 7,0 \text{ L}$.

b. Quantité d'éthanol consommée :

$$n(\text{C}_2\text{H}_6\text{O}) = \rho \cdot \frac{V(\text{C}_2\text{H}_6\text{O})}{100 \times M(\text{C}_2\text{H}_6\text{O})}$$

$$n(\text{C}_2\text{H}_6\text{O}) = 1,2 \text{ mol.}$$

Masse de dioxyde de carbone produite :

$$m = n(\text{CO}_2) \cdot M(\text{CO}_2) = 2 \cdot n(\text{C}_2\text{H}_6\text{O}) \cdot M(\text{CO}_2)$$

$$m = 106 \text{ g.}$$

5 1. $m_{\text{eau}} = \rho \cdot V = 2,5 \times 10^2 \text{ g}$

2. $m_{\text{gaz}} = \frac{(m_{\text{eau}} \cdot c_{\text{eau}} + C_{\text{théière}}) \cdot (\theta_f - \theta_i)}{c_{\text{th}}}$

$$m_{\text{gaz}} = 2,1 \text{ g.}$$

Pour commencer

6 Reconnaître l'énergie chimique

c., d. et e.

7 Reconnaître les convertisseurs d'énergie chimique

Réponse a. (l'énergie chimique est convertie en énergie rayonnante) et réponse e. (l'énergie chimique est convertie en énergie mécanique).

8 Nommer les convertisseurs d'énergie chimique

- a. Une feuille verte réalisant la photosynthèse.
b. Une chaudière à gaz, fioul, bois, etc.
c. Une pile ou un accumulateur.
d. Un muscle.

9 Écrire l'équation d'une combustion complète

- a. $\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$
b. $2 \text{C}_{10}\text{H}_{22} + 31 \text{O}_2 \rightarrow 20 \text{CO}_2 + 22 \text{H}_2\text{O}$
c. $\text{C}_9\text{H}_{20} + 14 \text{O}_2 \rightarrow 9 \text{CO}_2 + 10 \text{H}_2\text{O}$
d. $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 3 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{CO}_2 + 3 \text{H}_2\text{O}$
e. $2 \text{C}_3\text{H}_7\text{OH} + 9 \text{O}_2 \rightarrow 6 \text{CO}_2 + 8 \text{H}_2\text{O}$
f. $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH} + 6 \text{O}_2 \rightarrow 4 \text{CO}_2 + 5 \text{H}_2\text{O}$

10 Écrire les équations d'une combustion incomplète

1. Carbone, monoxyde de carbone et dioxyde de carbone.
2. $\text{C}_3\text{H}_8(\text{g}) + 2 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 3 \text{C}(\text{s}) + 4 \text{H}_2\text{O}(\text{g})$
 $2 \text{C}_3\text{H}_8(\text{g}) + 7 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 6 \text{CO}(\text{g}) + 8 \text{H}_2\text{O}(\text{g})$
 $\text{C}_3\text{H}_8(\text{g}) + 5 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 3 \text{CO}_2(\text{g}) + 4 \text{H}_2\text{O}(\text{g})$

11 Comparer des énergies de combustion et de vaporisation

1.

	Méthanol	Éthanol	Octane	Dodécane
$\mathcal{E}_{\text{comb}} / \mathcal{E}_{\text{vap}}$	19	33	$1,6 \times 10^2$	$1,7 \times 10^2$

Les énergies de combustions sont plus grandes que celles de vaporisation.

2. Ce résultat était attendu. Ceci est dû à la nature des liaisons qui se rompent et se forment :

- lors des changements d'état, il s'agit de liaisons intermoléculaires (Van der Waals ou hydrogène);
- lors des réactions chimiques, il s'agit de liaisons covalentes.

12 Déterminer la chaleur de combustion de la paraffine

1. Formule générale d'un alcane C_nH_{2n+2} d'où $C_{25}H_{52}$

2. $C_{25}H_{52} + 38 O_2 = 25 CO_2 + 26 H_2O$

$$3. \mathcal{E}_{th} = \frac{1}{m} \cdot [(m_1 \cdot c_{eau} + m_{boîte} \cdot c_{acier}) \cdot \Delta\theta] + Q_{éb(paraffine)}$$

$$= \frac{1}{0,44} \times (148 \times 4,18 + 26,6 \times 0,470) \times 25,4 + 1420$$

$$= 3,8 \times 10^4 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1},$$

$$\text{soit } \mathcal{E}_{th} = 3,8 \times 10 \text{ kJ} \cdot \text{g}^{-1}$$

$$\text{d'où } \mathcal{P} = 3,8 \times 10^4 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$4. \mathcal{E} = \mathcal{E}_{th} \cdot M_{paraffine} = 3,8 \times 10 \times 352$$

$$= 1,3 \times 10^4 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

5. L'énergie de combustion est $1,3 \times 10^2$ fois supérieure à l'énergie de changement d'état de la paraffine. Cette différence est due à la différence de nature des liaisons qui se rompent et se forment.

Pour s'entraîner

13 Déterminer la masse d'eau chauffée par la combustion d'un gaz

1. propane : C_3H_8 et $CH_3-CH_2-CH_3$

butane : C_4H_{10} et $CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$

$$2. \mathcal{P}_{propane} = \frac{\mathcal{E}_{propane} \times 10^3}{M_{propane}} = 5,05 \times 10^4 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$\mathcal{P}_{butane} = \frac{\mathcal{E}_{butane} \times 10^3}{M_{butane}} = 4,97 \times 10^4 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$3. a. m_{eau} = m_{gaz} \cdot \frac{\mathcal{E}_{th}}{c_{eau} \cdot (\theta_f - \theta_i)}$$

Pour le propane : $m_{eau} = 2,1 \text{ kg}$.

Pour le butane : $m_{eau} = 2,1 \text{ kg}$.

b. Cette masse est maximale, car il y a des pertes d'énergie (chauffage de la casserole, de l'air environnant, etc.).

4. Les masses de propane et de butane sont identiques, mais comme la masse molaire du butane est supérieure à celle du propane, cela signifie que la quantité de matière de propane consommée est plus importante.

14 À chacun son rythme

$$1. 2 \times 7,4 = 14,8 \quad 2 \times 11,6 = 2 \times 7,9 + 7,4$$

$$2 \times 11,1 = 22,2 \quad 2 \times 17,85 = 2 \times 12,3 + 11,1$$

Elles sont ajustées.

2. a. Pour l'essence : $n(CO_2) = 7,90 \text{ mol}$.

Pour le gazole : $n(CO_2) = 12,3 \text{ mol}$.

Dans un gramme :

$$\bullet n(\text{essence}) = \frac{m}{M_{essence}} = \frac{1,00}{109,6} = 9,12 \times 10^{-3} \text{ mol},$$

donc la combustion de 1,00 g d'essence produit :
 $n = 9,12 \times 10^{-3} \times 7,90 = 7,21 \times 10^{-2} \text{ mol de } CO_2$.

$$\bullet n(\text{gazole}) = \frac{m}{M_{gazole}} = \frac{1,00}{169,8} = 5,89 \times 10^{-3} \text{ mol},$$

donc la combustion de 1,00 g de gazole produit :
 $n = 5,89 \times 10^{-3} \times 12,3 = 7,24 \times 10^{-2} \text{ mol de } CO_2$.

b. • La combustion de 1,00 g d'essence produit :
 $m = n \cdot M(CO_2) = 7,21 \times 10^{-2} \times 44 = 3,17 \text{ g de } CO_2$.

• la combustion de 1,00 g de gazole produit :
 $m = n \cdot M(CO_2) = 7,24 \times 10^{-2} \times 44 = 3,18 \text{ g de } CO_2$.

c. On retrouve donc les deux formules :

$$\frac{m}{1,00} = 3,17 \text{ pour l'essence}$$

$$\text{et } \frac{m}{1,00} = 3,18 \text{ pour le gazole.}$$

15 Émissions de CO_2 d'un véhicule diesel

1. $2 C_{12}H_{26} + 37 O_2 \rightarrow 24 CO_2 + 26 H_2O$

2. Pour 1 km parcouru, 0,060 L de carburant sont consommés.

$$n_{alcane} = \frac{\rho \cdot V}{M} = 0,26 \text{ mol}$$

$$m(CO_2) = \frac{24}{2} n_{alcane} \cdot M(CO_2) = 1,4 \times 10^2 \text{ g}$$

16 Émissions de CO_2 d'un véhicule GPL

1. GPL : Gaz de pétrole liquéfié.

2. butane : $2 C_4H_{10} + 13 O_2 \rightarrow 8 CO_2 + 10 H_2O$

propane : $C_3H_8 + 5 O_2 \rightarrow 3 CO_2 + 4 H_2O$

3. Pour 1 km parcouru, 0,050 L de butane et 0,050 L de propane sont consommés.

$$a. n_{butane} = \frac{\rho \cdot V}{M} = 0,50 \text{ mol}$$

$$m(CO_2) = \frac{8}{2} n_{butane} \cdot M(CO_2) = 89 \text{ g}$$

$$b. n_{propane} = \frac{\rho \cdot V}{M} = 0,59 \text{ mol}$$

$$m(CO_2) = 3 n_{propane} \cdot M(CO_2) = 77 \text{ g}$$

$$c. m_{totale} = 89 + 77 = 166 \text{ g}$$

17 Combustible propre

1. a. $CH_4 + 2 O_2 \rightarrow CO_2 + 2 H_2O$

b. $2 C_8H_{18} + 25 O_2 \rightarrow 16 CO_2 + 18 H_2O$

c. $C_2H_5OH + 3 O_2 \rightarrow 2 CO_2 + 3 H_2O$

2. a. méthane : $n(CO_2) = 1 \text{ mol}$.

octane : $n(CO_2) = 8 \text{ mol}$.

éthanol : $n(CO_2) = 2 \text{ mol}$.

$$b. \mathcal{E} = \frac{\mathcal{E}_{th}}{n(CO_2)}$$

méthane : $\mathcal{E} = 890 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.

octane : $\mathcal{E} = 689 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.

éthanol : $\mathcal{E} = 686 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Le méthane est le combustible le plus « propre », car il produit un minimum de dioxyde de carbone pour un maximum d'énergie libérée.

Pour aller plus loin

18 Consommation d'un véhicule diesel

1. $\mathcal{E}_m = 0,42 \times 7,5 \times 10^3 = 3,2 \times 10^3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

2.
$$V = \frac{\mathcal{P} \cdot t \cdot M_{\text{alcane}}}{\mathcal{E}_m \cdot \rho} = \frac{\mathcal{P} \cdot d \cdot M_{\text{alcane}}}{\mathcal{E}_m \cdot \rho \cdot v}$$

avec $\mathcal{P}$ en watt; d , la distance, en m et v , la vitesse, en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

À $130 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$: $V = 6,4 \text{ L}$.

À $110 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$: $V = 5,0 \text{ L}$.

À $90 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$: $V = 4,4 \text{ L}$.

3. En réduisant la vitesse, la consommation de carburant est moindre, donc les émissions de polluants et de CO_2 sont réduites.

19 Ester méthylique

1. Il s'agit du groupe ester.

2. Oui : il s'agit de l'isomère Z.

3. a. La formule brute est bien $\text{C}_{19}\text{H}_{36}\text{O}_2$.

b. $M = 296,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

4. $n_{\text{oléate}} = \frac{\rho \cdot V}{M} = 3,0 \text{ mol}$

$m(\text{CO}_2) = 19 n_{\text{propane}} \cdot M(\text{CO}_2) = 2,5 \times 10^3 \text{ g} = 2,5 \text{ kg}$

20 World-first biofuel test flight

Traduction du texte et des questions :

« Le *Jatropha Curcas* est une plante dont les graines contiennent une huile non comestible, qui peut être utilisée pour produire un biocarburant. On peut extraire de chaque graine 30 à 40 % de leur masse en huile. Cette plante peut pousser dans un grand nombre de conditions difficiles, telles que des terres arides ou qui ne sont pas des terres arables, laissant ces dernières pour des cultures vivrières.

Un Boeing de la compagnie Air New Zealand a alimenté l'un de ces quatre moteurs Rolls-Royce avec un biocarburant dérivé de cette huile : ce premier vol d'essai sur un vol commercial a eu lieu le 30 décembre 2008.

Air New Zealand et ses partenaires ont été intraitables en ce qui concerne les trois critères de développement durable que doit respecter tout biocarburant utilisé pour ce programme de vol d'essai. Ils sont social, technique et commercial.

Premièrement, la matière première qui conduit au biocarburant doit s'inscrire dans le développement durable et ne doit pas entrer en compétition avec des cultures vivrières existantes. Deuxièmement, ce biocarburant doit être un remplaçant parfaitement interchangeable avec le kérosène traditionnel et doit être au moins aussi performant d'un point de vue technique que celui utilisé aujourd'hui. Enfin, il doit être compétitif d'un point de vue des coûts et aisément disponible (approvisionnement).

Pour cultiver le *Jatropha* et obtenir de l'huile, il faut que la terre n'ait pas été un territoire forestier ou une prairie vierge durant les deux décennies précédentes. La qualité du sol et le climat nécessaires sont tels que ces terres ne sont pas appropriées pour la grande majorité des cultures vivrières. En outre, les fermes de culture du *Jatropha* sont arrosées par la pluie et non irriguées mécaniquement.

1. a. Pourquoi l'huile de *Jatropha* est-elle un biocarburant de seconde génération ?

b. Quelles autres plantes utilise-t-on pour produire des biocarburants ?

c. Quels sont les principaux avantages et inconvénients liés à l'utilisation de biocarburants ?

2. a. Quels sont les trois critères que doit respecter le biocarburant utilisé ?

b. Pourquoi est-il important que le biocarburant soit au moins aussi performant que le carburant traditionnel pour avion ? »

Réponses aux questions :

1. a. L'huile de *Jatropha* est un biocarburant de seconde génération, car le *Jatropha* n'est pas une plante comestible.

b. Canne à sucre, maïs, betterave, colza, etc. sont utilisés pour produire des biocarburants.

c. Leur bilan carbone est avantageux comparé à celui des combustibles fossiles. Mais cela pose les problèmes de l'occupation des sols (ratio cultures vivrières / cultures pour biocarburants), de l'utilisation d'engrais, de la consommation et la répartition d'eau, des cours des matières premières alimentaires, etc.

2. a. Il ne doit pas polluer ni être en concurrence avec des cultures vivrières. Il doit être un remplaçant parfait des carburants pour avion (propriétés physique et mécanique). Il doit être compétitif (au point de vue des coûts) et disponible (au point de vue de l'approvisionnement).

b. Il ne doit pas se produire de panne lorsque l'avion vole, etc.

21 La concentration en dioxyde de carbone

1. a. 1 ppm correspond à une molécule sur un million de molécules ou un mètre-cube sur un million de mètre-cube ou encore un millilitre sur un million de millilitres, soit 1 millilitre sur 1 mètre-cube.

b. Il y aura un accroissement de 63 ppm, soit 21 ans : en 2031.

c. À la concentration de 450 ppm, il y aura 450 mL ($1,91 \times 10^{-2} \text{ mol}$) de CO_2 dans 10^3 L d'air.

Soit une concentration de $1,91 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ou $8,40 \times 10^{-4} \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} = 0,840 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$.

2. Au-delà, les dommages causés à l'environnement seraient irréversibles.

3. a. Dans le protocole de Kyoto sont reconnus les gaz à effet de serre direct : CO_2 , CH_4 , N_2O , HFC, PFC, SF_6 et les quatre gaz à effet de serre indirect : SO_2 , NO_x , COVNM, CO. (Voir Activité 2, p. 273 du manuel.)

b. Les sources principales de méthane sont :

– la fermentation anaérobie sous l'eau (32 % des émissions) (rizières, zones humides, barrages hydro-électriques, etc.);

- le dégel du pergélisol (permafrost);
- les fuites dans l'atmosphère lors de l'extraction, du transport, du traitement, etc. du gaz naturel;
- les ruminants (16 % des émissions);
- la fermentation des déchets ménagers (12 % des émissions);
- la dégradation incomplète des végétaux de la biomasse (10 % des émissions).

c. À l'échelle industrielle :

- lutter contre toutes les fuites de la filière gaz naturel ;
- capter le méthane émis au niveau des décharges d'ordures ou station d'épuration, au niveau des effluents d'élevages;
- développer une riziculture qui génère moins de méthane (diminution des engrais, etc.);
- limiter le réchauffement de la planète pour éviter le dégel du pergélisol.

Au niveau individuel :

- réduire sa consommation de viande (bovine notamment) et de riz ;
- composter ses déchets en veillant à ce que le compost soit suffisamment aéré.

22 Des algues mangeuses de CO₂

1. *Anthropique* : qualifie tout élément provoqué directement ou indirectement par l'action de l'homme.

Bioséquestration : capture du dioxyde de carbone, produit par les activités humaines, par des végétaux, grâce à la photosynthèse pour produire de la matière organique.

Acre : unité de surface dont la valeur varie entre 3 000 m² et 6 000 m².

Biocarburant : carburant issu de la biomasse.

Biomasse : matière organique d'origine végétale.

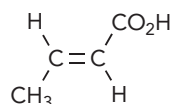
2. La culture d'algues permet d'utiliser le CO₂, produit par les activités humaines, pour produire des biocarburants. On diminue ainsi les rejets de CO₂ (gaz à effet de serre) dans l'atmosphère.

3. a. La surface des cultures de soja serait de 8 000 ha, soit 80 km².

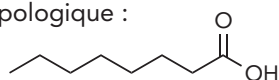
b. Cette surface est pratiquement le double de celle de la ville de Lyon : la surface des terres nécessaire serait trop importante et rendrait cette technique impossible à mettre en œuvre.

4. a. L'acide 3-hydroxybutanoïque présente un groupe hydroxyle et un groupe carboxyle; l'acide but-2-énoïque et l'acide octanoïque ont un groupe carboxyle.

b. Isomère E :



c. Formule topologique :



d. Le groupe carboxyle est hydrophile mais la chaîne carbonée hydrophobe est longue : l'acide but-2-énoïque est très peu soluble dans l'eau.

Retour sur l'ouverture du chapitre

23 Un avenir sombre avec le charbon

1. *Carbonisation* : transformation d'une espèce organique en charbon sous l'effet de la chaleur.

Gaz naturel : mélange d'hydrocarbures présent dans des roches poreuses à l'état gazeux. Il est essentiellement constitué de méthane.

Centrale au charbon : centrale thermique utilisant le charbon comme combustible.

Gaz à effet de serre : gaz dont la présence dans l'atmosphère engendre l'effet de serre. (Voir Activité 2, p. 273 du manuel.)

Séquestration : capture du dioxyde de carbone produit par les activités humaines soit par des végétaux, grâce à la photosynthèse pour produire de la matière organique, soit dans des poches souterraines poreuses et étanches.

2. Le charbon est utilisé comme combustible dans les centrales thermiques. Sa combustion produit de l'énergie qui sert à chauffer de l'eau pour la transformer en vapeur sous pression. Celle-ci fait tourner la turbine d'un alternateur qui produit de l'électricité.

3. Dans un contexte mondial d'augmentation des besoins énergétiques, le charbon reste notamment moins cher que le pétrole. Il assure donc l'indépendance énergétique de plusieurs pays.

4. Pollution (dioxyde de soufre et oxydes d'azote) et production importante de CO₂ (gaz à effet de serre).

5. a. L'antracite contient entre 60 et 97 % de carbone, le lignite entre 50 et 60 %.

b. $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$

Une mole de carbone consommée, soit 12 g, produit une mole de CO₂, soit 44 g.

c. En 2010 :

$$m(\text{CO}_2) = 0,80 \times 3,2 \times 10^{15} \times \frac{44}{12} = 9,4 \times 10^{15} \text{ g},$$

soit 9,4 milliards de tonnes.

En 2030 :

$$m(\text{CO}_2) = 0,80 \times 5,0 \times 10^{15} \times \frac{44}{12} = 1,5 \times 10^{16} \text{ g},$$

soit 15 milliards de tonnes.

6. Bioséquestration au moyen d'algues (voir exercice 22) ou géoséquestration dans des roches-réservoirs (anciennes poches de gaz naturel ou de pétrole).

Piles et accumulateurs, une réponse au défi énergétique

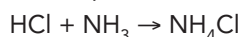
Chapitre

17

Activités

1 Piles et accumulateurs (p. 286)

1 Le mot « sel » désigne couramment le chlorure de sodium, mais, en chimie, un sel est plus généralement un solide ionique. On obtient notamment des sels en faisant réagir un acide, tel que l'acide chlorhydrique HCl, et une base, telle que l'ammoniac NH_3 :



Le chlorure d'ammonium alors obtenu, NH_4Cl , est un solide ionique constitué d'ions ammonium NH_4^+ et d'ions chlorure Cl^- .

D'où l'appellation de pile saline pour la pile dont l'électrolyte est constitué de solution gélifiée de chlorure d'ammonium.

Un alcalin est un élément appartenant à la première colonne de la classification périodique autre que l'hydrogène ; c'est le cas du lithium Li, du sodium Na, du potassium K. Les corps simples correspondant à ces éléments sont des métaux qui réagissent violemment avec l'eau pour donner des solutions basiques, respectivement d'hydroxyde de lithium, d'hydroxyde de sodium ou soude, d'hydroxyde de potassium ou potasse. Ces solutions basiques sont souvent appelées, de ce fait, solutions alcalines. D'où l'appellation de pile alcaline pour la pile dont l'électrolyte est constitué d'hydroxyde de potassium.

2 L'électrolyte de la pile saline est constitué de solution gélifiée de chlorure d'ammonium et celui de la pile alcaline est constitué de solution gélifiée d'hydroxyde de potassium.

3 Piles salines et alcalines ont la même force électromotrice, 1,5 V, la même énergie massique, $100 \text{ W} \cdot \text{h} \cdot \text{kg}^{-1}$, mais des énergies volumiques différentes : $0,18 \text{ W} \cdot \text{h} \cdot \text{cm}^{-3}$ pour les piles salines et $0,24 \text{ W} \cdot \text{h} \cdot \text{cm}^{-3}$ pour les piles alcalines au dioxyde de manganèse. Ces piles peuvent être utilisées dans les lampes de poches, les radios, horloges, télécommandes, les appareils photos, les consoles de jeux portables. Les piles salines ont un bon rapport qualité/prix et doivent être privilégiées pour les appareils à usage fréquent et consommant peu d'électricité. Les piles alcalines ont une durée de stockage plus longue, une possibilité de débit prolongée et une capacité plus importante que les piles salines ; leur emploi sera donc privilégié pour les applications plus pointues et/ou plus ponctuelles telles que les appareils photos, etc. Cependant, l'emploi des accumulateurs, dont ceux à base de lithium, bien plus performants, tend à se généraliser.

4 Ces piles contiennent des métaux lourds polluants tels que le zinc, le manganèse, etc. qui doivent être récupérés pour éviter toute pollution et valorisés pour économiser les ressources naturelles. L'acier qu'elles contiennent peut être également récupéré.

5 a. La navette spatiale utilise le dioxygène et le dihydrogène comme réactifs.

b. Le dihydrogène est le combustible de ces piles. Il est obtenu par électrolyse de solutions aqueuses ioniques ou par reformage d'hydrocarbures. L'électrolyse consomme beaucoup d'énergie électrique et le reformage des hydrocarbures libère du dioxyde de carbone, gaz à effet de serre : la production de dihydrogène n'est pas écologique et, par extension, les piles à combustible fonctionnant au dihydrogène ne sont pas écologiques.

6 Alimenter les voitures avec des piles à combustibles permet de faire fonctionner ces véhicules avec une autre source d'énergie que les combustibles fossiles et de limiter la pollution due à ces véhicules. Les principaux problèmes rencontrés sont l'optimisation de la réaction de fonctionnement par la mise au point de catalyseurs toujours plus performants et le stockage du combustible lorsque ce dernier est constitué par le dihydrogène, substance gazeuse à température et pression ordinaires.

7 Les appareils électroniques, tels qu'ordinateurs portables, téléphones portables, appareils photos numériques, caméras, baladeurs, consoles de jeux vidéo portables, etc. fonctionnent avec des accumulateurs. Les voitures actuelles fonctionnent aussi avec des batteries qui sont constituées d'associations d'accumulateurs.

8 Une pile rechargeable est en fait un accumulateur.

9 Le cadmium est actuellement interdit dans les accumulateurs car il est très toxique sous toutes ses

formes (pictogrammes , , ) et ne présente aucune fonction connue dans le corps humain.

10 a. Un élément d'une batterie d'accumulateurs au plomb a pour force électromotrice 2 V, pour énergie massique $35 \text{ W} \cdot \text{h} \cdot \text{kg}^{-1}$ et pour énergie volumique $80 \text{ W} \cdot \text{h} \cdot \text{dm}^{-3}$.

b. Nickel-cadmium (Ni-Cd) : 1,3 V, $55 \text{ W} \cdot \text{h} \cdot \text{kg}^{-1}$, $100 \text{ W} \cdot \text{h} \cdot \text{dm}^{-3}$

Nickel-zinc (Ni-Zn) : 1,65 V, $80 \text{ W} \cdot \text{h} \cdot \text{kg}^{-1}$,
 $140 \text{ W} \cdot \text{h} \cdot \text{dm}^{-3}$
 Nickel Métal Hydrure (NiMH) : 1,2 V, $80 \text{ W} \cdot \text{h} \cdot \text{kg}^{-1}$,
 $300 \text{ W} \cdot \text{h} \cdot \text{dm}^{-3}$
 Lithium - ion polymère : 3,7 V, $200 \text{ W} \cdot \text{h} \cdot \text{kg}^{-1}$,
 $400 \text{ W} \cdot \text{h} \cdot \text{dm}^{-3}$
 Lithium - chlorure de thionyle : 3,5 V, $290 \text{ W} \cdot \text{h} \cdot \text{kg}^{-1}$,
 $670 \text{ W} \cdot \text{h} \cdot \text{dm}^{-3}$
 Lithium - pentaoxyde de divanadium : 3,4 V,
 $260 \text{ W} \cdot \text{h} \cdot \text{kg}^{-1}$, $660 \text{ W} \cdot \text{h} \cdot \text{dm}^{-3}$
 Lithium - air : 3,4 V, $2\,400 \text{ W} \cdot \text{h} \cdot \text{kg}^{-1}$

c. Les accumulateurs au plomb sont trop lourds et pas assez performants pour pouvoir être utilisés dans les véhicules électriques.

d. Ces différents accumulateurs doivent être recyclés, car ils contiennent des métaux lourds (plomb, nickel, zinc, vanadium, etc.), des métaux tels que le lithium qui doivent être manipulés avec précaution et maintenus à l'écart de l'eau.

2 La pile de Volta (p. 287)

Matériel et produits

- Des plaques de fer, de cuivre et de zinc;
- du papier filtre;
- de l'eau distillée;
- une solution concentrée de chlorure de sodium;
- une solution concentrée de nitrate d'ammonium;
- une solution concentrée d'hydroxyde de sodium ou soude;
- de l'eau sucrée;
- un bécher;
- des tubes à essais dans leur portoir;
- une pipette Pasteur;
- des pinces crocodiles;
- des fils électriques;
- un multimètre numérique;
- une résistance électrique de quelques ohms.

A Description

1 Suite à la découverte de GALVANI sur l'électricité animale, VOLTA a mené des recherches sur les conditions d'excitation des muscles de grenouille, réfutant les conclusions de GALVANI. En effet, il pensait que les contractions des muscles de la grenouille n'étaient pas dues à une électricité contenue dans l'animal mais au contact des muscles, contenant un liquide conducteur, avec des plaques métalliques.

2 Humeur : solution aqueuse.

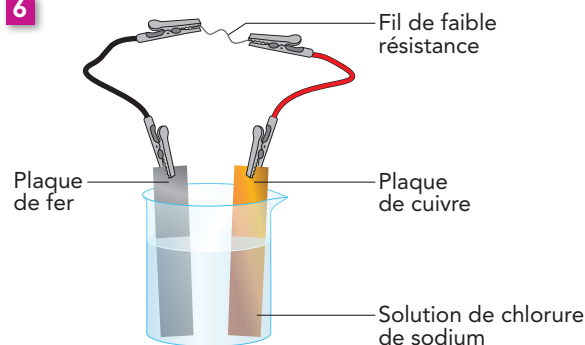
3 Réalisation d'électrolyses et étude des phénomènes électromagnétiques.

4 Ce dispositif est appelé pile, car il est constitué d'un empilement de disques de métal et de carton imbibés d'eau salée.

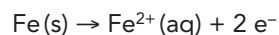
B et C Réalisation et fonctionnement

5 La plaque de fer constitue la borne négative de ce générateur.

6



Quelques gouttes de soude concentrée ajoutées à un peu de solution prélevée au voisinage de la plaque de fer conduisent à un léger trouble verdâtre, ce qui met en évidence la formation d'ions fer (II) selon la réaction :



7 Un générateur électrochimique peut être constitué de deux métaux, les électrodes, plongeant dans une solution ionique, l'électrolyte. Ces générateurs sont dits électrochimiques, car lorsqu'ils débitent un courant électrique en circuit fermé, des réactions mettant en jeu des électrons se produisent aux électrodes.

3 Réalisation et fonctionnement de piles (p. 288)

Matériel et produits

- Des plaques de zinc, de cuivre, de fer et fil d'argent;
- plusieurs béchers;
- des pinces crocodiles;
- des fils électriques;
- un multimètre numérique;
- une résistance de $10 \, \Omega$ montée sur support;
- des solutions à $0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ de sulfate de cuivre (II), de sulfate de zinc (II), de sulfate de fer (II) et de nitrate d'argent (I);
- des tubes en U remplis d'une solution gélifiée de nitrate d'ammonium ou du papier filtre et une solution de nitrate d'ammonium à $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Manuel numérique 20
 Animation :
 Fonctionnement
 d'une pile.

A Réalisation d'une pile cuivre-fer

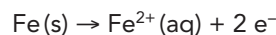
1 On mesure une f.é.m. voisine de 0,8 V. Ce système constitue un générateur puisqu'une différence de potentiel existe entre les deux plaques métalliques. La plaque de cuivre constitue sa borne positive et la plaque de fer, sa borne négative.

2 Le courant traverse l'ampèremètre, de l'électrode de cuivre vers l'électrode de fer. Dans le circuit extérieur à la pile, les porteurs de charge sont des électrons qui se déplacent en sens inverse du courant.

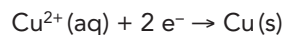
3 À l'intérieur de la pile, le courant va de l'électrode de fer vers l'électrode de cuivre. Les porteurs de charge sont constitués par les ions en solution : les cations ($\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$, $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$, $\text{NH}_4^+(\text{aq})$) se déplacent dans le sens du courant électrique et les anions ($\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$ et nitrate $\text{NO}_3^-(\text{aq})$) se déplacent en sens inverse de celui du courant électrique.

4 La solution gélifiée de nitrate d'ammonium assure la jonction électrique entre les solutions contenues dans les deux béchers.

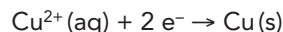
5 Les électrons qui partent de l'électrode de fer sont libérés par la réaction :



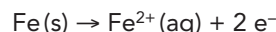
Les électrons qui arrivent à l'électrode de cuivre sont consommés par la réaction :



6 À la borne positive de la pile, les électrons qui arrivent sont consommés par :



À la borne négative de la pile, les électrons qui partent sont créés par la réaction :



B Réalisation d'autres piles

9 La force électromotrice des piles réalisées et leur polarité dépendent des éléments mis en jeu dans chaque demi-pile : $\text{Cu}(\text{s})$ et $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$, $\text{Fe}(\text{s})$ et $\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$, $\text{Zn}(\text{s})$ et $\text{Zn}^{2+}(\text{aq})$, $\text{Ag}(\text{s})$ et $\text{Ag}^+(\text{aq})$.

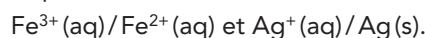
Exercices (p. 295-302)

QCM

1 1. B ; 2. C ; **2** 1. A et B ; 2. B ; 3. B et C ; 4. A et B ; 5. B ; **3** 1. B et C ; 2. A, B et C ; **4** 1. A et C ; 2. B et C ; 4.3. A et C.

Application immédiate

5 1. Les couples oxydant/réducteur mis en jeu dans cette pile sont :

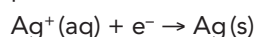


2. Le courant traverse la résistance de l'électrode d'argent vers l'électrode de graphite.

3. Les électrons traversent la résistance de l'électrode de graphite vers l'électrode d'argent. L'oxydation se produit à l'électrode de graphite :



La réduction se produit à l'électrode d'argent :



4. L'électrode en graphite permet la collection des électrons libérés par l'oxydation des ions fer (II) en ions fer (III), oxydation qui se fait à la surface de cette électrode.

6 1. La quantité initiale d'ions hydrogène est :
 $n_0(\text{H}^+) = C \cdot V = 1,0 \times 25,0 \times 10^{-3}$
 $n_0(\text{H}^+) = 2,50 \times 10^{-2} \text{ mol} = 25,0 \text{ mmol}$.
Voir le tableau en fin de chapitre, p. 119.

Lorsque tous les ions hydrogène présents initialement dans la solution ont été consommés, elle ne peut plus oxyder l'aluminium.

Alors $25,0 - 6 x_f = 0$, soit $x_f = 4,17 \text{ mmol}$

et $n(\text{Al}) - 2 x_f = 0$, soit $n(\text{Al}) = 2 x_f = 8,34 \text{ mmol}$.

La masse d'aluminium cherchée s'en déduit :

$$m(\text{Al}) = n(\text{Al}) \cdot M(\text{Al}) = 8,34 \times 10^{-3} \times 27,0$$

$$m(\text{Al}) = 0,225 \text{ g}$$

2. La quantité de dihydrogène formée est égale à $n(\text{H}_2) = 3 x_f = 3 \times 4,17 = 12,5 \text{ mmol}$.

Le volume de dihydrogène $\text{H}_2(\text{g})$ dégagé s'en déduit :

$$V(\text{H}_2) = n(\text{H}_2) \cdot V_m = 12,5 \times 10^{-3} \times 24 = 0,30 \text{ L}$$

Pour commencer

7 Étudier la constitution d'une pile

1. Le boîtier en acier nickelé de cette pile constitue ses électrodes.

2. La solution ionique de potasse constitue l'électrolyte de cette pile.

3. Le dioxygène, un des réactifs de cette pile, est apporté par l'air. Cela permet, pour un même volume, d'avoir une quantité plus importante de l'autre réactif de la pile et, donc, une autonomie plus importante.

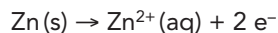
Les trous d'aération sont obturés jusqu'à la mise en service pour éviter que la pile commence à fonctionner et ne « s'use » avant d'être utilisée.

8 Étudier la constitution d'une batterie

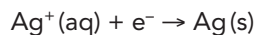
1. Un élément de cette batterie possède deux électrodes : l'une en plomb et l'autre en plomb recouvert d'oxyde de plomb PbO_2 .
2. Ces éléments de cette batterie sont associés en série dans les batteries de voiture pour augmenter la tension disponible aux bornes de la batterie (12 V disponibles pour les voitures).
3. La solution ionique d'acide sulfurique constitue l'électrolyte.
4. Il est nécessaire de recycler les batteries de voiture pour éviter les problèmes de pollution dus à l'acide sulfurique et au plomb et pour récupérer ce dernier en vue d'une réutilisation.

9 Utiliser la polarité d'une pile

- a. Le courant sort de la pile par son électrode d'argent, borne positive de la pile.
 - b. À l'extérieur de la pile, les électrons sont les porteurs de charge et se déplacent dans le sens inverse du courant : de l'électrode de zinc vers l'électrode d'argent.
- a. Dans la pile, le courant va de l'électrode de zinc vers celle d'argent.
 - b. Les ions présents en solution constituent les porteurs de charge : les cations, $\text{Zn}^{2+}(\text{aq})$, $\text{Ag}^+(\text{aq})$ et $\text{NH}_4^+(\text{aq})$, se déplacent dans le sens du courant et les anions, $\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})$ et $\text{NO}_3^-(\text{aq})$, se déplacent dans le sens inverse du courant.
3. À l'électrode de zinc se produit l'oxydation d'équation :



À l'électrode d'argent se produit la réduction d'équation :



10 Déterminer la polarité d'une pile

1. À l'extérieur de la pile, les électrons vont de l'électrode de fer vers celle de nickel.
2. À l'extérieur de cette pile, le courant va de l'électrode de nickel vers celle de fer.
3. La borne positive de cette pile est donc l'électrode de nickel.

11 Étudier des couples oxydant / réducteur

- a. $\text{Cr}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cr(s)}$: couple $\text{Cr}^{3+}(\text{aq})/\text{Cr(s)}$
- b. $\text{Hg}_2^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{Hg(l)}$: couple $\text{Hg}_2^{2+}(\text{aq})/\text{Hg(l)}$
- c. $\text{Ce}^{4+}(\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ce}^{3+}(\text{aq})$: couple $\text{Ce}^{4+}(\text{aq})/\text{Ce}^{3+}(\text{aq})$

12 Reconnaître un oxydant et un réducteur

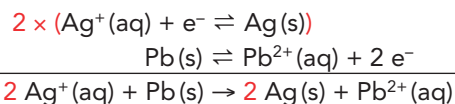
1. Le magnésium est oxydé en ions $\text{Mg}^{2+}(\text{aq})$.
2. Les ions hydrogène ont été réduits en dihydrogène $\text{H}_2(\text{g})$.
3. L'oxydant qui réagit est l'ion hydrogène ; le réducteur est le magnésium.
4. Les couples oxydant/réducteur mis en jeu sont :
 $\text{H}^+(\text{aq})/\text{H}_2(\text{g})$ et $\text{Mg}^{2+}(\text{aq})/\text{Mg(s)}$.

13 Réaliser une pile

1. Les couples oxydant/réducteur présents sont :
 $\text{Ni}^{2+}(\text{aq})/\text{Ni(s)}$ et $\text{Fe}^{2+}(\text{aq})/\text{Fe(s)}$.
2. Les deux couples constituent les deux demi-piles reliées par le pont salin constitué par le tube en U rempli de solution gélifiée de nitrate d'ammonium. Le schéma de cette pile est donné à l'exercice 10.

14 Étudier une réaction

1. Cette réaction est une réaction d'oxydoréduction puisque des électrons sont échangés entre les réactifs : les ions argent $\text{Ag}^+(\text{aq})$ étant réduits en argent métallique Ag(s) .
2. Les couples oxydant / réducteur mis en jeu sont $\text{Ag}^+(\text{aq})/\text{Ag(s)}$ de demi-équation d'oxydoréduction :
$$\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Ag(s)}$$
$$\text{Pb}^{2+}(\text{aq})/\text{Pb(s)}$$
 de demi-équation d'oxydoréduction :
$$\text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Pb(s)}$$
3. L'équation de la réaction étudiée se déduit des deux demi-équations d'oxydoréduction :



15 Écrire l'équation de réactions d'oxydoréduction

1. $\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{Cl}^-(\text{aq})$
 $\text{Sn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Sn(s)}$
 $\text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Al(s)}$
2. a. $\text{Cl}_2(\text{g}) + \text{Sn(s)} \rightarrow 2\text{Cl}^-(\text{aq}) + \text{Sn}^{2+}(\text{aq})$
b. $3\text{Sn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{Al(s)} \rightarrow 3\text{Sn(s)} + 2\text{Al}^{3+}(\text{aq})$
3. Il ne peut pas se produire de réaction d'oxydo-réduction entre $\text{Cl}^-(\text{aq})$ et Al(s) , car ce sont deux réducteurs.

16 Établir des demi-équations redox

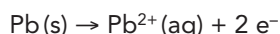
- a. $2\text{IO}_3^-(\text{aq}) + 10\text{e}^- + 12\text{H}^+(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{I}_2(\text{aq}) + 6\text{H}_2\text{O(l)}$
- b. $\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) + 2\text{e}^- + 2\text{H}^+(\text{aq}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O(l)}$
- c. $\text{O}_2(\text{g}) + 4\text{e}^- + 4\text{H}^+(\text{aq}) \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O(l)}$
- d. $2\text{HOCl(aq)} + 2\text{e}^- + 2\text{H}^+(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O(l)}$

Pour s'entraîner

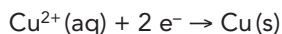
17 À chacun son rythme

1. L'électrode de cuivre constitue la borne positive de cette pile (elle est reliée à la borne V du voltmètre et l'indication de ce dernier est positive).
2. À l'extérieur de la pile, le courant va de l'électrode de cuivre, borne positive, à l'électrode de plomb. Les porteurs de charge correspondants sont des électrons. Ils se déplacent en sens inverse du courant, de l'électrode de plomb vers l'électrode de cuivre.

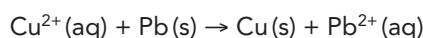
3. a. La réaction qui se produit à l'électrode de plomb a pour équation :



b. La réaction qui se produit à l'électrode de cuivre a pour équation :



4. L'équation de la réaction s'écrit :



18 Usure d'une pile

1. Les couples oxydant/réducteur mis en jeu dans cette pile sont : $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})/\text{Cu(s)}$ et $\text{Pb}^{2+}(\text{aq})/\text{Pb(s)}$.

2. La borne positive de cette pile est constituée par l'électrode de la demi-pile dont l'oxydant est réduit. Il s'agit donc de l'électrode de cuivre.

3. a. Les quantités utilisées valent :

– pour le plomb :

$$n_0(\text{Pb}) = \frac{m(\text{Pb})}{M(\text{Pb})} = \frac{9,7}{207,2}$$

$$n_0(\text{Pb}) = 4,7 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

– pour le cuivre :

$$n_0(\text{Cu}) = \frac{m(\text{Cu})}{M(\text{Cu})} = \frac{4,2}{63,5}$$

$$n_0(\text{Cu}) = 6,6 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

– pour les ions cuivre (II) et plomb (II) :

$$n_0(\text{Cu}^{2+}) = n_0(\text{Pb}^{2+}) = C \cdot V = 50 \times 10^{-3} \times 0,50$$

$$n_0(\text{Cu}^{2+}) = n_0(\text{Pb}^{2+}) = 2,5 \times 10^{-2} \text{ mol.}$$

Voir le tableau en fin de chapitre p. 119.

L'avancement maximal est tel que $2,5 \times 10^{-2} - x_f = 0$, soit $x_f = x_{\text{max}} = 2,5 \times 10^{-2} \text{ mol}$.

b. Lorsqu'il est atteint, cette pile ne peut plus fonctionner puisque le réactif $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ a été totalement consommé.

19 Stimulateur cardiaque

1. a. L'électrode de lithium est le pôle négatif de la pile puisque le lithium est oxydé.

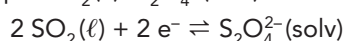
b. Les ions Li^{+} sont formés lorsque la pile fonctionne.

2. On utilise des piles au lithium pour alimenter les stimulateurs cardiaques, car leur capacité massique est très importante : pour une masse donnée de pile, ce sont elles qui peuvent restituer le plus d'énergie et donc fonctionner le plus longtemps.

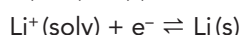
20 Radiocommunication

1. Les demi-équations d'oxydoréduction s'écrivent :

pour le couple $\text{SO}_2(\ell)/\text{S}_2\text{O}_4^{2-}(\text{solv})$:

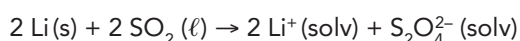


pour le couple $\text{Li}^{+}(\text{solv})/\text{Li(s)}$:



2. a. Le lithium constitue le pôle négatif de cette pile : le lithium est donc oxydé.

L'équation de fonctionnement de cette pile s'en déduit :



b. Une oxydation se produit à l'anode : il s'agit de l'électrode de lithium. Une réduction se produit à la

cathode : il s'agit du graphite relié à l'électrode d'aluminium.

3. a. Lorsque le lithium métallique réagit avec l'eau, il est oxydé en ions lithium. Il s'agit donc d'une réaction d'oxydoréduction.

b. Les piles au lithium doivent être recyclées pour éviter toute pollution, récupérer les produits et éviter les accidents possibles, liés à la réaction du lithium avec l'eau, lorsque ces piles s'abîment et que leur boîtier peut s'ouvrir. C'est pour cela que ces piles ne doivent jamais être ouvertes.

21 Fuel cell in the shuttle

Traduction du texte et des questions :

« Les piles à combustible dans la navette spatiale

Le 4 juillet 2002, la Nasa a publié un article qui décrit l'alimentation énergétique de la navette.

La pile à combustible se compose du secteur du générateur, où la réaction chimique se produit, et du secteur des accessoires qui contrôle et surveille le rendement du secteur du générateur. Le secteur du générateur, où l'hydrogène et l'oxygène sont transformés en électricité, en eau et en chaleur, se compose de 96 cellules. Les cellules contiennent l'électrolyte composé d'hydroxyde de potassium et d'eau, une électrode à oxygène (cathode) et une électrode à hydrogène (anode). L'oxygène est acheminé à l'électrode d'oxygène de la pile à combustible, où il réagit avec l'eau et des électrons qui arrivent, pour produire des ions hydroxyde. Puis les ions hydroxyde migrent vers l'électrode à hydrogène, où ils interviennent dans la réaction de l'hydrogène. L'hydrogène est acheminé à l'électrode d'hydrogène de la pile à combustible, où il réagit avec les ions hydroxyde de l'électrolyte. Cette réaction électrochimique produit des électrons (énergie électrique), de l'eau et de la chaleur. [...] L'eau est dirigée vers le sous-système de stockage.

1. Donner l'équation de la réaction qui se produit à :

a. l'électrode à hydrogène ;

b. l'électrode à oxygène.

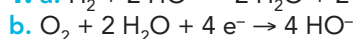
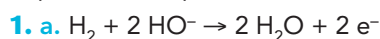
2. Comment définir l'anode et la cathode ? Ces mots sont-ils correctement utilisés dans ce texte ?

3. Écrire l'équation de la réaction qui décrit le fonctionnement de la cellule.

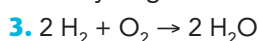
4. Quel est le rôle de l'électrolyte ? Pourquoi l'hydroxyde de potassium a-t-il été choisi ?

5. Quelle est l'origine de la chaleur ? Est-ce typique de la pile à combustible ? »

Réponses aux questions :



2. L'anode est l'électrode où se produit l'oxydation et la cathode celle où se produit la réduction. Ces mots sont utilisés correctement dans le texte puisqu'une réduction se produit à l'électrode dite à oxygène et une oxydation se produit à l'électrode dite à hydrogène.



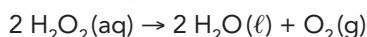
4. L'électrolyte assure le passage du courant dans la pile. L'hydroxyde de potassium a été choisi, car c'est une espèce ionique et sa solution aqueuse contient les ions K^+ et HO^- libres de se déplacer.

5. La chaleur est produite lors de la réaction chimique. C'est le cas dans toutes les piles ; ce n'est donc pas typique de la pile à combustible.

22 Proposer un énoncé à partir de son corrigé

Énoncé possible :

Le peroxyde d'hydrogène peut libérer du dioxygène selon la réaction d'oxydoréduction :



1. Identifier l'oxydant et le réducteur qui réagissent dans cette réaction.

2. Quelles sont les espèces conjuguées du peroxyde d'hydrogène dans les deux couples oxydant / réducteur mis en jeu dans cette réaction ?

3. Les solutions commerciales d'eau oxygénée sont des solutions aqueuses de peroxyde d'hydrogène. Leur concentration en peroxyde d'hydrogène diminue au cours du temps. Proposer une interprétation.

23 Pile SR à l'oxyde d'argent

1. L'électrode de zinc est le siège d'une réaction d'oxydation : elle constitue donc la borne négative de ces piles.

2. Les couples oxydant / réducteur mis en jeu sont : $\text{Ag}_2\text{O}(\text{s}) / \text{Ag}(\text{s})$ et $\text{ZnO}(\text{s}) / \text{Zn}(\text{s})$.

3. L'équation de la réaction de fonctionnement de ces piles se déduit des demi-équations d'oxydoréduction :



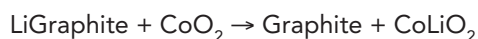
Pour aller plus loin

24 Accumulateur Lithium-ion

1. Le lithium est oxydé à l'électrode de graphite puisqu'il donne des ions Li^+ et des électrons.

2. Cette électrode constitue donc le pôle négatif de l'accumulateur puisque le lithium est oxydé dans cette demi-pile.

3. L'équation de la réaction de fonctionnement en générateur de l'accumulateur s'écrit :



4. Les électrons constituent les porteurs de charge dans le circuit extérieur à l'accumulateur. Les ions lithium Li^+ constituent les porteurs de charge dans l'accumulateur.

5. C'est le lithium qui limite la durée de fonctionnement de l'accumulateur en générateur, car il est oxydé à l'électrode de graphite, puis migre vers l'électrode constituée d'oxyde de cobalt.

6. Lorsque l'accumulateur est déchargé, on le recharge en le reliant à un générateur électrique. La réaction traduisant la charge est l'inverse de celle qui se produit lors de la décharge.

a. Lors de la charge de l'accumulateur, les électrons se déplacent dans le circuit extérieur à l'accumulateur, de l'électrode d'oxyde de cobalt vers l'électrode de graphite (sens opposé à leur déplacement lors de la décharge).

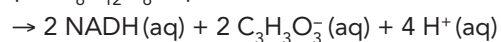
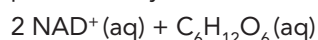
b. Pour cela, l'électrode de graphite doit être reliée à la borne négative du générateur électrique.

c. Lors de la charge de l'accumulateur, il y a transformation d'énergie électrique en énergie chimique (et d'énergie électrique en énergie thermique).

25 L'énergie musculaire

1. a. Le miel et les fruits contiennent du glucose.

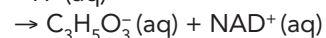
b. L'équation de la réaction d'oxydation du glucose par le coenzyme NAD^+ s'écrit :



2. a. L'apport en dioxygène peut être insuffisant en cas d'effort intense et/ou de respiration insuffisante.

b. La réaction alors mise en jeu est une fermentation anaérobie. Une fermentation est une réaction biochimique sous l'action de microorganismes. Anaérobie signifie « à l'abri du dioxygène ».

c. L'équation de la réaction s'écrit :



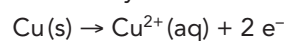
d. Les ions pyruvate $\text{C}_3\text{H}_3\text{O}_3^-(\text{aq})$ ont été réduits en ions lactate.

3. La conversion d'énergie qui se produit globalement dans les muscles est une conversion d'énergie chimique en énergie mécanique.

26 Gravure à l'eau forte

1. a. L'ion $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ est responsable du bleuissement de la solution.

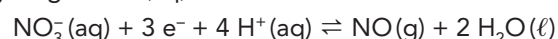
b. Le métal cuivre est oxydé en ions $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$ selon :



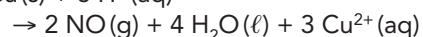
C'est donc le réducteur.

2. a. Les ions nitrate $\text{NO}_3^-(\text{aq})$ constituent donc l'oxydant de la réaction.

b. La demi-équation d'oxydoréduction correspondant au couple $\text{NO}_3^-(\text{aq}) / \text{NO}(\text{g})$ en présence d'ions hydrogène $\text{H}^+(\text{aq})$ s'écrit :



3. L'équation de la réaction s'en déduit :



4. Une solution d'acide nitrique $\text{H}^+(\text{aq}) + \text{NO}_3^-(\text{aq})$ permet d'apporter des ions nitrate, mais aussi les ions hydrogène nécessaires à la réaction, alors qu'une solution de nitrate de potassium n'apporte que des ions nitrate.

Retour sur l'ouverture du chapitre

27 Des taxis écologiques

1. De tels véhicules ne libéreront que de l'eau ; les véhicules fonctionnant avec de l'essence ou du gazole libèrent du dioxyde de carbone, des hydrocarbures imbrûlés, des oxydes d'azote, etc. D'où l'amélioration annoncée de « la qualité de l'air respiré par les citadins ».

2. Un combustible est un composé qui peut brûler avec le dioxygène. Dans le bilan d'une pile à combustible, le combustible (dihydrogène, méthanol, etc.) est oxydé par le dioxygène.

3. a. Cette quantité de dihydrogène vaut :

$$n_0(\text{H}_2) = \frac{m(\text{H}_2)}{M(\text{H}_2)} = \frac{2 \times 10^3}{2}$$

$$n_0(\text{H}_2) = 10^3 \text{ mol}$$

et le volume de dihydrogène correspondant aux conditions considérées vaut :

$$V(\text{H}_2) = n(\text{H}_2) \cdot V_m = 2,4 \times 10^4 \text{ L} = 24 \text{ m}^3$$

Ce volume est extrêmement important et ne permet de parcourir que 250 km.

b. Pour stocker le dihydrogène, on peut le comprimer, on peut le refroidir pour le liquéfier ou l'absorber dans des hydrures métalliques ou du carbone.

c. Le dihydrogène peut être produit par électrolyse de solutions aqueuses ou par reformage d'hydrocarbures. L'électrolyse consomme beaucoup d'énergie et le reformage des hydrocarbures libère du dioxyde de carbone, gaz à effet de serre : la production de dihydrogène n'est pas écologique et, par extension, les véhicules fonctionnant au dihydrogène ne sont pas écologiques.

4. a. Les accumulateurs lithium polymère permettent un apport d'énergie supplémentaire et assurent une sécurité au véhicule.

b. Les accumulateurs lithium polymère ont une f.é.m. égale à 3,7 V, leur nombre de cycles de charge et décharge vaut 1 200. L'électrolyte est un polymère gélifié. Leur énergie massique vaut entre 100 et 200 Wh · kg⁻¹ et leur énergie volumique entre 200 et 400 Wh · L⁻¹.

c. Les ressources mondiales accessibles en lithium ont été estimées à 11 millions de tonnes en 2009. On le trouve essentiellement sous forme de chlorure de lithium LiCl. Les principaux gisements sont situés en Bolivie, au Chili, en Argentine, Chine, etc.

Exercice 6, question 1.

Équation	6 H ⁺ (aq)	+	2 Al (s)	→	3 H ₂ (g)	+	2 Al ³⁺ (aq)
Quantités initiales	25,0		n(Al)		0		0
Quantités finales	25,0 - 6 x _f		n(Al) - 2 x _f		3 x _f		2 x _f

Exercice 18, question 3a.

Équation	Cu ²⁺ (aq)	+	Pb (s)	→	Cu (s)	+	Pb ²⁺ (aq)
Quantités initiales	2,5 × 10 ⁻²		4,7 × 10 ⁻²		6,6 × 10 ⁻²		2,5 × 10 ⁻²
Quantités finales	2,5 × 10 ⁻² - x _f		4,7 × 10 ⁻² - x _f		6,6 × 10 ⁻² + x _f		2,5 × 10 ⁻² + x _f

Composés organiques oxygénés

Chapitre 18

Activités

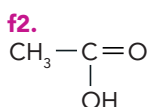
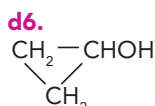
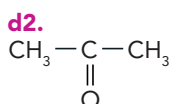
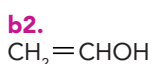
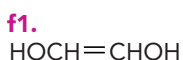
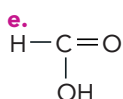
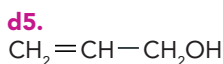
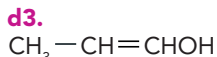
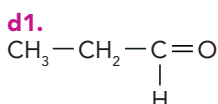
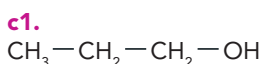
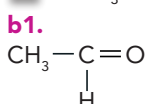
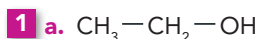
1 Étude des composés oxygénés (p. 304)

Matériel et produits

Des boîtes de modèles moléculaires. On fera remarquer aux élèves la présence de deux types d'atomes pour l'élément oxygène et de trois types d'atomes pour l'élément carbone.

Manuel numérique 20

Animation :
Nomenclature des aldéhydes et des cétones.
Animation : Nomenclature des alcools (voir chapitre 11).



2 On peut reconnaître les groupes hydroxyle OH (a, b2, c1, c2, d3, d4, d5, d6, f1), carbonyle C=O (b1, d1, d2) et carboxyle $\begin{array}{c} \text{C}=\text{O} \\ | \\ \text{OH} \end{array}$ (e, f2).

3 a. Géométrie tétraédrique : a, c1, c2, d5 et d6.

Géométrie triangulaire : b2, d3, d4 et f1.

b. On peut classer les composés contenant le groupe hydroxyle selon la géométrie de l'édifice au niveau de l'atome de carbone directement lié au groupe hydroxyle.

c. La famille des alcools correspond au cas où l'atome de carbone directement lié au groupe hydroxyle est tétraédrique :

a → éthanol; c1 → propan-1-ol; c2 → propan-2-ol; d5 → prop-2-én-1-ol; d6 → cyclopropanol.

4 a. Pour chacune des molécules comportant un groupe carbonyle, on peut repérer deux groupes

selon que l'atome de carbone du groupe carbonyle est lié à un atome d'hydrogène ou à un atome de carbone.

b. Un aldéhyde est un composé organique comportant un groupe carbonyle relié à au plus un atome de carbone, ou comportant le groupement $\begin{array}{c} \text{C}=\text{O} \\ | \\ \text{H} \end{array}$: b1 et d1 sont des aldéhydes.

Une cétone est un composé organique comportant un groupe carbonyle relié à deux groupes hydrocarbonés : d2 est une cétone.

5 a. Un acide carboxylique est un composé organique comportant un groupe carboxyle.

b. Les composés e et f2 sont des acides carboxyliques.

6 Les deux premières espèces chimiques sont des alcools, la troisième est un aldéhyde et la dernière est un acide carboxylique.

7 L'atome de carbone relié au groupe hydroxyle est relié à un atome de carbone au plus : a, c1, d5 et la seconde espèce dont le modèle moléculaire est proposé.

L'atome de carbone relié au groupe hydroxyle est relié à deux atomes de carbone : c2 et d6.

L'atome de carbone relié au groupe hydroxyle est lié à trois atomes de carbone : première espèce dont le modèle moléculaire est proposé (2-méthylpropan-2-ol).

8 Un alcool est un composé organique comportant un groupe hydroxyle lié à un atome de carbone tétraédrique; c'est le cas de l'éthanol $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH}$

Un aldéhyde est un composé organique comportant un groupe carbonyle dont l'atome de carbone est directement lié à un atome d'hydrogène; c'est le cas de $\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{C}=\text{O} \\ | \\ \text{H} \end{array}$

Une cétone est un composé organique comportant un groupe carbonyle directement lié à deux atomes de carbone; c'est le cas de $\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_3 \\ || \\ \text{O} \end{array}$

Un acide carboxylique est un composé organique comportant un groupe carboxyle; c'est le cas de

$$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{C} = \text{O} \\ | \\ \text{OH} \end{array}$$

2 Étude de quelques propriétés des acides carboxyliques (p. 305)

Matériel et produits

A. Solubilité dans l'eau et pH

- Une balance électronique;
- une coupelle de pesée;
- deux erlenmeyers de 125 mL;
- un bécher;
- une spatule;
- une pipette plastique;
- une éprouvette graduée de 50 mL;
- une baguette de verre;
- une pissette d'eau distillée;
- une solution pH = 2 : solution d'acide chlorhydrique à $1,0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$;

- une solution pH = 8,5 : solution d'hydrogénocarbonate de sodium à $0,10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ fraîchement préparée;
- un pH-mètre, une électrode de verre combinée et des solutions tampon ou du papier pH avec son échelle de teinte et une coupelle.

B. Caractère acide

- Un pH-mètre, une électrode de verre combinée et des solutions tampon pH = 4 et pH = 7;
- trois béchers;
- des solutions à $0,010 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ d'acide méthanoïque, d'acide éthanoïque et d'acide benzoïque.

Manuel numérique 2
Animation :
Nomenclature
des acides
carboxyliques.

1 Il faut porter des lunettes et des gants de protection.

2 $m = n \cdot M$, soit :

- pour l'acide éthanoïque : $m = 0,12 \text{ g}$;
- pour l'acide benzoïque : $m = 0,24 \text{ g}$.

3 a. Des liaisons hydrogène peuvent s'établir entre les molécules d'acide éthanoïque et les molécules d'eau.

b. L'acide éthanoïque est très soluble dans l'eau, car le groupe méthyle, groupe hydrocarboné relié au groupe carboxyle, est peu volumineux.

4 L'expérience montre que l'acide éthanoïque est plus soluble dans l'eau que l'acide benzoïque. En effet, le groupe hydrocarboné de l'acide benzoïque est plus volumineux que celui de l'acide éthanoïque.

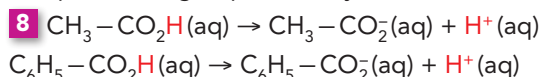
5 La solubilité de ces acides carboxyliques augmente lorsque le pH augmente.

6 a. Le pH d'une solution neutre est égal à 7 à 25 °C. À cette température, une solution acide est une solution de pH inférieur à 7 et une solution basique est une solution de pH supérieur à 7.

b. Les solutions étudiées sont acides.

7 Les solutions de ces solutés sont acides. Par extension, le nom d'acides a été donné à ces solutés.

On parle ainsi d'acides carboxyliques puisqu'ils comportent le groupe carboxyle.



3 Extraction de l'acide benzoïque (p. 306-307)

Matériel et produits

- 50 mL d'une solution d'acide benzoïque dans l'éthanoate d'éthyle à $50 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$;
- 50 mL d'une solution d'hydrogénocarbonate de sodium fraîchement préparée à $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$;
- une solution d'acide chlorhydrique $5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$;
- une ampoule à décanter avec son support;
- un entonnoir;
- une éprouvette graduée de 50 mL;
- du papier pH avec son échelle de teinte;
- du papier-filtre;
- un filtre Büchner avec une fiole à vide et des cônes;
- trois pipettes plastiques;

- deux béchers;
- une spatule;
- une baguette de verre;
- une soucoupe;
- une plaque à chromatographie sensible aux UV de dimensions $3 \text{ cm} \times 6 \text{ cm}$;
- une cuve à chromatographie;
- un éluant : du cyclohexane (6 vol.) et de l'acétone (3 vol.);
- des tubes capillaires ou des piques à apéritif en bois;
- une lampe à UV.

1 L'eau et l'éthanoate d'éthyle ne sont pas miscibles.

2 Le liquide le plus dense est l'eau : il constitue la phase inférieure dans l'ampoule à décanter.

3 La solution d'hydrogénocarbonate de sodium est basique : la solubilité de l'acide benzoïque est plus

importante dans cette solution basique que dans l'eau. La solution d'hydrogénocarbonate de sodium permet d'extraire l'acide benzoïque de l'éthanoate d'éthyle.

4 Après décantation, on récupère la phase aqueuse inférieure. On lui ajoute, avec précaution, une solution

concentrée d'acide chlorhydrique. Comme la solubilité de l'acide benzoïque diminue en solution acide, l'acide benzoïque précipite et peut être récupéré par filtration sous vide à l'aide d'un filtre Büchner.

Exercices (p. 311-316)

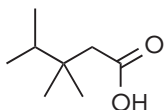
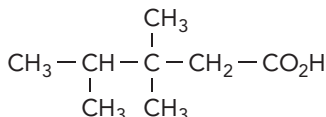
QCM

1. 1. C; 2. A; 3. C; 2. 1. A et C; 2. B et C; 3. B; 4. A; 3. 1. C; 2. B; 3. B et C; 4. A et C; 5. A, B et C.

Application immédiate

4. 1. Le composé oxygéné considéré est un acide carboxylique : il présente un groupe carboxyle CO_2H .

2. Ses formules semi-développée et topologique sont respectivement :



3. Sa chaîne carbonée la plus longue possède cinq atomes de carbone. Elle est numérotée à partir de l'atome de carbone fonctionnel : l'atome de carbone n° 3 porte deux groupes méthyle et l'atome de carbone n° 4 en porte aussi un : c'est l'acide 3,3,4-triméthylpentanoïque.

Pour commencer

5 Reconnaître la classe d'alcools

Les alcools **a** et **e** sont primaires, les alcools **b**, **c** et **d** sont secondaires et l'alcool **f** est tertiaire.

6 Classer des alcools

1. L'alcool de gauche est primaire, celui de droite est secondaire.
2. Il n'y a pas d'alcool tertiaire comme le méthylpropan-2-ol.

7 Reconnaître des aldéhydes ou des cétones

Les composés **b** et **f** sont des aldéhydes. Les composés **a** et **e** sont des cétones.

8 Identifier des aldéhydes ou des cétones

1. Les composés **a** et **d** sont des aldéhydes. Les composés **b** et **c** sont des cétones.

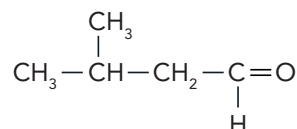
5. On peut aussi vérifier la nature du solide récupéré en mesurant sa température de fusion lorsque les cristaux obtenus ont été bien séchés : $\theta_{\text{fus}} = 122^\circ\text{C}$.

2. **a** est le propanal; **b** est la pentan-3-one; **c** est la pentan-2-one et **d** est le butanal.

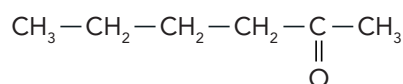
9 Passer du nom à la formule

Les formules semi-développées des composés carbonylés sont donnés ci-après :

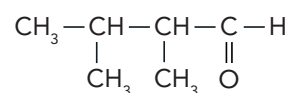
a. 3-méthyl-butanal :



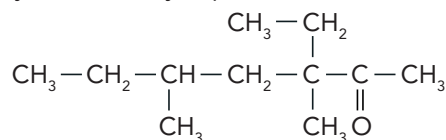
b. hexan-2-one :



c. 2,3-diméthyl-butanal :



d. 3-éthyl-3,5-diméthylheptan-2-one :

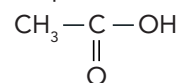


10 Identifier des acides carboxyliques

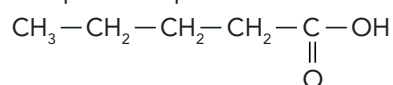
1. Les composés **a**, **c** et **d** sont des acides carboxyliques.
2. **a** est l'acide butanoïque;
c est l'acide 2-méthylbutanoïque;
d est l'acide 3-méthylpentanoïque.

11 Comparer la solubilité dans l'eau de deux acides carboxyliques

1. Les formules semi-développées sont :
– pour l'acide éthanoïque :



– pour l'acide pentanoïque :



2. Une molécule de chacun de ces acides peut établir des liaisons hydrogène avec des molécules d'eau.
3. L'acide éthanoïque est le plus soluble dans l'eau, car son groupe hydrocarboné est le moins important.

4. a. Ces solutions aqueuses sont acides, car les molécules d'acide carboxylique peuvent libérer des ions hydrogène selon la réaction :

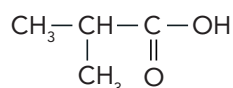


b. Ce caractère acide est mis en évidence expérimentalement à l'aide d'un pH-mètre, étalonné au préalable, ou à l'aide de papier pH.

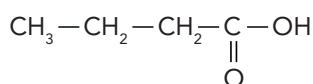
12 Passer du nom à la formule

Les formules semi-développées des acides carboxyliques sont données ci-dessous :

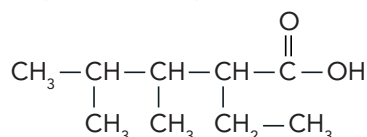
a. acide 2-méthylpropanoïque :



b. acide butanoïque :



c. acide 2-éthyl-3,4-diméthylpentanoïque :



Pour s'entraîner

13 Un peu de vitamine ?

1. Tous les groupes hydroxyles présents ne correspondent pas à des alcools. En effet, certains des groupes hydroxyles présents sont liés à des atomes de carbone trigonaux.

2. La vitamine C comporte un alcool primaire et un alcool secondaire ; la vitamine B6 comporte deux alcools primaires et la vitamine A, un alcool primaire.

3. Dans la vitamine C, la double liaison C=C est conjuguée avec la double liaison C=O ; dans la vitamine B6, les trois doubles liaisons sont conjuguées et dans la vitamine A, toutes les doubles liaisons sont conjuguées.

4. La double liaison repérée en rouge dans la vitamine A a un caractère E.

14 À chacun son rythme

1. a. La formule brute d'un alcane possédant n atomes de carbone s'écrit C_nH_{2n+2} .

b. La formule brute d'une molécule qui possède la même chaîne carbonée que cet alcane et un groupe carbonyle s'en déduit : $C_nH_{2n}O$.

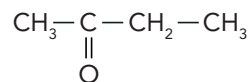
c. La masse molaire de cette molécule a pour expression :

$$M = n M(C) + 2n M(H) + M(O) = 14n + 16.$$

d. Or $M = 72 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$. D'où $n = \frac{72 - 16}{14} = 4$.

La formule brute de cette molécule est C_4H_8O .

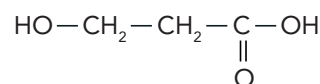
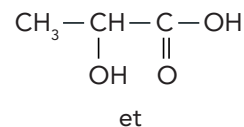
2. Le carbone fonctionnel est lié à deux atomes de carbone, d'où la formule semi-développée de A :



C'est la butanone.

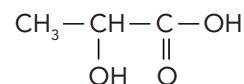
15 L'acide lactique

1. Les formules semi-développées possibles pour l'acide lactique sont :



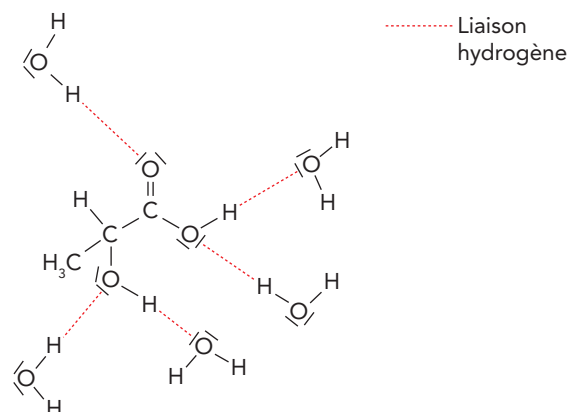
2. Le préfixe *hydroxy-* fait référence au groupe caractéristique hydroxyle HO.

La formule semi-développée de l'acide lactique est :



3. Une molécule d'acide lactique peut établir des liaisons hydrogène avec des molécules d'eau grâce à son groupe hydroxyle et à son groupe carboxyle.

4. L'acide lactique est très soluble dans l'eau parce que sa chaîne carbonée n'est pas trop importante et que les molécules d'acide lactique établissent de très nombreuses liaisons hydrogène avec les molécules d'eau.



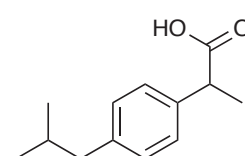
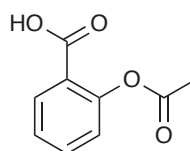
16 Study of some active principles

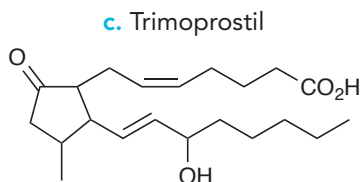
Traduction du texte et des questions :

« Les formules topologiques de quelques principes actifs de médicaments sont données ci-dessous :

a. Acide acétylsalicylique

b. Ibuprofène





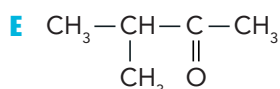
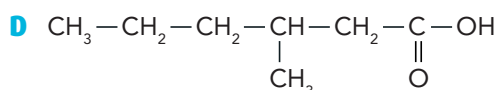
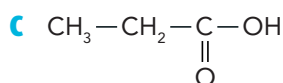
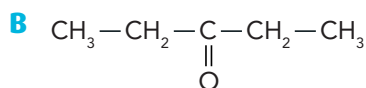
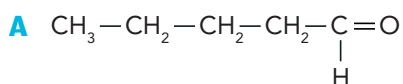
1. Quels sont les groupes caractéristiques présents dans chacun de ces principes actifs ?
2. Quand les groupes hydroxyle correspondent à des alcools, donner la classe de ces alcools.
3. a. Expliquer pourquoi l'acide acétylsalicylique est peu soluble dans l'eau.
b. La solution aqueuse obtenue est acide. Justifier ce caractère acide.
4. Reconnaître les doubles liaisons conjuguées dans chaque molécule. »

Réponses aux questions :

1. Les groupes caractéristiques présents sont :
– le groupe carboxyle et le groupe ester dans l'acide acétylsalicylique **a** ;
– le groupe carboxyle dans l'ibuprofène **b** ;
– le groupe carbonyle, le groupe carboxyle et le groupe hydroxyle dans le trimoprostil **c**.
2. Le groupe hydroxyle du trimoprostil correspond à un alcool secondaire, car son atome de carbone fonctionnel est lié à deux atomes de carbone.
3. a. L'acide acétylsalicylique est peu soluble dans l'eau, car il possède un groupe hydrocarboné relativement important.
b. Le caractère acide de la solution s'explique par l'ionisation de l'acide carboxylique selon :
$$\text{RCO}_2\text{H}(\text{aq}) \rightarrow \text{RCO}_2^-(\text{aq}) + \text{H}^+(\text{aq}).$$
4. Dans l'acide acétylsalicylique, les trois doubles liaisons C=C du cycle sont conjuguées et conjuguées avec la double liaison C=O du groupe carboxyle. Dans l'ibuprofène, seules les trois doubles liaisons C=C sont conjuguées. Dans le trimoprostil, il n'y a pas de double liaison conjuguée.

17 Proposer un énoncé à partir de son corrigé

On donne les formules semi-développées des molécules suivantes :



1. Reconnaître et nommer le(s) aldéhyde(s) présent(s) parmi ces composés oxygénés.
2. a. Reconnaître et nommer la(es) cétone(s) présente(s) parmi ces composés oxygénés.
b. Ces cétones sont-elles isomères ? Pourquoi ?
3. a. Reconnaître et nommer le(s) acide(s) carboxylique(s) présent(s) parmi ces composés oxygénés.
b. L'acide 3-méthylhexanoïque est-il le plus soluble des acides carboxyliques présents ? Pourquoi ?

18 Extraction de l'acide propanoïque

1. Il faut porter des lunettes de protection et éventuellement des gants de protection, car l'acide propanoïque est corrosif et il faut travailler sous la hotte et à l'abri de flammes et d'étincelles, car l'éthoxyéthane est inflammable et toxique (narcotique).
2. L'eau et l'éthoxyéthane ne sont pas miscibles et on doit favoriser le contact entre les deux liquides pour extraire, par l'éthoxyéthane, l'acide propanoïque de la solution aqueuse.
3. L'éthoxyéthane, contenant l'acide propanoïque extrait, constitue la phase supérieure et l'eau la phase inférieure, car elle est plus dense que l'éthoxyéthane.
4. La quantité d'acide propanoïque extrait vaut :

$$n(\text{extrait}) = C' \cdot V$$

La quantité initiale d'acide propanoïque vaut :

$$n_0 = C \cdot V$$

$$\text{D'où le rendement } \rho = \frac{C' \cdot V}{C \cdot V} = \frac{C'}{C} = 0,40.$$

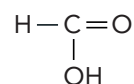
Pour aller plus loin

19 Édulcorants

1. a. Un **édulcorant** est un produit ayant un goût sucré. Un aliment **calorique** est un aliment qui apporte des calories, c'est-à-dire de l'énergie. Un aliment **cariogène** est un aliment qui provoque ou peut provoquer des caries.
b. Les personnes non diabétiques bénéficient des propriétés non cariogènes de ces substances.
2. Ces composés sont appelés « polyols », car ils possèdent de nombreux groupes hydroxyles correspondant à des alcools.
3. Les deux groupes hydroxyle des atomes de carbone terminaux du xylitol correspondent à des alcools primaires et les autres groupes hydroxyles correspondent à des alcools secondaires. Il en est de même pour le sorbitol.

20 Solution d'acide méthanoïque

1. La formule semi-développée de l'acide méthanoïque s'écrit :



2. a. L'acide méthanoïque est très soluble dans l'eau, car il peut établir un grand nombre de liaisons hydrogène avec les molécules d'eau par son groupe carboxyle (voir le document 7, p. 309 du manuel). L'atome d'hydrogène lié au groupe carboxyle est très peu volumineux et n'empêche pas la dissolution dans l'eau des molécules d'acide méthanoïque.

b. Le groupe carboxyle des molécules d'acide méthanoïque peut libérer un ion hydrogène H^+ selon la réaction d'équation :



c. On peut mettre en évidence ce caractère acide à l'aide de papier pH ou avec un pH-mètre étalonné au préalable.

3. a. $m(HCO_2H) = P(HCO_2H) \cdot d(HCO_2H) \cdot \rho(eau) \cdot V$
 $m(HCO_2H) = 0,800 \times 1,18 \times 10^3 = 9,44 \times 10^2 \text{ g}$

b. $t_{com} = \frac{m(HCO_2H)}{V} = 9,44 \times 10^2 \text{ g} \cdot L^{-1}$

$C_{com} = \frac{t_{com}}{M(HCO_2H)} = 20,522 \text{ mol} \cdot L^{-1} = 20,5 \text{ mol} \cdot L^{-1}$

4. La quantité d'acide méthanoïque $n(HCO_2H)$ nécessaire à la préparation de la solution considérée vaut :

$$n(HCO_2H) = C_{com} \cdot V_{com} = C \cdot V$$

Le volume de solution commerciale à prélever s'en déduit :

$$V_{com} = \frac{C \cdot V}{C_{com}} = \frac{1,0 \times 0,250}{20,522} = 1,2182 \times 10^{-2} \text{ L, soit :}$$

$$V_{com} = 12,2 \text{ mL}$$

5. Dans une fiole jaugée de 250 mL contenant environ 50 mL d'eau distillée, introduire à la pipette graduée 12,2 mL de solution commerciale, boucher avec un bouchon et agiter. Introduire ensuite de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge puis agiter après avoir refermé la fiole pour homogénéiser la solution.

Retour sur l'ouverture du chapitre

Remarque : suite à une erreur dans la numérotation des exercices, il n'y a pas d'exercice numéroté 21.

22 Le nylon 6-6

1. a. Une macromolécule est une molécule pouvant contenir plusieurs milliers, ou plusieurs centaines de milliers, d'atomes. Le nylon appartient à la famille des polyamides.

b. On parle de nylon 6-6 car, de part et d'autre de l'atome d'azote, on trouve une chaîne carbonée comportant 6 atomes de carbone. Il existe d'autres nylons : le nylon 6, le nylon 6-10, etc.

c. Le nylon 6-6 est utilisé pour réaliser des pièces mécaniques, des tapis, des cordes, des tissus, des collants, des maillots, etc.

2. a. Le chimiste CAROTHERS est à l'origine de la découverte du néoprène, utilisé actuellement pour réaliser des gants de protection, des joints d'étanchéité, etc., mais aussi des combinaisons de plongée, etc.

b. Les bas étaient réalisés en soie avant la découverte du nylon. Le succès du nylon est dû à un coût moins élevé et une résistance plus importante.

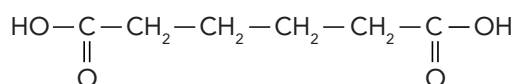
c. La fabrication de parachutes en nylon devient très importante en 1941 aux États-Unis pour leur entrée en guerre le 7 décembre 1941.

3. Les propriétés des fibres de nylon sont dues à la structure des macromolécules de nylon.

a. Les interactions responsables de la cohésion du nylon 6-6 sont les liaisons hydrogène qui s'établissent entre les chaînes de polymères, ainsi que les interactions de Van der Waals.

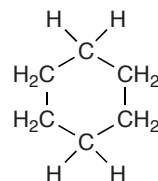
b. Des liaisons hydrogène peuvent s'établir entre les atomes d'hydrogène directement liés aux atomes d'azote et les doublets non liants portés par les atomes d'oxygène et d'azote.

4. a. La formule semi-développée de l'acide adipique s'écrit :



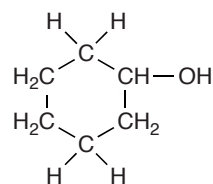
b. L'acide adipique est plus soluble dans l'eau que l'acide hexanoïque car, pour un même nombre d'atomes de carbone, il possède deux groupes carboxyles capables d'établir des liaisons hydrogène avec des molécules d'eau.

5. a. La formule semi-développée du cyclohexane s'écrit :



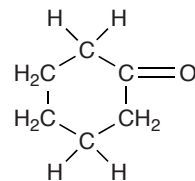
Il a pour formule brute C_6H_{12} .

b. Le cyclohexanol, de formule brute $C_6H_{12}O$, a pour formule semi-développée :



C'est un alcool secondaire.

c. La cyclohexanone a pour formule semi-développée :



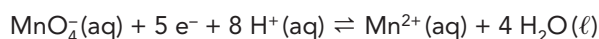
On n'a pas précisé la position de l'atome de carbone fonctionnel de la cyclohexanone, car il appartient à un cycle qui ne comporte qu'un seul groupe caractéristique.

Activités

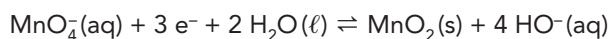
1 Écrire les demi-équations d'oxydoréduction en chimie organique (p. 318)

A Un oxydant efficace : l'ion permanganate MnO_4^- (aq)

1 En milieu acide :

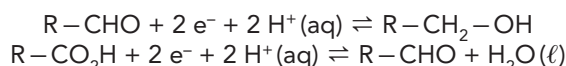


2 En milieu basique :

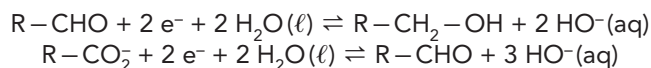


B Des alcools aux aldéhydes, aux cétones et aux acides carboxyliques

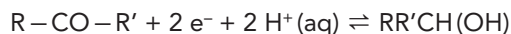
3 En milieu acide :



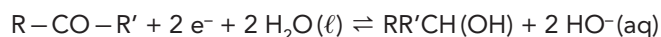
4 En milieu basique :



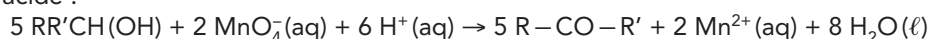
5 En milieu acide :



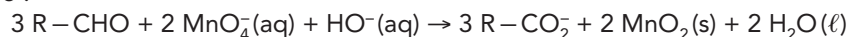
En milieu basique :



6 a. En milieu acide :



b. En milieu basique :



2 Tests d'identification des aldéhydes et des cétones (p. 319)

Matériel et produits

- Des tubes à essais dans leur portoir;
- une solution de 2,4-dinitrophénylhydrazine (2,4-DNPH ou plus simplement DNPH);
- de l'éthanal;
- de la propanone;
- du benzaldéhyde;
- de la butanone;
- de l'éthanol;
- de l'acide éthanoïque;
- de la liqueur de Fehling;
- une plaque chauffante pour assurer un bain-marie (50-60 °C);
- des fruits divers (pommes, oranges, kiwis, etc.);

- de l'essence d'amande amère;
- un flacon de kirsch;
- des amandes amères décortiquées;
- du miel;
- un mortier et son pilon;
- du butan-2-ol;
- du butanal.

Remarque : Faire le test à la DNPH en rajoutant le composé carbonyle à la DNPH et non l'inverse car l'hydrazone obtenue peut être soluble dans le composé carbonyle testé.

A Test à la DNPH

1 La DNPH permet de mettre en évidence le groupe carbonyle $C=O$ présent dans les aldéhydes et les cétones. En revanche, elle ne donne pas de réaction avec les acides carboxyliques et les alcools.

2 L'ajout de quelques gouttes d'un composé carbonyle à une solution de DNPH provoque la formation d'un précipité jaune-orangé.

B Test à la liqueur de Fehling

3 Seul l'éthanal donne un précipité rouge brique. Ce test est caractéristique des aldéhydes.

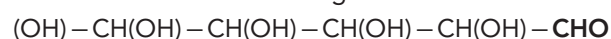
4 Le chauffage d'un mélange de liqueur de Fehling et d'un aldéhyde donne un précipité rouge brique d'oxyde de cuivre $Cu_2O(s)$.

C Identifications de composés oxygénés

5 Il suffit de refaire l'expérience décrite au B en remplaçant l'éthanal par :

- l'essence d'amande amère ou un broyat d'amandes sèches écrasées en présence d'un peu d'eau ou d'alcool;
- quelques gouttes de Kirsch;
- une pointe de spatule de miel;
- quelques gouttes de jus de fruits pressés ou écrasés.

Remarque : Les amandes contiennent du benzaldéhyde C_6H_5-CHO alors que le miel et les jus de fruit contiennent entre autres du glucose :



6 Seul le butan-2-ol n'est pas un composé carbonyle; en réalisant le test à la DNPH, il est facile de l'identifier, le test étant alors négatif.

Le butanal est le seul des deux composés carbonyles à donner un test positif avec la liqueur de Fehling.

3 Oxydation des alcools (p. 320)

A Étude des alcools primaires

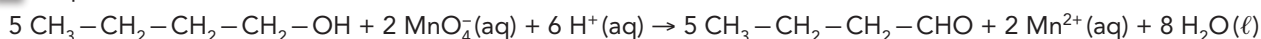
Matériel et produits

- Des tubes à essais munis de bouchon dans leur portoir;
- une éprouvette graduée de 10 mL;
- une pipette Pasteur de 1 mL;
- de l'éthanol;
- du propan-1-ol;
- du butan-1-ol;
- de l'hexan-1-ol;
- de l'eau distillée.

1 L'ion permanganate $MnO_4^-(aq)$ étant en défaut, il est entièrement réduit; comme le milieu est acide, il se forme l'ion manganèse (II) $Mn^{2+}(aq)$ qui est incolore; toutes les autres espèces étant incolores, on obtient un mélange final incolore.

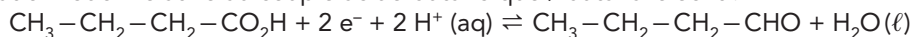
2 Les tests à la DNPH et à la liqueur de Fehling étant positifs, il s'est formé un aldéhyde. L'alcool oxydé étant le butan-1-ol, l'aldéhyde obtenu ne peut être que le butanal.

3 L'équation de la réaction s'écrit :

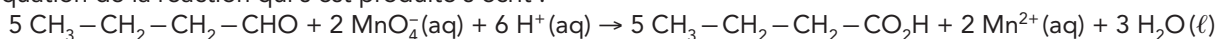


4 L'ion permanganate $MnO_4^-(aq)$ est réduit en ion manganèse (II) $Mn^{2+}(aq)$, on en déduit que le butanal est oxydé.

5 La demi-équation redox relative au couple acide butanoïque / butanal s'écrit :



L'équation de la réaction qui s'est produite s'écrit :

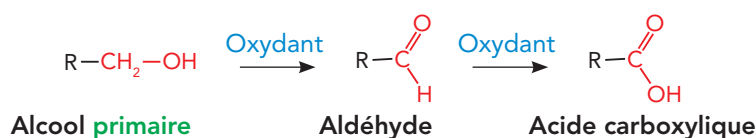


6 a. En milieu acide, l'oxydation d'un alcool primaire donne, lorsque l'oxydant est en défaut, un aldéhyde.

b. En milieu acide, l'oxydation d'un aldéhyde donne un acide carboxylique.

Remarque :

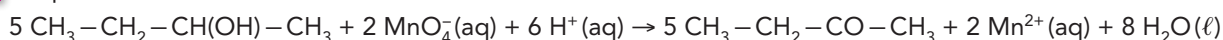
On peut aussi dire : en milieu acide, l'oxydation d'un alcool primaire donne, lorsque l'oxydant est en défaut, un aldéhyde; en revanche, si l'oxydant est en excès, il se forme un acide carboxylique :



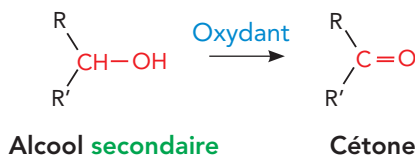
B Étude des alcools secondaires et tertiaires

7 Le test à la DNPH étant positif et celui à la liqueur de Fehling étant négatif, il s'est formé une cétone. L'alcool oxydé étant le butan-2-ol, la cétone obtenue ne peut être que la butanone de formule $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CO} - \text{CH}_3$

8 L'équation de la réaction s'écrit :



9 a. En milieu acide, l'oxydation d'un alcool secondaire donne une cétone :



b. Un alcool tertiaire n'est pas oxydable.

4 Synthèse d'une cétone (p. 321)

Compléments

Cette manipulation est en deux parties, mais elle est effectuée avec un montage unique. Dans un premier temps, on réalise l'oxydation du propan-2-ol en propanone; dans un second temps, on distille la propanone obtenue en élevant la température du milieu réactionnel.

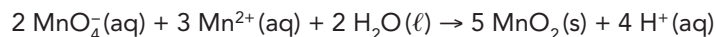
Matériel et produits :

- un montage à distiller :
 - deux supports métalliques avec pinces et noix,
 - un élévateur à croisillons en position haute,
 - un chauffe ballon,
 - un ballon à fond rond bicol,
 - une ampoule de coulée,
 - une colonne de Vigreux,
 - une tête de colonne,
- un thermomètre,
- un condenseur à eau,
- une allonge coudée,
- un erlenmeyer;
- de la pierre ponce;
- une éprouvette graduée de 150 mL;
- des tubes à essais dans leur portoir;
- du propan-2-ol;
- une solution aqueuse à $0,40 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (quasi saturée) de permanganate de potassium et à $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ en acide sulfurique;
- une solution de DNPH;
- de la liqueur de Fehling;
- un réfractomètre si disponible;
- une balance de précision.

1 Voir la **fiche n° 5B**, p. 358 du manuel, en ajoutant une ampoule de coulée au ballon qui doit bien sûr être bicol.

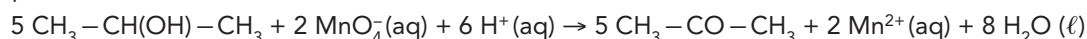
Remarque :

Il est préférable d'ajouter goutte à goutte l'oxydant, sinon l'oxydation de l'alcool secondaire se trouve en compétition avec la réaction de médiamutation entre les ions permanganate $\text{MnO}_4^- (\text{aq})$ et les ions manganèse (II) $\text{Mn}^{2+} (\text{aq})$:



2 Les trois liquides étant miscibles et leurs températures d'ébullition étant suffisamment différentes, ils peuvent être séparés par distillation. La cétone formée (la propanone) étant la plus volatile, c'est elle qui bout en premier, d'où sa récupération par distillation.

3 a. L'équation de la réaction s'écrit :



b. $n_0(\text{alcool}) = \frac{m}{M} = \frac{V \cdot d \cdot \rho_{\text{eau}}}{M} = \frac{10,0 \times 0,785 \times 1,00}{60,0} = 0,131 \text{ mol} = 131 \text{ mmol}$

$n_0(\text{MnO}_4^- (\text{aq})) = V \cdot C = 140,0 \times 10^{-3} \times 0,40 = 0,056 \text{ mol} = 56 \text{ mmol}$

Avec un tableau d'avancement, il vient :

Si l'alcool est le réactif limitant : $x_{\text{max}} = \frac{131}{5} = 26,2 \text{ mmol}$.

Si l'oxydant est le réactif limitant : $x_{\text{max}} = \frac{56}{2} = 28 \text{ mmol}$.

L'alcool est le réactif limitant.

c. La quantité maximale de propanone attendue est $n_{\text{max}} = 5 x_{\text{max}} = 131 \text{ mmol}$.

4 Le rendement d'une synthèse, noté ρ , est égal au quotient de la quantité effective de produit obtenu, n_{exp} , par la quantité maximale n_{max} de produit attendu :

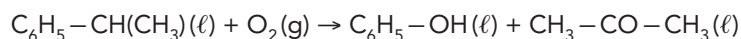
avec $n_{\text{réel}} = \frac{m}{M}$

$$\rho = \frac{n_{\text{réel}}}{n_{\text{max}}}$$

5 La propanone est un composé carbonylé ; elle donne un test positif avec la DNPH ; on peut vérifier que le test à la liqueur de Fehling est négatif.

6 La propanone étant un liquide, on pourrait mesurer son indice de réfraction avec un réfractomètre.

7 a. L'équation d'oxydation du cumène par le dioxygène de l'air s'écrit :



b. Elle ne peut être réalisée au laboratoire, car elle s'effectue industriellement à environ 120 °C sous 2-3 bars, conditions irréalisables au laboratoire.

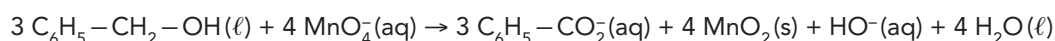
5 Synthèse d'un acide carboxylique (p. 322)

Matériel et produits

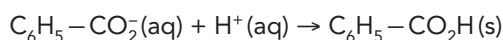
- Un montage à reflux :
 - un support métallique avec pinces et noix,
 - un élévateur à croisillons en position haute,
 - un chauffe-ballon,
 - un ballon à fond rond **bicol**,
 - une ampoule de coulée,
 - un condenseur à eau ;
- une éprouvette graduée de 150 mL ;
- une éprouvette graduée de 25 mL ;
- une éprouvette graduée de 10 mL ;
- un bécher de 100 mL (chromatographie) ;
- une boîte de Pétri ;
- une pipette jaugée de 2,0 mL ;
- un pipeteur ;
- un bécher de 25 mL ;
- un agitateur en verre ;
- une spatule ;
- un erlenmeyer ;
- deux verres de montre ;
- un filtre Büchner ;
- un dispositif de filtration sous vide (fiolle à vide, trompe à eau, etc.) ;
- un valet ;
- un récipient métallique pour bain- marie froid ;
- de l'alcool benzylique $\text{C}_6\text{H}_5-\text{CH}_2-\text{OH}$;
- une solution aqueuse à $0,25 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ de permanganate de potassium ;
- une solution d'hydroxyde de sodium (soude) à $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$;
- une solution d'acide chlorhydrique à $2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$;
- du cyclohexane ;
- de la propanone (acétone) ;
- de l'acide benzoïque commercial ;
- du papier pH ;
- de la glace pilée ;
- du papier filtre ;
- une plaque de chromatographie ;
- trois mini-tubes à essais pour la chromatographie ;
- des tubes effilés pour la chromatographie ;
- une balance de précision ;
- une lampe à UV pour chromatographie ;
- un banc Kofler ou un dispositif de mesure de température de fusion.

1 Voir la **fiche n° 5A**, p. 358 du manuel, en ajoutant une ampoule de coulée au ballon qui doit bien sûr être bicol.

2 L'équation de la réaction s'écrit :



3 Lors de l'acidification, il se produit la réaction d'équation :



4 Après passage à l'étuve, on pèse les cristaux et on les remet à l'étuve. On les repèse cinq minutes plus tard : si la pesée est identique, les cristaux sont secs ; sinon, on réitère l'opération jusqu'à obtenir une masse constante.

5 a. Si l'acide benzoïque synthétisé est pur, le chromatogramme ne donne qu'une seule tache pour le dépôt de T_2 , à la même hauteur que celle du dépôt T_3 .

Sinon, il y aura deux taches, l'une à la même hauteur que celle du dépôt T_1 et l'autre à la même hauteur que celle du dépôt T_3 .

b. L'acide benzoïque étant solide, on peut prendre son point de fusion ($\theta_{\text{fus}} = 122 \text{ }^\circ\text{C}$).

6 a. $n_0(\text{alcool}) = \frac{m}{M} = \frac{V \cdot d \cdot \rho_{\text{eau}}}{M} = \frac{2,0 \times 1,042 \times 1,00}{108} = 19 \text{ mmol}$

$n_0(\text{MnO}_4^-(\text{aq})) = V \cdot C = 120,0 \times 10^{-3} \times 0,25 = 30 \text{ mmol}$

Avec un tableau d'avancement, il vient :

Si l'alcool est le réactif limitant : $x_{\text{max}} = \frac{19,3}{3} = 6,4 \text{ mmol}$.

Si l'oxydant est le réactif limitant : $x_{\text{max}} = \frac{30}{4} = 7,5 \text{ mmol}$.

L'alcool est le réactif limitant.

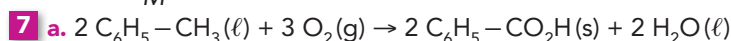
b. La quantité maximale d'ion benzoate attendue est $n_{\text{max}} = 3 x_{\text{max}} = 19 \text{ mmol}$.

La quantité maximale d'acide benzoïque attendue est $n'_{\text{max}} = n_{\text{max}} = 19 \text{ mmol}$.

c. Le rendement d'une synthèse, noté ρ , est égal au quotient de la quantité effective de produit obtenu, n_{exp} , par la quantité maximale n_{max} de produit attendu :

$$\rho = \frac{n_{\text{réel}}}{n'_{\text{max}}}$$

avec $n_{\text{réel}} = \frac{m}{M}$



b. Elle ne peut être réalisée au laboratoire, car elle s'effectue industriellement à environ 170 °C sous 8-10 bars, conditions irréalisables au laboratoire.

Exercices (p. 325-332)

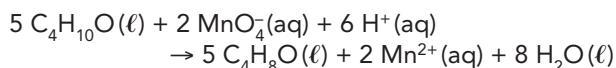
QCM

- 1** 1. A et C; 2. A; 3. A. **2** 1. B; 2. A et B; 3. B; 4. A et B; 5. B et C; 6. C. **3** 1. B; 2. B et C.

Application immédiate

4 1. Cet alcool est un alcool secondaire, puisque son oxydation, avec un défaut ou un excès d'oxydant, donne un composé carbonylé, ici donc, une cétone. Sa structure peut être déterminée sans équivoque : il s'agit du butan-2-ol.

2. L'équation de la réaction correspondant à la première expérience s'écrit :



5 Les quantités initiales des réactifs mises en jeu valent :

– pour l'alcool :

$$n_1 = \frac{m}{M(\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O})} = \frac{1,33}{74,0} = 1,80 \times 10^{-2} \text{ mol};$$

– pour l'ion permanganate :

$$n_2 = C \cdot V = 50 \times 10^{-3} \times 0,40 = 2,0 \times 10^{-2} \text{ mol}.$$

Voir le tableau en fin de chapitre, p. 134.

Les quantités de réactifs s'annulent pour :

$$n_1 - 5 x_{1\text{max}} = 0,$$

$$\text{soit } x_{1\text{max}} = \frac{n_1}{5} = 3,59 \times 10^{-3} \text{ mol};$$

$$n_2 - 4 x_{2\text{max}} = 0,$$

$$\text{soit } x_{2\text{max}} = \frac{n_2}{4} = 5,0 \times 10^{-3} \text{ mol}.$$

$x_{1\text{max}} < x_{2\text{max}}$: le butan-1-ol est le réactif limitant.

$$n_f(\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2) = \frac{m'}{M(\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2)} = \frac{1,24}{88,0}$$

$$n_f(\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2) = 1,41 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

$$n_{\text{max}}(\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2) = 5 \cdot x_{1\text{max}} = 1,80 \times 10^{-2} \text{ mol}.$$

$$\text{D'où } \rho = \frac{n_f(\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2)}{n_{\text{max}}(\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2)} = \frac{1,41 \times 10^{-2}}{1,80 \times 10^{-2}} = 0,78, \text{ soit } 78 \%.$$

Pour commencer

6 Caractériser des aldéhydes et des cétones

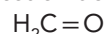
Dérivés carbonylés	Liquueur de Fehling	DNPH
$\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_3$	non	oui
$\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$	oui	oui
	non	oui
	non	oui
	oui	oui

7 Identifier un composé carbonylé

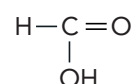
Dérivés carbonylés	DNPH	Liquueur de Fehling
a	Précipité	Précipité
b	Précipité	Précipité
c	Précipité	Rien

8 Prévoir le produit d'oxydation d'un alcool

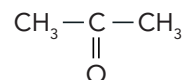
a. Lorsque l'oxydant est en défaut, on obtient :



Lorsqu'il est en excès, on obtient :

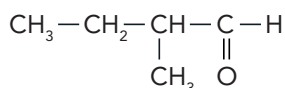


b. Que l'oxydant soit en excès ou en défaut, on obtient :

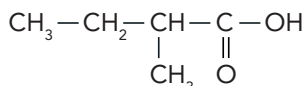


c. L'oxydation ménagée n'est pas possible.

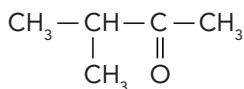
d. Lorsque l'oxydant est en défaut, on obtient :



Lorsqu'il est en excès, on obtient :



e. Que l'oxydant soit en excès ou en défaut, on obtient :



9 Trouver l'alcool qui a été oxydé

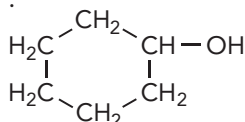
Les alcools qui ont donné, par oxydation, les produits considérés ont pour formule semi-développée :

a. l'éthanol : $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH}$

b. le propan-1-ol : $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$

c. le butan-2-ol : $\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_3 \\ | \\ \text{OH} \end{array}$

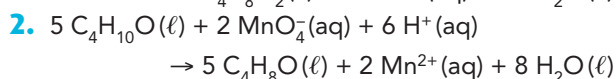
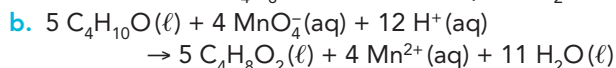
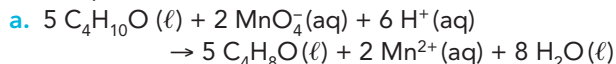
d. le cyclohexanol :



e. le méthanol : $\text{CH}_3 - \text{OH}$

10 Écrire des équations d'oxydoréduction

1. L'équation des réactions considérées s'écrit :



11 Calculer un rendement

Les ions permanganate et hydrogène étant en excès, le réactif en défaut est le pentan-1-ol.

La quantité maximale d'acide attendue est égale à la quantité initiale d'alcool, soit (voir le tableau en fin de chapitre, p. 134) :

$$n_{\text{max}}(\text{acide}) = 2,21 \times 10^{-2} \text{ mol.}$$

Le rendement de la synthèse est égal à

$$\rho = \frac{n}{n_{\text{max}}} = \frac{1,9 \times 10^{-2}}{2,21 \times 10^{-2}} = 0,86, \text{ soit } 86 \%$$

12 Déterminer un rendement

1. Voir le tableau en fin de chapitre, p. 135.

Si le butan-2-ol est le réactif limitant :

$$n_1 - 5 x_{\text{max}} = 0, \quad \text{soit } x_{1\text{max}} = \frac{n_1}{5} = 3,54 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

Si les ions permanganate sont en défaut :

$$n_2 - 2 x_{\text{max}} = 0, \quad \text{soit } x_{2\text{max}} = \frac{n_2}{2} = 8,85 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

$x_{1\text{max}}$ est inférieur à $x_{2\text{max}}$, donc le réactif limitant est le butan-2-ol et $x_{\text{max}} = x_{1\text{max}}$.

2. La quantité maximale de butanone se déduit du tableau d'avancement :

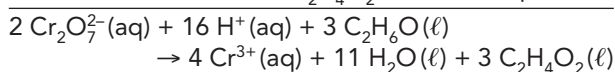
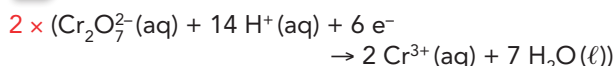
$$n_{\text{max}} = 5 x_{\text{max}} = n_1 = 0,177 \text{ mol}$$

La quantité de butanone effectivement obtenue vaut n' , d'où le rendement de cette synthèse :

$$\rho = \frac{n'}{n_{\text{max}}} = \frac{n'}{n_1} = 0,853, \quad \text{soit } 85 \% \text{ de rendement.}$$

Pour s'entraîner

13 Éthylotest

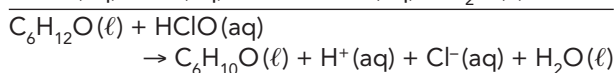
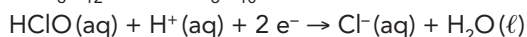


14 Oxydation du cyclohexane

1. a. La réaction libre de l'énergie : il n'est donc pas nécessaire de chauffer. Le montage à reflux, sans dispositif de chauffage, permet de recondenser les vapeurs éventuellement formées lors de l'élévation de température et donc de ne pas perdre de produits et de travailler en sécurité.

b. Le schéma du montage à reflux est donné dans la fiche n° 5A, p. 358 du manuel.

2. a. Le cyclohexanol est un alcool secondaire, son produit d'oxydation est une cétone, la cyclohexanone.



c. La quantité de cyclohexanol vaut :

$$n(\text{ol}) = \frac{m}{M(\text{ol})} = \frac{m}{6 M(\text{C}) + 12 M(\text{H}) + M(\text{O})} = 0,100 \text{ mol.}$$

La quantité d'acide hypochloreux utilisée est supérieure à la quantité de cyclohexanol utilisée. Vu l'équation de la réaction, elle est suffisante pour oxyder la totalité du cyclohexanol.

3. La quantité maximale n_{max} de cyclohexanone qui peut être obtenue est égale à la quantité de cyclohexanol utilisée, c'est-à-dire $n_{\text{max}} = 0,100 \text{ mol}$.

La quantité de cyclohexanone effectivement obtenue vaut :

$$n' = \frac{m'}{M(\text{cyclohexanone})} = \frac{m'}{6 M(\text{C}) + 10 M(\text{H}) + M(\text{O})}$$

$$n' = 7,95918 \times 10^{-2} \text{ mol} = 7,96 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

Le rendement de la synthèse est égal à :

$$\rho = \frac{n'}{n_{\text{max}}} = 0,796, \quad \text{soit } 80 \% \text{ de rendement.}$$

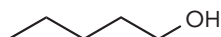
4. a. Le produit obtenu lors de la synthèse est constitué de cyclohexanone, mais contient encore des traces de cyclohexanol.

b. Le produit obtenu est une cétone : le test à la DNPH permettrait de la caractériser.

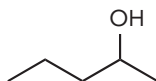
15 Identification de composés oxygénés

1. Il faut oxyder les deux alcools avec une solution acidifiée de permanganate de potassium utilisée en faible quantité. Les deux produits obtenus doivent alors donner un test positif à la DNPH et l'un d'entre eux doit donner un test positif avec la liqueur de Fehling. Ce dernier produit est un aldéhyde et il est le produit d'oxydation de l'alcool primaire A. Celui qui réagit positivement à la DNPH mais ne réagit pas avec la liqueur de Fehling est une cétone, qui est le produit d'oxydation de l'alcool secondaire B. Les deux alcools sont ainsi identifiés.

2. A et B possèdent cinq atomes de carbone. A pourrait avoir pour formule topologique :



B pourrait avoir pour formule topologique :

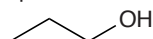


16 Identification de composés oxygénés

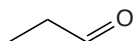
1. Les chaînes carbonées des composés ne contiennent ni double liaison, ni cycle et chacun ne présente qu'un seul groupe caractéristique oxygéné. B ne conduit qu'à un seul produit d'oxydation, c'est un alcool secondaire. Comportant trois atomes de carbone, il s'agit du propan-2-ol. E est donc la propanone.

A peut être oxydé en deux produits différents : il s'agit d'un alcool primaire. Comportant trois atomes de carbone, il s'agit du propan-1-ol. Ces données ne sont pas suffisantes pour identifier les cinq composés, car on ne peut identifier ni C ni D.

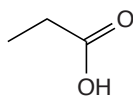
2. Le composé C réagit avec la liqueur de Fehling : c'est un aldéhyde issu de l'oxydation du propan-1-ol de formule topologique :



C'est donc le propanal de formule topologique :



D ne réagit pas avec la liqueur de Fehling et est issu de l'oxydation du propan-1-ol, il s'agit de l'acide propanoïque de formule topologique :



Le propan-2-ol B a pour formule topologique :



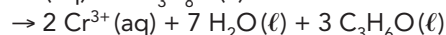
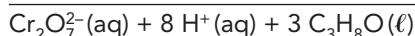
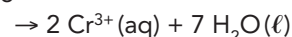
La propanone E a pour formule topologique :



17 À chacun son rythme

1. Le propan-1-ol est un alcool primaire. Il peut donc être oxydé en propanal ou en acide propanoïque.

2. a. Si l'oxydant dichromate est en défaut, le propan-1-ol est oxydé en propanal selon :



b. Voir le tableau en fin de chapitre, p. 135.

$$n_1 = C \cdot V = 0,25 \times 50 \times 10^{-3} = 1,25 \times 10^{-2} \text{ mol};$$

$$n_2 = \frac{m}{M(\text{C}_3\text{H}_8\text{O})} = 1,67 \times 10^{-2} \text{ mol}.$$

Si l'ion dichromate est le réactif limitant :

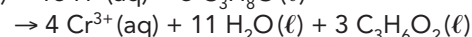
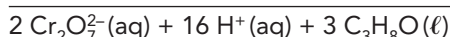
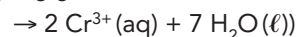
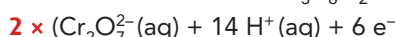
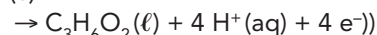
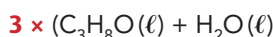
$$n_1 - x_{1\text{max}} = 0, \text{ soit } x_{1\text{max}} = n_1 = 1,25 \times 10^{-2} \text{ mol}.$$

Si le propan-1-ol est le réactif limitant :

$$n_2 - 3 x_{2\text{max}} = 0, \text{ soit } x_{2\text{max}} = \frac{n_2}{3} = 5,56 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

Le propan-1-ol est le réactif en défaut et l'oxydant dichromate est en excès. Le propan-1-ol peut donc être oxydé en acide propanoïque.

3. a. Si l'oxydant dichromate est en excès, le propan-1-ol est oxydé en acide propanoïque selon :



b. Voir le tableau en fin de chapitre, p. 135.

Si la quantité d'ions dichromate utilisée est suffisante pour réaliser l'oxydation considérée, le propan-1-ol est le réactif en défaut, alors :

$$n_2 - 3 x_{\text{max}} = 0, \text{ soit } x_{\text{max}} = \frac{n_2}{3} = 5,56 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

La quantité minimale d'ions dichromate nécessaire à l'oxydation complète de l'alcool vaut, alors :

$$n(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) = 2 x_{\text{max}} = 1,11 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

Cette quantité est inférieure à la quantité introduite, les ions dichromate sont bien en excès et la totalité du propan-1-ol est oxydé en acide propanoïque.

18 A laboratory survey

Traduction du texte et des questions :

« Deux composés organiques X et Y, de même formule moléculaire $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$, sont obtenus par oxydation des isomères butan-x-ol du butanol par un défaut d'oxydant.

Les tests de X et Y avec le réactif DNPH sont positifs. Le test avec la liqueur de Fehling est positif pour X et négatif pour Y.

1. Proposer un oxydant pour réaliser ces oxydations.

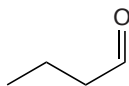
2. Écrire la formule topologique de X et Y et donner leur nom.

3. Écrire la formule topologique et nommer l'alcool qui a été oxydé pour donner : a. X; b. Y. »

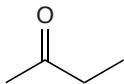
Réponses aux questions :

1. L'ion permanganate MnO_4^- en milieu acide permet de réaliser ces oxydations.

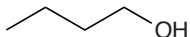
2. Le test de X et Y à la DNPH est positif : X et Y sont des composés carbonyles.
Seul X donne un précipité avec la liqueur de Fehling : X est un aldéhyde et Y est une cétone
X est le butanal de formule topologique :



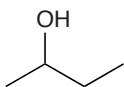
et Y est la butanone de formule topologique :



3. a. L'alcool oxydé en X est primaire : c'est le butan-1-ol de formule topologique :



b. L'alcool oxydé en Y est secondaire : c'est le butan-2-ol de formule topologique :



19 Un arôme : la menthone

1. Le menthol est un alcool secondaire. Le groupe caractéristique de la menthone est le groupe carbonyle C=O.

2. a. À 20 °C, le menthol est solide.

b. À 20 °C, la menthone est liquide.

3. a. Le chauffage à reflux permet de chauffer le mélange réactionnel sans perte de produits et en toute sécurité.

b. Voir le tableau en fin de chapitre, p. 135.

La quantité initiale de menthol vaut :

$$n_1 = \frac{m_1}{M(C_{10}H_{20}O)} = \frac{m_1}{10 M(C) + 20 M(H) + M(O)}$$

$$n_1 = \frac{15,6}{156} = 0,100 \text{ mol}$$

La quantité initiale d'ions permanganate vaut :

$$n_2 = C \cdot V = 0,100 \times 0,8 = 8 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

Si le menthol est le réactif en défaut :

$$n_1 - 5 x_{1\max} = 0, \quad \text{soit } x_{1\max} = \frac{n_1}{5} = 2,00 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

Si l'ion permanganate est le réactif en défaut :

$$n_2 - 2 x_{2\max} = 0, \quad \text{soit } x_{2\max} = \frac{n_2}{2} = 4 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

$x_{2\max}$ est supérieur à $x_{1\max}$, le réactif en excès est donc l'ion permanganate et $x_{\max} = 2,00 \times 10^{-2} \text{ mol}$.

c. L'oxydation se déroule à une température voisine de 55 °C, ce qui permet de travailler avec du menthol liquide.

4. a. La phase surnageante dans l'ampoule à décanter est le cyclohexane, puisque c'est le liquide le moins dense, la densité de la phase aqueuse étant de l'ordre de 1.

b. Cette opération permet d'extraire la menthone du mélange réactionnel.

5. a. Le procédé de séparation est adapté puisque la température d'ébullition de la menthone est nettement supérieure à celle du cyclohexane.

b. Par définition, le rendement de cette synthèse est égal à $\rho = \frac{n_{\text{obtenue}}(\text{menthone})}{n_{\text{max}}(\text{menthone})}$

D'après le tableau d'avancement établi en **3.b** :

$$n_{\max}(\text{menthone}) = 5 x_{\max} = n_1 = 0,100 \text{ mol}$$

$$n_{\text{obtenue}}(\text{menthone}) = \frac{m'}{M(C_{10}H_{18}O)}$$

$$n_{\text{obtenue}}(\text{menthone}) = \frac{m_1}{10 M(C) + 18 M(H) + M(O)}$$

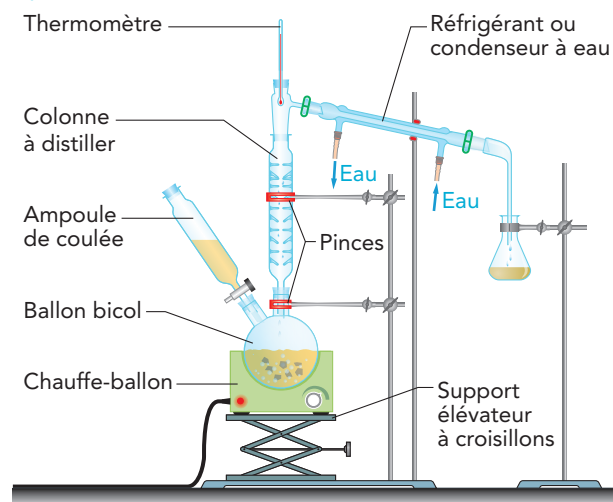
$$n_{\text{obtenue}}(\text{menthone}) = \frac{11,2}{154} = 7,272727 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

$$n_{\text{obtenue}}(\text{menthone}) = 7,27 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

$$\rho = \frac{7,27 \times 10^{-2}}{0,100} = 0,727, \quad \text{soit } 73 \% \text{ de rendement.}$$

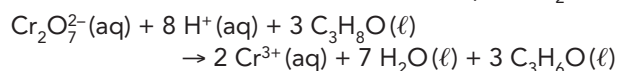
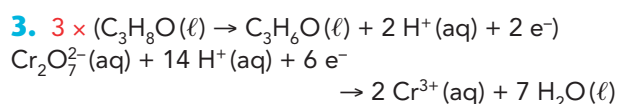
20 Synthèse du propanal

1.



$$2. V = n \cdot \frac{M(C_2H_5CHO)}{\rho} = 0,833 \times \frac{3 \times 12 + 6 + 16}{0,80} = 60.$$

Il faut donc prélever un volume $V = 60 \text{ mL}$ de propan-1-ol.



4. a. La solution oxydante est ajoutée très lentement pour que l'oxydant reste en défaut tout au long de la synthèse et pour favoriser ainsi la synthèse de l'aldéhyde.

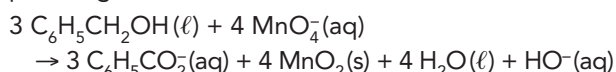
b. Le propanal doit être distillé dès qu'il est formé pour éviter son oxydation en acide propanoïque par les ions dichromate ajoutés.

5. Le propanal peut être extrait du mélange réactionnel dès sa formation par distillation, car sa température d'ébullition est très inférieure à celles du propan-1-ol et de l'eau.

6. L'utilisation des ions dichromate n'est pas judicieuse. En effet, d'après les pictogrammes de sécurité, ils sont toxiques, corrosifs, présentant un danger pour le milieu aquatique et cancérigènes. On leur préfère actuellement les ions permanganate, car ces derniers sont moins dangereux (moins toxiques que les ions dichromate et non cancérigènes, d'après les pictogrammes de sécurité).

21 Oxydation de l'alcool benzylique

1. L'équation chimique de la réaction qui se produit, en milieu basique, entre l'alcool benzylique et les ions permanganate s'écrit :



Les deux demi-équations associées à la transformation considérée sont les demi-équations a et d. En effet, elles mettent en jeu les espèces conjuguées des deux couples considérés, correspondent à des réactions ayant lieu en milieu basique (présence d'ions hydroxyde $\text{HO}^-(\text{aq})$ au lieu d'ions hydrogène $\text{H}^+(\text{aq})$) et vérifient la conservation des charges et des éléments.

2. Réponse a. La quantité n_1 d'alcool benzylique contenue dans la prise d'essai de volume $V = 2,0 \text{ mL}$ vaut :

$$n_1 = \frac{\rho(\text{alcool benzylique}) \cdot V}{M(\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OH})} = \frac{1 \times 2}{108} = 1,9 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

3. Voir le tableau en fin de chapitre, p. 135.

$$n_1 - 3 x_{1\text{max}} = 0 \text{ conduit à } x_{1\text{max}} = \frac{n_1}{3} = 6,3 \times 10^{-3} \text{ mol.}$$

$$n_2 - 4 x_{2\text{max}} = 0 \text{ conduit à } x_{2\text{max}} = \frac{n_2}{4} = 7,5 \times 10^{-3} \text{ mol.}$$

$x_{1\text{max}} < x_{2\text{max}}$: les ions permanganate ont été ajoutés en excès.

4. Réponse c. La masse maximale m_{max} d'acide benzoïque qu'il aurait été possible d'obtenir vaut :

$$m_{\text{max}} = n_1 \cdot M(\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2\text{H}) = 1,9 \times 10^{-2} \times 122 = 2,3 \text{ g}$$

5. Réponse b. Le rendement r de la synthèse vaut :

$$r = \frac{n_{\text{obtenue}}(\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2\text{H})}{n_{\text{max}}(\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2\text{H})} = \frac{1,4}{2,3} = 0,61, \text{ soit } 61 \%$$

Retour sur l'ouverture du chapitre

22 Les arômes

1. a. Le système olfactif est constitué des neurones olfactifs du nez (sensation directe de l'odeur) et de la fosse nasale (perception des arômes par voie rétro-nasale).

b. Le prix Nobel 2004 de médecine et physiologie a récompensé Richard AXEL (Institut médical Howard Hughes de l'Université Columbia à New York) et Linda BUCK (Fred Hutchinson Cancer Research Center, à Seattle), pour leurs travaux sur le fonctionnement du système olfactif. Ces travaux ont permis des progrès importants dans la conception d'arômes, car ils permettent de mieux comprendre les processus de perception et de reconnaissance des odeurs.

2. La vanilline comporte un groupe hydroxyle $-\text{OH}$ et un groupe carbonyle $\text{C}=\text{O}$ et l' α -ionone ne comporte qu'un groupe carbonyle $\text{C}=\text{O}$.

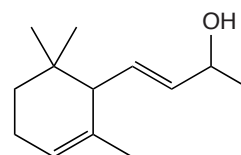
3. a. La Commission du Codex Alimentarius a été créée en 1963 par la FAO et l'OMS afin d'élaborer des normes alimentaires, protéger la santé des consommateurs, organiser des pratiques loyales dans le commerce des aliments et coordonner les travaux de normalisation ayant trait aux aliments.

b. On peut réaliser une extraction par solvant ou un entraînement à la vapeur.

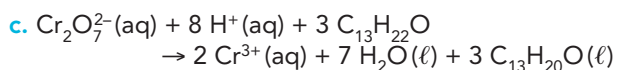
4. D'après la définition du Codex Alimentarius, lorsqu'elle est synthétisée à partir du gäiacol, la vanilline n'est pas considérée comme naturelle. En revanche, lorsqu'elle est synthétisée à partir de résidus de betteraves sucrières, elle l'est.

5. a. L' α -ionone est principalement obtenue par synthèse chimique, car sa source naturelle est la violette, fleur fragile et saisonnière; son coût est alors bien plus important.

b.



C'est un alcool secondaire.



Exercice 5.

Équation	$5 \text{C}_4\text{H}_{10}\text{O} + 4 \text{MnO}_4^- + 12 \text{H}^+ \rightarrow 5 \text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2 + 4 \text{Mn}^{2+} + 11 \text{H}_2\text{O}$					
État initial	n_1	n_2	excès	0	0	excès
État final	$n_1 - 5 x_{\text{max}}$	$n_2 - 4 x_{\text{max}}$	excès	$5 x_{\text{max}}$	$4 x_{\text{max}}$	excès

Exercice 11.

Équation	$5 \text{C}_5\text{H}_{12}\text{O} + 4 \text{MnO}_4^- + 12 \text{H}^+ \rightarrow 5 \text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2 + 4 \text{Mn}^{2+} + 11 \text{H}_2\text{O}$					
État initial	n_0	n_2	excès	0	0	excès
État final	$n_0 - 5 x_{\text{max}}$	$n_2 - 4 x_{\text{max}}$	excès	$5 x_{\text{max}}$	$4 x_{\text{max}}$	excès

Exercice 12, question 1.

Équation	$5 \text{C}_4\text{H}_{10}\text{O} + 2 \text{MnO}_4^- + 6 \text{H}^+ \rightarrow 5 \text{C}_4\text{H}_8\text{O} + 2 \text{Mn}^{2+} + 8 \text{H}_2\text{O}$					
État initial	n_1	n_2	excès	0	0	excès
État final	$n_1 - 5 x_{\max}$	$n_2 - 2 x_{\max}$	excès	$5 x_{\max}$	$2 x_{\max}$	excès

Exercice 17, question 2b.

Équation	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 3 \text{C}_3\text{H}_8\text{O} + 8 \text{H}^+ \rightarrow 2 \text{Cr}^{3+} + 3 \text{C}_3\text{H}_6\text{O} + 7 \text{H}_2\text{O}$					
État initial	n_1	n_2	excès	0	0	excès
État final	$n_1 - x_{\max}$	$n_2 - 3 x_{\max}$	excès	$2 x_{\max}$	$3 x_{\max}$	excès

Exercice 17, question 3b.

Équation	$2 \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 3 \text{C}_3\text{H}_8\text{O} + 16 \text{H}^+ \rightarrow 4 \text{Cr}^{3+} + 3 \text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2 + 11 \text{H}_2\text{O}$					
État initial	n_1	n_2	excès	0	0	excès
État final	$n_1 - 2 x_{\max}$	$n_2 - 3 x_{\max}$	excès	$4 x_{\max}$	$3 x_{\max}$	excès

Exercice 19, question 3b.

Équation	$5 \text{C}_{10}\text{H}_{20}\text{O} + 2 \text{MnO}_4^- + 6 \text{H}^+ \rightarrow 5 \text{C}_{10}\text{H}_{18}\text{O} + 2 \text{Mn}^{2+} + 8 \text{H}_2\text{O}$					
État initial	n_1	n_2	excès	0	0	excès
État final	$n_1 - 5 x_{\max}$	$n_2 - 2 x_{\max}$	excès	$5 x_{\max}$	$2 x_{\max}$	excès

Exercice 21, question 3.

Équation	$3 \text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OH}(\ell) + 4 \text{MnO}_4^-(\text{aq}) \rightarrow 3 \text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2^-(\text{aq}) + 4 \text{MnO}_2(\text{s}) + 4 \text{H}_2\text{O}(\ell) + \text{HO}^-(\text{aq})$					
État initial	n_1	n_2	0	0	excès	
État final	$n_1 - 3 x_{\max}$	$n_2 - 4 x_{\max}$	$3 x_{\max}$	$4 x_{\max}$	excès	

Synthèse de nouveaux matériaux et de molécules biologiquement actives

Chapitre 20

Activités

1 Ces nanomatériaux qui nous entourent... (p. 334)

1 Les fumées de silice sont des particules ultrafines de silice (ou oxyde de silicium) de formule SiO_2 . On trouve la silice sous forme de quartz, de calcédoine ou de diatomite.

2 Dans une crème solaire, le dioxyde de titane agit comme un miroir de très petite dimension qui réfléchit la lumière qu'il reçoit. Le terme « filtre » n'est pas adapté, le terme approprié est « écran ».

Complément

Le dioxyde de titane, en particules de taille micrométrique, est un écran minéral utilisé depuis de nombreuses années dans les crèmes solaires. Son principal inconvénient est de laisser des traces blanches sur la peau. En effet, chaque particule de dioxyde de titane réfléchit les UV mais aussi les radiations du domaine visible. La lumière blanche est donc diffusée par la peau. En utilisant des particules de dioxyde de titane plus petites, des nanoparticules, seuls les UV sont réfléchis, la peau ne diffuse plus de lumière blanche.

3 Le traitement super-hydrophobe d'une surface permet à l'eau de glisser sur cette surface sans interagir avec celle-ci. L'eau ne pénètre donc pas dans le matériau de même que les espèces chimiques présentes dans l'eau. Ce traitement évite donc la formation de taches sur la surface, d'où le nom de traitement « antitache ».

4 Le nom « top-down » indique que cette voie de production des nano-objets part du haut (« top »), c'est-à-dire des objets de grande dimension, pour aller vers le bas (« down »), c'est-à-dire des objets de petite dimension.

Le nom « bottom-up » indique que cette voie de production des nano-objets part du bas (« bottom »), c'est-à-dire des objets de petite dimension, les atomes ou les molécules, pour aller vers le haut (« up »), c'est-à-dire des objets de plus grande dimension.

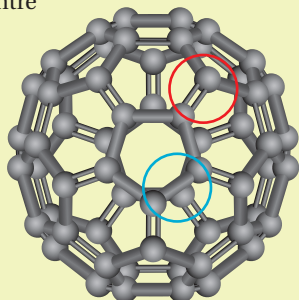
5 La Nature emprunte la voie « bottom-up » puisque la Nature part des atomes pour constituer des molécules, des polymères, des macromolécules, etc.

2 Deux prix Nobel pour le carbone ! (p. 335)

1 L'atome de carbone des fullerènes et du graphite est trigonal, car il est lié à trois autres atomes. Les atomes de carbone forment alors des réseaux hexagonaux.

Complément

La forme des fullerènes s'explique par la formation d'un certain nombre de pentagones à la place d'hexagones, ce qui permet de refermer le fullerène sur lui-même. Par exemple, pour le fullerène C_{60} , il y a une liaison double entre deux hexagones (cercle rouge) et une liaison simple (cercle bleu) entre un hexagone et un pentagone.



2 Le fullerène C_{60} a été initialement baptisé « buckminsterfullerène » en hommage à l'architecte Buckminster Fuller qui a popularisé le dôme géodésique en réalisant, entre autres, le pavillon des États-Unis à l'Exposition universelle de 1967 à Montréal.

3 « La fibre de carbone est un matériau se composant de fibres extrêmement fines, de 5 à 15 μm de diamètre, et composé principalement d'atomes de carbone. Ceux-ci sont agglomérés dans des cristaux microscopiques qui sont alignés plus ou moins parallèlement à l'axe long de la fibre. L'alignement des cristaux rend la fibre extrêmement résistante pour sa taille. Plusieurs milliers de fibres de carbone sont enroulés ensemble pour former un fil, qui peut être employé tel quel ou tissé. » (Source : Wikipédia)

Les nanotubes de carbone sont des feuillets d'atomes de carbone enroulés sur eux-mêmes pour former des tubes de quelques nanomètres de diamètre.

Complément

Sur l'ensemble d'un nanotube, la structure est régulière, alors que, dans une fibre, la structure n'est régulière que dans les cristaux constituant la fibre.

4 Dans un graphène ou un fullerène, les atomes de carbone établissent des liaisons covalentes, ce qui explique la solidité de la molécule formée.

5 Des interactions électriques de type Van der Waals s'établissent entre deux graphènes. Ces interactions étant de faible intensité, les graphènes sont faiblement liés entre eux, ce qui explique la friabilité du graphite.

3 Hémisynthèses de molécules biologiquement actives (p. 336)

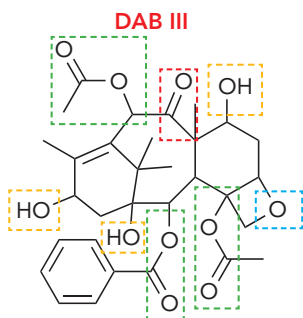
1 L'utilisation de l'écorce du tronc de l'if provoque la mort de l'arbre. Pour préserver les ressources naturelles, il est préférable d'utiliser les feuilles de l'if pour la synthèse du Taxol®.

2 La molécule de DAB III possède une partie de la structure des molécules de Taxol® et de Taxotère® que l'on souhaite synthétiser. Seules quelques modifications sur la molécule de DAB III sont réalisées : il s'agit donc d'hémisynthèses.

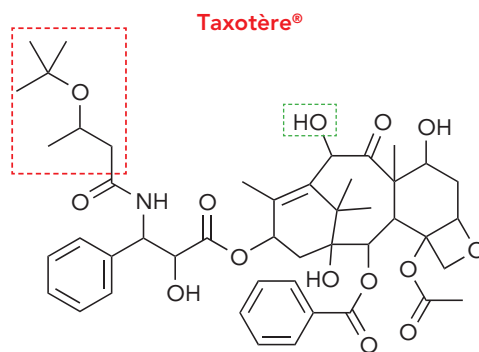
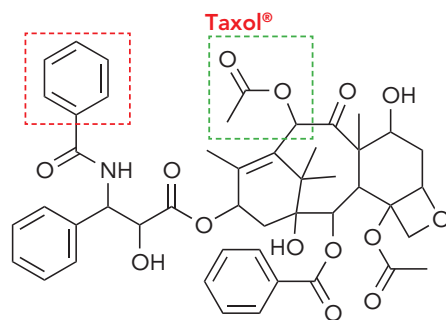
L'intérêt d'une hémisynthèse est d'utiliser comme réactif une molécule complexe ayant déjà une partie de la structure de la molécule que l'on souhaite synthétiser. La synthèse totale de la molécule à partir de molécules simples serait plus difficile à réaliser.

3 Dans la molécule de DAB III, on reconnaît :

- 3 groupes **hydroxyles** ;
- 3 groupes **esters** ;
- 1 groupe **carbonyle** ;
- 1 groupe **étheroxyde**.



4 Les différences entre les molécules de Taxol® et de Taxotère® apparaissent au niveau des cadres rouge et vert en pointillés.



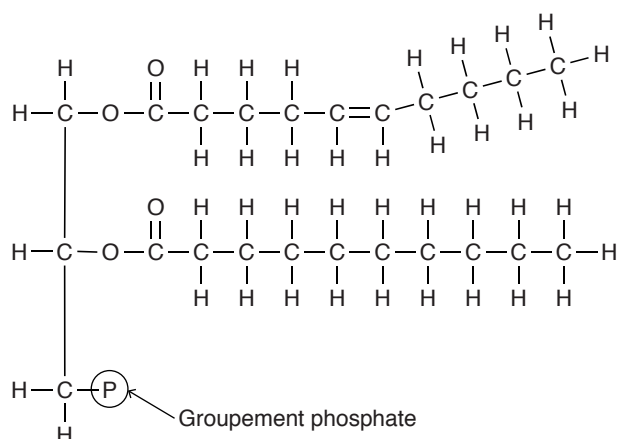
5 Le Taxol® et le Taxotère® agissent sur le cancer du sein, des ovaires et certains types de cancer du poumon. Le Taxotère® agit en outre sur le cancer de la prostate et certains cancers des voies digestives.

4 Comment amener une molécule thérapeutique jusqu'à l'organe malade ? (p. 337)

Manuel numérique 20
Animation :
La vectorisation
des médicaments.

1 La vectorisation d'un médicament permet d'atteindre uniquement les cellules qui nécessitent ce médicament et donc d'en limiter les quantités utilisées. Ceci permet de réduire les effets secondaires et de diminuer les coûts des traitements.

2 **Phospholipides** : ce sont des lipides formés d'une molécule de glycérol sur laquelle sont fixés deux acides gras et un groupement phosphate (voir schéma ci-contre).



Les phospholipides diffèrent par la nature des acides gras et du groupement phosphate liés au glycérol.

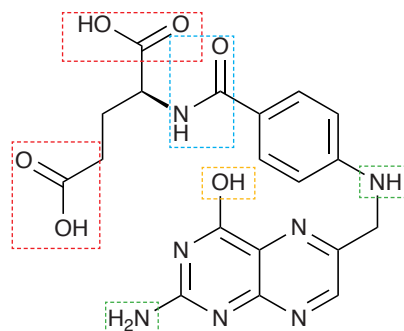
Macrophages (du grec *makros* = grand, et *phagein* = manger) : ce sont des cellules provenant de la différenciation des leucocytes sanguins. Ils s'infiltrant dans les tissus et phagocytent les débris cellulaires et pathogènes.

Ils ne sont pas spécifiques mais peuvent le devenir par opsonisation.

Biodégradable : qualifie un matériau qui peut être décomposé par les organismes vivants.

3 Le cœur des liposomes est aqueux donc hydrophile, tandis que la bicouche de phospholipide est lipophile. Une molécule hydrophile est donc transportée par le cœur aqueux. Une molécule lipophile est transportée par la bicouche.

4 a. Le nom courant de l'acide folique est « vitamine B 9 ». Sa formule développée est :



b. Cette molécule contient les groupes **carboxyles**, **amines**, **amide** et **hydroxyle**.

5 Le verre, matériau solide ou liquide figé? (p. 338)

1 Un *fondant* est un oxyde alcalin : oxyde de sodium Na_2O , oxyde de potassium K_2O , oxyde de magnésium MgO , etc.

Un fondant est mélangé à la silice pour en abaisser sa température de fusion.

2 L'état vitreux caractérise un état de la matière dans lequel ses constituants sont figés dans une structure ne présentant pas d'organisation spatiale régulière.

3 Un matériau *cristallin* est caractérisé par une structure spatiale régulière et organisée de ses constituants.

Un matériau *amorphe* ne présente pas de structure organisée à grande échelle.

4 Le schéma de la silice vitreuse (**b**) montre une organisation spatiale irrégulière des atomes d'oxygène et de silicium, ce qui justifie le caractère amorphe du verre.

5 La structure du verre est la même que celle d'un liquide puisque ses constituants sont dans un état désordonné. Mais, comme ces constituants sont figés les uns par rapport aux autres, on peut considérer le verre comme un *liquide figé*.

6 Le verre cristal n'est pas un solide cristallin. Il s'agit d'un verre, donc sa structure est amorphe. Le verre cristal est riche en plomb : on l'obtient en ajoutant de l'oxyde de plomb PbO à la silice. Le nom de cristal ne peut être utilisé que si la teneur en oxyde de plomb est supérieure à 24 % en masse.

L'oxyde de plomb abaisse la température de fusion de la silice (rôle de fondant) et stabilise la composi-

tion du verre (rôle de stabilisant). Le verre est alors plus facile à travailler et à tailler. Le verre cristal est limpide, très sonore, très résistant à la dévitrification. Il est utilisé en gobeletterie et en verrerie d'art.

Complément

Avec une teneur en plomb plus élevée (au moins 60 % en masse), on obtient un verre très dense utilisé en vitrage de protection des rayons X (cabinets de radiologie, par exemple).

7 Les verres *sodocalciques* contiennent de la silice (≈ 72 %), de la soude (≈ 13 %) et de la chaux (≈ 5 %). Ce sont des verres courants, de grande stabilité chimique, mais sensibles aux chocs thermiques. Ils sont utilisés pour la fabrication des bouteilles, des plats, des ampoules électriques, etc.

Les verres *borosilicatés* contiennent de la silice (≈ 80 %), de l'oxyde de bore B_2O_3 (≈ 13 %), de la soude (≈ 4 %), de l'alumine (≈ 3 %). Ces verres présentent une grande stabilité chimique et une grande résistance à la chaleur. Ils sont utilisés pour l'isolation thermique (fibres de verre) et pour le stockage de déchets radioactifs. Le verre Pyrex® est un exemple de verre borosilicaté.

8 L'*endoscopie* est une méthode d'exploration médicale et industrielle permettant de visualiser l'intérieur de conduits ou de cavités inaccessibles à l'œil. Un endoscope est constitué d'un tube flexible, d'un système d'éclairage et d'une caméra permettant de retransmettre l'image. La fibroscopie est une endoscopie dont le tube flexible est constitué de fibres optiques.

6 Les céramiques, matériaux amorphes ou organisés? (p. 339)

1 *Irréversible* : qualifie un phénomène qui ne se déroule que dans un seul sens, sur lequel on ne peut pas revenir.

Plasticité : caractère de ce qui est plastique, qui peut être modelé.

Frittage : fabrication de céramiques consistant à chauffer une poudre sans atteindre la fusion. Sous l'effet de la chaleur, les grains se soudent, ce qui assure la cohésion de la céramique.

Ductile : qui peut être étiré sans se rompre.

Faïence : poterie à base d'argile, recouverte d'émail ou de vernis.

Bouclier thermique : dispositif destiné à protéger un engin contre l'échauffement cinétique (en astronautique). Ils permettent de protéger les engins spatiaux des températures très élevées atteintes par frottement avec l'atmosphère, lorsque l'engin est entouré par un plasma.

2 Les avantages des céramiques sont la résistance à l'usure et la dureté élevée.

Les inconvénients sont la fragilité (matériau cassant), la non-ductilité et la sensibilité aux chocs thermiques.

3 Le matériau de base des céramiques domestiques est l'argile (exemple : le kaolin).

Les céramiques techniques sont obtenues à partir d'oxydes (oxyde d'aluminium, oxyde de zirconium, etc.) ou de non-oxydes (carbure de titane, carbure de tungstène, nitrure de bore, nitrure d'aluminium, nitrure de silicium, etc.).

4 Les céramiques sont des matériaux à structure cristalline, plus exactement polycristalline.

5 Une vitrocéramique est particulièrement résistante aux chocs thermiques, ce qui n'est pas le cas des céramiques classiques.

7 Les bioplastiques, c'est fantastique ? (p. 340)

1 Les polymères sont constitués de molécules à longues chaînes, ou macromolécules, obtenues à partir de l'addition d'un grand nombre de molécules élémentaires appelées monomères.

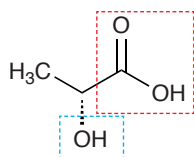
Un monomère (du grec *monos* = un seul ou une seule, et *meros* = partie) est une molécule élémentaire, le plus souvent organique, utilisée pour la synthèse de polymères.

2 La matière première du PLA est l'amidon.

3

Polymère	Monomère	Formule semi-développée du monomère
PLA (acide polylactique)	Acide lactique	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{C} = \text{O} \\ \quad \quad \\ \text{OH} \quad \text{OH} \end{array}$
PVC (polychlorure de vinyle)	Chlorure de vinyle	$\text{CH}_2 = \text{CHCl}$
PE (polyéthylène)	Éthylène	$\text{CH}_2 = \text{CH}_2$

4 Groupes oxygénés présents dans la molécule d'acide lactique : groupe **hydroxyle** et groupe **carboxyle**.



5 Avantages des bioplastiques sur leurs équivalents pétrochimiques :

- pour ceux issus de matières premières fossiles : ils sont biodégradables ;
- pour ceux issus de matières premières renouvelables : non utilisation du pétrole ou de ses dérivés. Ils peuvent, en outre, être aussi biodégradables. Par exemple, les agroplastiques sont des bioplastiques issus de matières végétales : ils sont quasiment tous biodégradables.

6 Une utilisation massive des bioplastiques réduirait fortement les surfaces des terres cultivées pour le marché alimentaire, ce qui deviendrait problématique à grande échelle. De plus, le coût de fabrication est actuellement élevé : il est 2 à 4 fois supérieur à celui de leurs homologues issus de l'industrie pétrolière.

Enfin, leur fin de vie reste problématique : même si certains d'entre eux sont biodégradables, leur dégradation peut être très longue en dehors des conditions de compostage.

On devrait limiter les bioplastiques à la fabrication d'objets « plastiques » de courte durée de vie (emballages alimentaires, bouteilles d'eau minérales, sacs poubelles, etc.).

Exercices (p. 342-347)

1 Pourquoi réduire un solide en poudre ?

1. La surface totale du cube est $S_1 = 6 \times a^2$

2. En divisant par 10^3 la longueur de l'arête, le nombre de cubes est égal 10^9 .

La surface de chacun des cubes est :

$$S' = 6 \times \left(\frac{a}{10^3}\right)^2 = 6 \times \frac{a^2}{10^6}$$

La surface de l'ensemble des cubes est donc :

$$S_2 = 10^9 \times 6 \times \frac{a^2}{10^6} = 10^3 \times 6 \times a^2 = 10^3 \times S_1$$

3. Une réaction chimique se produit à la surface des réactifs solides. En réduisant le solide en poudre, on augmente considérablement la surface de contact et ainsi la vitesse de réaction. Ceci est important dans l'industrie chimique pour laquelle la réduction de la durée des réactions se traduit par une diminution des coûts de production.

2 La taille a-t-elle une influence sur les propriétés d'un objet ?

1. a. Le volume de la nanoparticule est :

$$V = \frac{4}{3} \pi R^3.$$

Le volume d'un atome d'or est $v = \frac{4}{3} \pi r^3$.

En considérant que seulement 75 % du volume de la nanoparticule sont occupés par des atomes, le nombre d'atomes d'or N dans une nanoparticule vaut :

$$N = 0,75 \times \frac{V}{v}, \text{ soit } N = 0,75 \times \left(\frac{R}{r}\right)^3 = 6,5 \times 10^3.$$

b. La quantité d'or contenue dans une nanoparticule est donc $n = \frac{N}{N_A} = 1,0 \times 10^{-20} \text{ mol}$.

2. Les particules d'or de quelques dizaines de nanomètres de diamètre absorbent très fortement dans un domaine de longueurs d'onde centré sur 520 nm. Elles absorbent donc principalement les couleurs bleu-vert et apparaissent rouge-orangé.

3. Un colloïde est obtenu quand une substance (gaz, liquide ou solide) est finement dispersée dans une autre substance elle-même gazeuse ou liquide, de sorte que le mélange soit homogène. On peut donner les exemples suivants :

- d'un solide dans un gaz : fumée ;
- d'un solide dans un liquide : peinture, encre ;
- d'un liquide dans un gaz : brouillard, aérosol ;
- d'un liquide dans un liquide : lait, pastis, mayonnaise ;
- d'un gaz dans un liquide : crème fouettée, mousse ;
- d'un gaz dans un solide : aérogel, polystyrène expansé, etc.

4. Dans une nanoparticule d'or, les atomes ont moins de voisins, et donc subissent moins d'interactions attractives, que dans une particule de taille plus importante. L'éloignement des atomes les uns des autres nécessite alors moins d'énergie et la température de fusion est plus faible que pour une particule de taille plus importante.

3 Comment obtenir des nanogouttes d'anéthole ?

1. La couleur blanchâtre est due à la présence de particules dont le diamètre est de quelques centaines de nanomètres. Quand on ajoute de l'eau dans le pastis, il se forme donc des gouttelettes dont le diamètre est de quelques centaines de nanomètres.

2. a. L'anéthole est soluble dans l'alcool, mais pas dans l'eau (caractère hydrophobe).

Dans le bécher 1, la proportion d'alcool est telle que les molécules d'anéthole sont réparties de façon homogène dans la solution.

En ajoutant de l'eau, la proportion d'alcool devenant plus faible, les molécules d'anéthole se rassemblent et forment des gouttelettes nanométriques.

b. Le mélange est un colloïde et plus précisément une émulsion.

3. En ajoutant encore de l'eau, la solution redevient transparente, donc la diffusion de Mie ne se produit plus. Les gouttelettes d'anéthole ont donc un diamètre inférieur à une centaine de nanomètres.

4. En ajoutant de l'eau, donc en modifiant le rapport des volumes d'eau et d'alcool, le diamètre des gouttelettes diminue.

5. En mélangeant deux liquides non miscibles, il est possible d'obtenir des gouttelettes de l'un des liquides dans l'autre. Le diamètre des gouttelettes dépend du rapport des volumes des deux liquides.

4 Comment se protéger des nano-objets en suspension dans l'air ?

1. Une particule, dans un fluide, a un mouvement désordonné appelé mouvement brownien. Ce mouvement est rectiligne entre deux chocs successifs sur les parois du réservoir, sur une autre particule ou sur les molécules du fluide.

2. Plus une particule est petite, plus son déplacement entre deux chocs successifs est important. Une particule de petite taille a donc plus de chance de rencontrer le maillage du filtre et donc d'être arrêtée par le filtre.

3. L'ordre de grandeur de la taille d'une molécule de diazote et d'une molécule de dioxygène est 0,2 nm. On peut donc estimer que les plus petites particules arrêtées par le filtre ont une taille de l'ordre de 1 nm.

5 Des fullerènes de carbone dans l'encre de Chine

1. Le noir de carbone est une poudre de carbone constituée de particules quasi-sphériques dont le diamètre est de quelques dizaines à quelques centaines de nanomètres. Ces particules sont regroupées en agrégats plus gros (quelques centaines de nanomètres), eux-mêmes regroupés en agglomérats de quelques dizaines de micromètres.

On l'obtient principalement par combustion incomplète ou par décomposition d'hydrocarbures (gaz naturels, résidus pétroliers lourds, goudron de houille).

Il est utilisé comme pigment (peintures, encres), comme charge dans les caoutchoucs (il représente environ 25 % de la masse d'un pneu), pour les baguettes de soudage ou comme filtre chimique.

2. Les pins produisent beaucoup de résines. Les résines contiennent principalement des acides résiniques (formule brute $C_{19}H_{29}CO_2H$) qui possèdent de longues chaînes carbonées. Les huiles sont aussi des molécules constituées de longues chaînes carbonées. Leur combustion permet donc de produire de grandes quantités de noir de carbone.

3. Pour obtenir du noir de carbone, on peut allumer une bougie et placer une coupelle au-dessus de la flamme : il apparaît des traces noires de noir de carbone.

4. L'encre de Chine peut être considérée comme un nanomatériau, car elle contient du noir de carbone qui lui-même contient des nanoparticules, les fullerènes.

5. Les fullerènes sont des molécules ne comportant que des atomes de carbone associés en réseaux essentiellement hexagonaux (voir correction de l'activité 1, p. 136).

Les fullerènes peuvent avoir la forme d'une sphère, d'une ellipse, d'un anneau, d'un tube.

Voir le site <http://www.lecarbhone.com>

6 « There's plenty of room at the bottom »

Traduction du texte et des questions :

« Ceci est un extrait du texte de la conférence que Richard FEYNMAN donna le 29 décembre 1959 à la rencontre annuelle de la Société Américaine de Physique à l'Institut de Technologie de Californie.

"Que se passerait-il si nous pouvions organiser les atomes un par un comme nous le voulons [...]. Jusqu'à présent, nous nous sommes contentés de creuser le sol pour trouver des minéraux. Nous les chauffons et nous leur faisons subir un large éventail de traitements et nous espérons obtenir une substance pure avec juste ce qu'il faut d'impuretés, et ainsi de suite. Mais nous devons toujours accepter l'organisation atomique que la nature nous donne. [...]

Que pourrions-nous faire avec des structures en couches ayant juste les bonnes couches? Quelles seraient les propriétés des matériaux si nous pouvions vraiment arranger les atomes comme nous le voulons? Il serait très intéressant de les étudier de façon théorique. Je ne vois pas exactement ce qui pourrait arriver, mais j'ai peu de doutes sur le fait que, quand nous aurons un certain contrôle sur l'organisation des choses à une petite échelle, nous accéderons à une gamme extrêmement large de propriétés possibles pour ces substances et des choses différentes que nous pourrions en faire."

1. Résumer le texte.

2. Rédiger une courte biographie de R. FEYNMAN.

3. Expliquer la dernière phrase du texte et la relier avec la nanochimie. »

Réponses aux questions :

1. R. FEYNMAN explique qu'il est, à ce moment-là, en 1959, impossible d'organiser les atomes comme le souhaiteraient les scientifiques. Ils ne peuvent qu'étudier et utiliser les organisations d'atomes proposées par la nature. Mais R. FEYNMAN pense que, lorsqu'il sera possible de contrôler l'organisation des atomes, les propriétés des matériaux formés et leurs applications seront très variées et même, au moment de sa conférence, inimaginables.

2. Richard Phillips FEYNMAN (11 mai 1918 – 15 février 1988) a reformulé entièrement la mécanique quantique en généralisant le principe de moindre action de la mécanique classique. Il a écrit de nombreux ouvrages de vulgarisation scientifique.

Il a reçu, avec deux autres scientifiques, le prix Nobel de physique en 1965 pour ses travaux en électrodynamique quantique.

3. La dernière phrase du texte concerne l'obtention de nouveaux matériaux en organisant les atomes de façons différentes de celles prévues par la nature. C'est ce que fait la nanochimie. Ces matériaux ont, en effet, des propriétés nouvelles et inattendues.

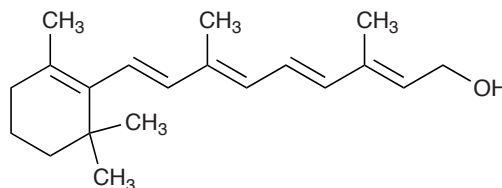
7 Des nanocapsules dans les cosmétiques

1. Schéma en coupe d'une nanocapsule de vitamine A :



2. *Lipophile* : qui a de l'affinité pour les graisses, les corps gras.

3. Formule de la vitamine A :



La vitamine A présente un caractère lipophile, car cette molécule comporte un cycle et une longue chaîne carbonés.

4. La substance placée au cœur de la nanocapsule doit piéger la molécule à transporter. La vitamine A, présentant un caractère lipophile, est très soluble dans les substances lipophiles. Le cœur de la nanocapsule doit donc être lipophile.

5. Habituellement, la vitamine A parvient aux cellules par la voie sanguine après être passée par le système digestif. Une partie seulement de la vitamine A ingérée atteint les cellules de la peau.

L'intérêt des nanocapsules est d'amener directement la vitamine A aux cellules de la peau.

8 Des médicaments en or

1. *Pathogène* : qui peut provoquer une maladie.

Surexpression : production d'une substance, ici d'un antigène, supérieure à la production par une cellule saine.

Antigène : macromolécule reconnue par des anticorps ou des cellules du système immunitaire et capable d'engendrer une réponse immunitaire. Ce sont généralement des protéines, des polysaccharides et leurs dérivés lipidiques.

Anticorps : protéine complexe utilisée par le système immunitaire pour détecter et neutraliser les antigènes de manière spécifique.

2. L'utilisation de nanoparticules greffées permet d'utiliser des quantités moindres de médicaments et donc de diminuer les effets secondaires et les coûts des traitements.

3. Les rayonnements infrarouges se situent après le rouge, donc du côté des longueurs d'onde plus grandes que celles du visible.

4. Le phénomène physique responsable de l'élévation de température est l'absorption du rayonnement, ici IR, par les nanoparticules.

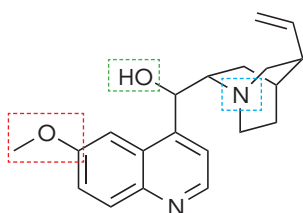
Un rayonnement transporte de l'énergie ; lorsqu'il est absorbé, son énergie est absorbée. Cette énergie rayonnante est transformée en énergie d'agitation thermique dans la nanoparticule, cela se traduit par l'élévation de sa température.

9 Des plantes pour lutter contre le paludisme

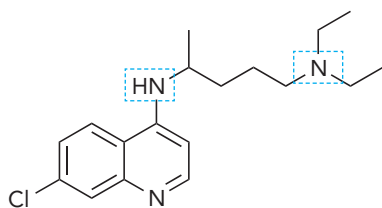
1. Le mot « malaria » vient de l'italien *mala* : mauvais et *aria* : air. Il désigne le « mauvais air » que dégageaient les zones marécageuses, le respirer entraîne des fièvres.

2. Les symptômes du paludisme sont : fièvre élevée, douleurs diffuses (maux de tête, courbatures) et troubles digestifs (nausées, diarrhées).

3. Dans la quinine, on reconnaît un groupe **hydroxyle**, un groupe **étheroxyde** et un groupe **amine**, alors que dans la chloroquine, on reconnaît deux groupes **amines**.

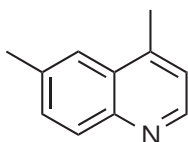


Groupes caractéristiques de la quinine

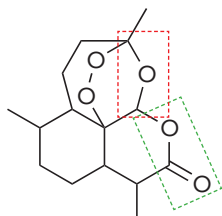


Groupes caractéristiques de la chloroquine

4. La structure commune à ces 2 molécules est :



5. Dans la molécule d'artémisinine, on reconnaît le groupe **ester** et le **groupe étheroxyde**.



Groupes caractéristiques de l'artémisinine

6. Les synthèses de l'artéméther et de l'arté-éther sont des hémisynthèses, car ces molécules sont obtenues à partir de l'artémisinine, molécule naturelle, en ne modifiant que certaines parties de cette molécule.

7. L'utilisation d'une seule molécule favorise le développement de souches résistantes à cette molécule. Il est donc recommandé d'associer deux (ou trois) molécules différentes pour éviter cela.

10 Les verres autonettoyants

1. Le verre est un matériau amorphe, car les atomes qui le constituent ne sont pas organisés de façon régulière.

2. Une photocatalyse est l'augmentation de la vitesse d'une réaction chimique sous l'action de la lumière.

3. Les principaux polluants atmosphériques ont pour origine :

- la production d'énergie : par exemple, les centrales électriques thermiques ou les systèmes de chauffage à combustible fossile ;
- les transports : carburants contenant des hydrocarbures.

4. La combustion des carburants dans les moteurs des véhicules n'est pas complète. Les gaz d'échappement contiennent donc des hydrocarbures imbrûlés ou partiellement imbrûlés. Il y a donc des hydrocarbures parmi les polluants atmosphériques.

11 Les surfaces superhydrophobes

1. Le mouillage d'un liquide sur un solide est la forme prise par le liquide lorsqu'il est déposé à la surface du solide et la façon dont il coule sur cette surface.

Si le mouillage est total, le liquide s'étale complètement sur la surface jusqu'à former un film qui la recouvre entièrement.

Si le mouillage est partiel, le liquide forme des gouttes, plus ou moins étalées, à la surface du solide. Si le mouillage est nul, la goutte est parfaitement sphérique.

2. La cire est hydrophobe : le mouillage de l'eau est donc très faible. Une goutte d'eau ne peut donc pas s'étaler sur une surface cirée et prend une forme presque sphérique.

3. Les gouttes d'eau « s'appuient » sur les picots que constituent les nanocristaux. Donc la surface de contact entre la goutte et la surface est considérablement diminuée. Ceci accentue donc l'effet hydrophobe de la cire.

4. Le caractère superhydrophobe est schématisé par une goutte sphérique qui roule sur la surface sans y adhérer et qui entraîne avec elle les salissures. *Remarque* : l'adhérence des salissures est diminuée par la structure nanométrique de la surface. Elles sont donc plus facilement entraînées par l'eau.

12 Nanoparticules... giga-dangers ?

1. *Anthropique* : qualifie ce qui est provoqué directement ou indirectement par l'activité humaine.

Système lymphatique : c'est l'un des systèmes circulatoires du corps humain. Il est constitué des vaisseaux lymphatiques, des ganglions et des tissus lymphoïdes. C'est le système lymphatique qui permet aux anticorps d'atteindre toutes les cellules.

Silicose : maladie associée à l'inhalation de poussières de silice lors du travail dans les mines, les carrières, lors du percement de tunnels ou lors du sablage des surfaces. Elle se traduit par une inflammation chronique des poumons dans lesquels se forment des cicatrices fibreuses. Son évolution peut être mortelle.

2. La production d'énergie par combustion de charbon ou de fuel produit beaucoup de particules qui seraient rejetées dans l'atmosphère si les centrales n'étaient pas équipées de filtres spécifiques.

Dans le domaine des transports, ce sont les moteurs diesel qui sont responsables des rejets de particules dans l'atmosphère. Ces véhicules sont d'ailleurs équipés de filtres à particules.

3. Exemples de nanoparticules :

- nanoparticules de carbone : intégrées au caoutchouc des pneus ou à des manches de raquettes de tennis ;
- nanoparticules de silice : intégrées au béton ;
- nanoparticules de dioxyde de titane utilisées comme filtres UV.

4. Les nanoparticules intégrées à un matériau ne sont pas « libres » de se déplacer et donc ne peuvent pas atteindre la peau, le système respiratoire ou le système digestif.

5. Il faut prendre des précautions lors de la fabrication du matériau intégrant des nanoparticules mais c'est généralement le cas, car les procédés de fabrication tiennent compte des dangers potentiels des nanoparticules.

Mais les risques majeurs apparaissent lors de la fin de vie du matériau. Ces matériaux devraient être récupérés et traités dans des conditions particulières de sorte que les nanoparticules qu'ils contiennent ne s'échappent pas dans l'environnement.

6. La silicose est une maladie associée à l'inhalation de poussières de silice (voir réponse à la question 1). Les poussières de silice sont des grains de diamètre inférieur à $10\text{ }\mu\text{m}$.

Le cancer de la plèvre (mésothéliome) est une maladie liée à l'inhalation de fibres minérales essentiellement d'amiante.

Les fibres d'amiante sont des bâtonnets d'environ $5\text{ }\mu\text{m}$ de longueur et d'environ $3\text{ }\mu\text{m}$ de diamètre.

Ces particules sont de taille trop importante pour être considérées comme des nanoparticules.

Retour sur l'ouverture du chapitre

13 Les aérogels de silice

1. Le premier aérogel a été créé par S. KISTLER en 1931.

2. La densité d'un verre est d'environ $2,5\text{ t}\cdot\text{m}^{-3}$, soit $2,5\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, soit environ 1 000 fois plus que celle d'un aérogel.

3. a. La densité d'un aérogel étant extrêmement petite, les frottements entre l'aérogel et le grain de poussière sont très faibles et ne conduisent donc pas à un échauffement du grain.

b. Les nanopores emprisonnent l'air qui ne peut donc pas se déplacer, ce qui bloque la propagation de la chaleur et des sons entre les deux faces du matériau. Cela en fait un excellent isolant thermique et phonique.

4. Les aérogels pourraient être utilisés comme isolant thermique et phonique dans les vitrages et les cloisons, comme isolant thermique dans les combinaisons et les chaussures des astronautes, des pompiers ou des alpinistes, autour des fours ou des appareils qui dégagent beaucoup de chaleur pour éviter les brûlures, etc.

5. Pour obtenir une résistance thermique égale à 5, il faut $7,2\text{ cm}$ d'aérogel et 20 cm de laine de verre.

6. En passant à travers les pores des roches poreuses, certains polluants de l'eau restent accrochés aux pores et l'eau est filtrée. Sur le même principe, les pores des aérogels de silice pourraient retenir les polluants et servir ainsi de filtres capables de retenir des impuretés de très petite dimension.

Exercices de synthèse

(p. 348-351)

1 Piles à combustible

1. a. Il est intéressant d'utiliser une pile à combustible, car elle fonctionne tant que l'on apporte ses réactifs dont l'un est le plus souvent le dioxygène de l'air.

b. Le méthanol et l'éthanol sont liquides dans les conditions usuelles de température et de pression et donc bien plus faciles à stocker que le dihydrogène qui est alors gazeux.

c. Méthanol :



Éthanol :



L'éthanol est moins dangereux pour l'utilisateur que le méthanol.

d. La source de dioxygène de ces piles est le dioxygène de l'air.

2. a. $\mathcal{P} = U \cdot I$, soit $I = \frac{\mathcal{P}}{U} = \frac{50}{12} = 4,2 \text{ A}$

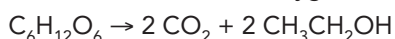
b. $\mathcal{E} = U \cdot I \cdot t = \mathcal{P} \cdot t = 50 \times 2 \times 3600 = 3,6 \times 10^5 \text{ J}$

c. $\mathcal{E} = Q \cdot U = 925 \times 12 = 1,1 \times 10^4 \text{ W} \cdot \text{h} = 11 \text{ kW} \cdot \text{h}$, car $A \cdot V = W$.

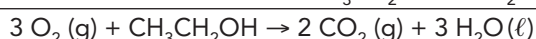
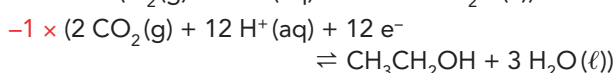
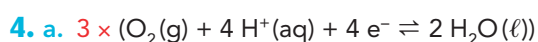
D'où l'énergie $\mathcal{E}'$ qu'un litre de méthanol peut fournir :

$$\mathcal{E}' = \frac{\mathcal{E}}{10} = 1,1 \text{ kW} \cdot \text{h}$$

3. a. D'après l'INRA, la fermentation est une réaction biochimique qui consiste à libérer de l'énergie à partir d'un substrat organique sous l'action d'enzymes microbiennes, sans faire intervenir le dioxygène.



b. Le bioéthanol peut être obtenu à partir de végétaux contenant du sucre (betterave, canne à sucre, etc.) ou de l'amidon (blé, maïs, etc.). Ce mode d'obtention est critiqué, car les végétaux utilisés à cette fin ne sont plus disponibles pour nourrir la population humaine. Pour éviter cela, on développe actuellement également le traitement des déchets de l'industrie agricole ou forestière (pailles de céréales, débris, etc.) pour produire l'éthanol utilisé comme combustible.



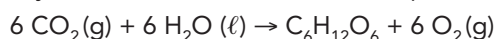
b. On doit apporter de l'eau à l'anode, car la réaction d'oxydation de l'éthanol nécessite de l'eau

comme le montre l'équation de la réaction d'oxydation anodique :



c. Les porteurs de charge assurant le passage du courant dans la pile à combustible sont les ions hydrogène $\text{H}^+(\text{aq})$.

d. Le carbone des végétaux qui sont à l'origine du bioéthanol a été obtenu par photosynthèse à partir du dioxyde de carbone de l'air selon l'équation :



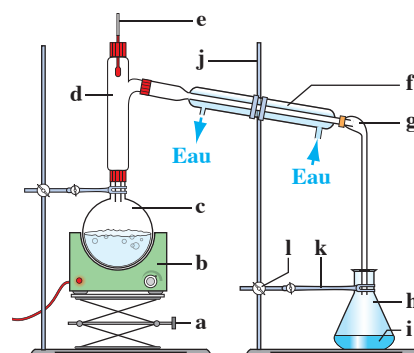
5. a. Les nanoparticules de silice sont des nano-objets en silice SiO_2 dont le diamètre est inférieur à 100 nm.

b. Les catalyseurs nanostructurés sont constitués de nanoparticules métalliques fixées sur un support. Ils permettent de réduire la quantité de métal utilisé pour une activité donnée et sont très sélectifs.

2 Des clous de girofle à l'arôme de vanille...

1. a. Une hydrodistillation est une opération qui permet d'extraire des espèces chimiques, insolubles dans l'eau. Ces espèces peuvent être naturelles et présentes dans des fleurs, des fruits, des écorces d'arbres ou de fruits, mais elles peuvent aussi être synthétiques.

b.



a. support élévateur à croisillons; b. chauffe-ballon; c. ballon; d. tête de colonne; e. thermomètre; f. réfrigérant à eau; g. allonge coudée; h. erlenmeyer; i. hydrodistillat; j. support; k. pince; l. noix.

2. a. L'eugénol et l'isoeugénol sont isomères, ils ont la même formule brute $\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{O}_2$.

b. La formule de l'isoeugénol peut s'écrire $\text{HAC}=\text{CBH}$; l'isoeugénol présente donc l'isomérisme Z/E.

L'isomère représenté est le E car les deux atomes d'hydrogène de la liaison $\text{HAC}=\text{CBH}$ sont de part et d'autre de la double liaison $\text{C}=\text{C}$.

c. Dans l'eugénol, seules les doubles liaisons du cycle sont conjuguées alors que dans l'isoeugénol la double liaison de la chaîne latérale est également conjuguée avec celles du cycle. L'eugénol a donc

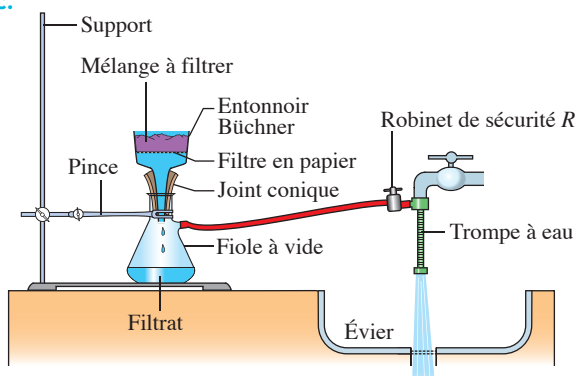
moins de doubles liaisons conjuguées que l'isoeugénol.

3. La synthèse de la vanilline s'effectue à partir d'une espèce naturelle, l'eugénol, dont la molécule a une structure voisine de celle de la vanilline; cette synthèse est donc une hémisynthèse. Seule la partie de la molécule de l'eugénol conduisant à la fonction aldéhyde de la vanilline est modifiée au cours de la synthèse.

4. a. L'éthanal a pour formule $\text{CH}_3 - \text{CHO}$.

b. À 15 °C, l'éthanal est liquide alors que la vanilline est solide; on sépare ces deux produits par filtration, éventuellement sous vide.

c.



5. La vanilline présente les groupes caractéristiques hydroxyle $-\text{OH}$, étheroxyde $\text{C}-\text{O}-\text{CH}_3$ et carbonyle $\text{C}=\text{O}$

6. a. Pour vérifier que la vanilline est un aldéhyde, il suffit de vérifier qu'elle donne un test positif avec la liqueur de Fehling (précipité rouge brique d'oxyde de cuivre (I) Cu_2O).

b. Pour vérifier que le produit obtenu est de la vanilline, on peut :

- déterminer sa température de fusion ;
- faire une chromatographie en comparant le rapport frontal R_f du produit obtenu avec celui du produit commercial pur.

7. Par définition, le rendement ρ vaut :

$$\rho = \frac{n_{\text{exp}}}{n_{\text{max}}}$$

$$n_{\text{exp}} = \frac{m_{\text{exp}}}{M(\text{vanille})} = \frac{100}{152} = 0,658 \text{ mol}$$

$$n_{\text{max}} = \frac{n_{\text{exp}}}{\rho} = 0,914 \text{ mol}$$

$$n_0(\text{eugénol}) = n_{\text{max}};$$

$$m_0(\text{eugénol}) = n_0 \times M(\text{eugénol}) = 0,914 \times 164 = 150 \text{ g}$$

3 Véhicule électrique

1. Le texte cite les moteurs électrique et thermique (essence et diesel).

2. Un moteur thermique utilise l'énergie chimique de l'essence ou du gazole. Par combustion, elle permet d'obtenir de l'énergie mécanique (détente de gaz, mise en mouvement rectiligne des pistons ; ce mouvement est ensuite transformé en mouvement de rotation et est transmis aux roues).

3. Les batteries d'accumulateurs sont le siège de réactions d'oxydo-réduction. Actuellement, les bat-

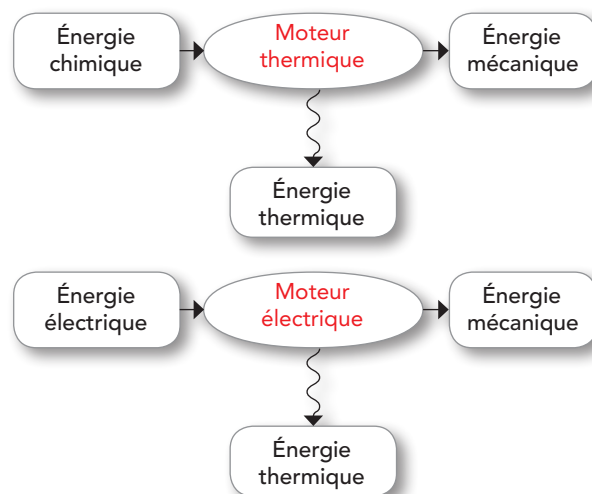
teries utilisent du plomb et du dioxyde de plomb. Le plomb est polluant.

4. a. Formule brute de l'octane : C_8H_{18} .

b. Équation de la réaction de combustion complète :



5. Les chaînes énergétiques peuvent schématisées par :



6. Les causes de dégradation d'énergie sont les frottements entre les pièces mobiles des moteurs. Pour le moteur électrique, il y a aussi des pertes dues à l'effet Joule. Pour le moteur thermique, il y a aussi dégradation par transfert thermique vers la source froide (l'atmosphère ambiante).

7. a. Le rendement de conversion d'un moteur est le rapport de l'énergie mécanique transmise aux roues et de l'énergie (chimique ou électrique) utilisée en entrée de chaîne.

b. Le rendement de conversion d'un moteur électrique est proche de 100 % : la quasi-totalité de l'énergie utilisée en entrée de chaîne est convertie en énergie exploitable (ici l'énergie mécanique). Ce type de moteur est très efficace, beaucoup plus que les moteurs thermiques.

8. Les avantages d'une utilisation massive du véhicule électrique sont les réductions des émissions de gaz à effet de serre par le secteur des transports et de la pollution sonore.

Les inconvénients sont le coût (pour l'instant), l'alimentation en énergie (parc de centrales électriques à agrandir et infrastructures à adapter), les problèmes de pollution liés aux matériaux utilisés, notamment dans les batteries.

Cette mutation ne se fera donc pas sans impact écologique.

9. Le véhicule électrique lui-même n'émet pas de gaz à effet de serre en roulant, mais sa fabrication et son recyclage, ainsi que la production d'électricité en émettent.

4 Maison passive

1. Grâce à ses caractéristiques (apport thermique solaire et géothermique, très bonne isolation), la maison passive ne nécessite pas (ou quasiment pas) de systèmes de chauffage ou de climatisation classiques pour réguler la température intérieure.

2. Les modes de transferts thermiques dans une maison sont :

- le transfert par convection thermique (optimisé par le système de ventilation couplé à l'échangeur géothermique dans une maison passive) ;
- le transfert par conduction thermique (quasi inexistant dans une maison passive très bien isolée au niveau des murs, des fenêtres, des portes et du toit) ;
- le transfert par rayonnement (optimisé par l'exposition plein Sud dans une maison passive).

3. Dans ces conditions, l'énergie thermique perdue par le toit en 24 h est :

$$\mathcal{E} = \mathcal{P} \cdot \Delta t = U \cdot S \cdot \Delta \theta \cdot \Delta t$$

$$\mathcal{E} = 0,15 \times 100 \times 25 \times (24 \times 3\,600) \approx 3,2 \times 10^7 \text{ J}$$

4. a. Le $\text{kW} \cdot \text{h}$ est une unité d'énergie. Il s'agit donc d'une énergie annuelle par unité de surface.

b. Dans ces conditions, la puissance minimale, supposée constante, à souscrire est :

$$\mathcal{P} = \frac{\mathcal{E}}{\Delta t} = \frac{\mathcal{E}_{\text{annuelle surfacique}} \cdot S \cdot \Delta t}{\Delta t} = \frac{120 \times 200 \times 1}{365 \times 24}$$

$$\mathcal{P} \approx 2,7 \text{ kW}$$

L'abonnement correspondant est 3 kW, c'est le plus faible qui existe actuellement.

5. En limitant les besoins en énergie, la maison passive permet d'économiser les ressources énergétiques et donc de limiter les émissions de gaz à effet de serre issues de l'exploitation des ressources fossiles et de diminuer également la quantité de déchets radioactifs issus de l'exploitation des ressources fissiles.

Liste des ressources disponibles dans le Manuel numérique 2.0

Chapitre 1 Vision et images

Simulation : Accommodation de l'œil.

Activité web : Construction de l'image donnée par une lentille.

Vidéos d'expérience : Maquette de l'œil réduit, accommodation
& Établissement des relations de conjugaison et de grandissement.

Tutoriels animés : Usage du tableur Excel pour tracer un graphique
& Usage du tableur Open-office pour tracer un graphique.

Fichier : Schéma vierge du document 5 de l'activité 2.

Bilan interactif animé

- Version modifiable (télécharger *FreeMind* ou *FreePlane*).
- Version swf interactif.
- Version pdf.

Évaluation : QCM supplémentaire à projeter question par question + version pdf.

Chapitre 2 Couleur des objets

Simulations : Couleur d'un objet
& Synthèse soustractive (avec filtres).

Activité web : Synthèse additive des couleurs.

Fichier : Tableau à double entrée vierge pour l'activité 2.

Bilan interactif animé

- Version modifiable (télécharger *FreeMind* ou *FreePlane*).
- Version swf interactif.
- Version pdf.

Évaluation : QCM supplémentaire à projeter question par question + version pdf.

Chapitre 3 Sources de lumières colorées

Simulation : Spectre continu et température.

Animation : Modèle de Bohr.

Vidéo : Spectre et température.

Activité web : Spectre et entités chimiques.

Bilan interactif animé

- Version modifiable (télécharger *FreeMind* ou *FreePlane*).
- Version swf interactif.
- Version pdf.

Évaluation : QCM supplémentaire à projeter question par question + version pdf.

Chapitre 4 Pigments et colorants

Animations : La formule topologique : écriture simplifiée des molécules organiques
& Les doubles liaisons conjuguées.

Vidéos : Chromatographie sur colonne
& Chromatographie sur couche mince
& Les mélanges de peinture (extrait de l'émission « C'est pas sorcier »)
& Les colorants et les pigments naturels (extrait de l'émission « C'est pas sorcier »)
& La restauration des œuvres d'art (extrait de l'émission « C'est pas sorcier »).

Simulations : Synthèse soustractive
& Principe de l'imprimerie.

Bilan interactif animé

- Version modifiable (télécharger *FreeMind* ou *FreePlane*).
- Version swf interactif.
- Version pdf.

Évaluation : QCM supplémentaire à projeter question par question + version pdf.

Chapitre 5 Changement de couleur et réaction chimique

Simulations : Avancement d'une réaction chimique
& Le spectrophotomètre
& Préparation d'une échelle de teinte
& Courbe d'étalonnage.

Animations : Notion d'avancement
& Préparation d'une solution par dilution d'une solution mère.

Vidéo : Préparer une solution de concentration déterminée : par dilution.

Bilan interactif animé

- Version modifiable (télécharger *FreeMind* ou *FreePlane*).
- Version swf interactif.
- Version pdf.

Évaluation : QCM supplémentaire à projeter question par question + version pdf.

Chapitre 6 Des atomes aux molécules

Bilan interactif animé

- Version modifiable (télécharger *FreeMind* ou *FreePlane*).
- Version swf interactif.
- Version pdf.

Évaluation : QCM supplémentaire à projeter question par question + version pdf.

Chapitre 7 Cohésion de la matière

Animation : Les édifices et les interactions à différentes échelles.

Bilan interactif animé

- Version modifiable (télécharger *FreeMind* ou *FreePlane*).
- Version swf interactif.
- Version pdf.

Évaluation : QCM supplémentaire à projeter question par question + version pdf.

Chapitre 8 Radioactivité et réactions nucléaires

Activités web : La radioactivité (CEA)
& Radioactivité alpha, beta + et – (CEA)
& La fission (CEA)
& La fusion nucléaire (CEA).

Liens vers logiciels à télécharger : Nucléus (diagramme NZ ; données sur les radioéléments ; filiations radioactives)
& Algobox (réalisation d'algorithmes).

Fichiers : Exemples d'algorithmes de calculs répétitifs (Algobox)
& Masse des noyaux.

Tutoriels animés : Nucléus
& Algobox.

Bilan interactif animé

- Version modifiable (télécharger *FreeMind* ou *FreePlane*).
- Version swf interactif.
- Version pdf.

Évaluation : QCM supplémentaire à projeter question par question + version pdf.

Chapitre 9 Cohésion de la matière à l'état solide

Animation : Cohésion du diiode à l'état solide.

Simulation : Structure et changement d'état du diiode.

Bilan interactif animé

- Version modifiable (télécharger *FreeMind* ou *FreePlane*).
- Version swf interactif.
- Version pdf.

Évaluation : QCM supplémentaire à projeter question par question + version pdf.

Chapitre 10 Dissolution de composés ioniques et moléculaires

Animations : La dissolution du chlorure de sodium dans l'eau
& Préparation d'une solution par dissolution.

Vidéos : Préparer une solution de concentration déterminée : par dissolution
& Extraction du sulfate de cuivre et du rouge de méthyle d'un mélange coloré
& Séparation d'un mélange coloré : problématique
& Séparation d'un mélange coloré : manipulation.

Bilan interactif animé

- Version modifiable (télécharger *FreeMind* ou *FreePlane*).
- Version swf interactif.
- Version pdf.

Évaluation : QCM supplémentaire à projeter question par question + version pdf.

Chapitre 11 De la structure aux propriétés, cas des alcanes et des alcools

Animations : Nomenclature des alcanes
& Nomenclature des alcools.

Activité web : Le raffinage.

Bilan interactif animé

- Version modifiable (télécharger *FreeMind* ou *FreePlane*).
- Version swf interactif.
- Version pdf.

Évaluation : QCM supplémentaire à projeter question par question + version pdf.

Chapitre 12 Champs et forces

Animations : Ces ondes qui nous entourent ?
& Cartographie et observation des champs magnétiques
& Champ magnétique terrestre.

Bilan interactif animé

- Version modifiable (télécharger *FreeMind* ou *FreePlane*).
- Version swf interactif.
- Version pdf.

Évaluation : QCM supplémentaire à projeter question par question + version pdf.

Chapitre 13 Principe de conservation de l'énergie

Simulation : Chute verticale libre et chute verticale avec frottements.

Vidéos : Chute verticale libre (vidéo de pointage)
& Chute verticale avec frottements (vidéo de pointage)
& Transfert thermique.

Fichier : Résultats d'exploitation des deux pointages vidéo.

Lien vers logiciel à télécharger : Aviméca 2.7.

Tutoriels animés : Pointage vidéo avec Aviméca
& Tracer un graphique avec le tableur Excel
& Tracer un graphique avec le tableur Open-Office
& Calculer une vitesse instantanée avec un tableur.

Bilan interactif animé

- Version modifiable (télécharger *FreeMind* ou *FreePlane*).
- Version swf interactif.
- Version pdf.

Évaluation : QCM supplémentaire à projeter question par question + version pdf.

Chapitre 14 Ressources énergétiques

Animation : Différentes ressources énergétiques.

Activités web : Différentes sources d'énergie (planete-energies.com)
& Énergies renouvelables (planete-energie.com)
& Énergies du futur (CEA).

Bilan interactif animé

- Version modifiable (télécharger *FreeMind* ou *FreePlane*).
- Version swf interactif.
- Version pdf.

Chapitre 15 Conversions d'énergie

Vidéo : Relation entre puissance et énergie.

Animation : Chaînes énergétiques d'une éolienne et d'une centrale nucléaire.

Activité web : Production et transport de l'électricité (CEA).

Bilan interactif animé

- Version modifiable (télécharger *FreeMind* ou *FreePlane*).
- Version swf interactif.
- Version pdf.

Évaluation : QCM supplémentaire à projeter question par question + version pdf.

Chapitre 16 Stockage et conversion de l'énergie chimique

Bilan interactif animé

- Version modifiable (télécharger *FreeMind* ou *FreePlane*).
- Version swf interactif.
- Version pdf.

Évaluation : QCM supplémentaire à projeter question par question + version pdf.

Chapitre 17 Piles et accumulateurs, une réponse au défi énergétique

Animation : Fonctionnement d'une pile.

Activité web : Écriture des demi-équations d'oxydoréduction et des équations d'oxydoréduction.

Bilan interactif animé

- Version modifiable (télécharger *FreeMind* ou *FreePlane*).
- Version swf interactif.
- Version pdf.

Évaluation : QCM supplémentaire à projeter question par question + version pdf.

Chapitre 18 Composés organiques oxygénés

Animations : Nomenclature des aldéhydes et des cétones
& Nomenclature des acides carboxyliques.

Bilan interactif animé

- Version modifiable (télécharger *FreeMind* ou *FreePlane*).
- Version swf interactif.
- Version pdf.

Évaluation : QCM supplémentaire à projeter question par question + version pdf.

Chapitre 19 Synthèses organiques

Activité web : Écriture des demi-équations d'oxydoréduction et des équations d'oxydoréduction.

Bilan interactif animé

- Version modifiable (télécharger *FreeMind* ou *FreePlane*).
- Version swf interactif.
- Version pdf.

Évaluation : QCM supplémentaire à projeter question par question + version pdf.

Chapitre 20 Synthèse de nouveaux matériaux et de molécules biologiquement actives

Activité web : Vectorisation des médicaments (CNRS).

Bilan interactif animé

- Version modifiable (télécharger *FreeMind* ou *FreePlane*).
- Version swf interactif.
- Version pdf.