

# CORRIGÉS D'EXERCICES

## COUPS DE POUCE

### Chapitre 1

1. Tous les échantillons ne possèdent pas la même masse volumique, la connaissance de la masse ou du volume ne permet pas de répondre à la problématique. Si besoin, voir coup de pouce, p. 425.

### Chapitre 3

1. Comment qualifier les liaisons C—H ; C—Cl ; C—O ; O—H ? Justifier.  
Si besoin, voir coup de pouce, p. 425.

### Chapitre 8

1. Le générateur de Van de Graff est chargé positivement.  
Si besoin, voir coup de pouce, p. 425.

### Chapitre 9

1. Des mesures de la pression  $P$  en différents points A et B d'altitude  $z$  au sein du fluide permettent de tracer le graphique  $(P_B - P_A) = f(z_A - z_B)$ .

### Chapitre 14

1. Quel procédé de synthèse est mis en œuvre pour produire la couleur d'un pixel ? Si besoin, voir coup de pouce, p. 425.

### Chapitre 15

#### Activité 2

1. Recenser les aspects ondulatoires et les aspects corpusculaires de la lumière.  
Si besoin, voir coup de pouce, p. 425.

#### Activité 4

1. Mesurer les longueurs d'onde des raies d'absorption de l'étoile Vega.  
Si besoin, voir coup de pouce, p. 425.

### Chapitre 1

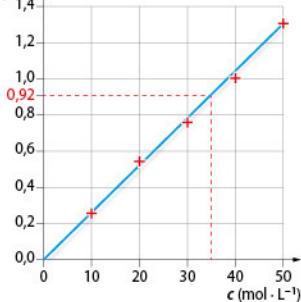
1 A et C. 2 A. 3 A et B. 4 A. 5 A.  
6 B. 7 A et B.

9 1. 3 mol de C et 8 mol de H.  
2.  $M(C_3H_8) = 44,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

20 1.  $c = 0,0500 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .

2.  $u_c(V) = \frac{t}{\sqrt{3}} = 0,035 \text{ mL}$ .

25 1.  $A = f(t)$



2. Une droite qui passe par l'origine.  
3. Loi de Beer Lambert : l'absorbance d'une solution est proportionnelle à sa concentration.  
4.  $c_s = 35,0 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .

28 1. • En solution acide, longueurs d'onde :  
- absorbées de 350 nm à 525 nm ;  
- transmises de 525 nm à 750 nm.

• En solution basique, longueurs d'onde :

- absorbées de 525 nm à 700 nm ;  
- transmises de 350 nm à 525 nm.

2. • En solution acide, les longueurs d'onde correspondent au jaune et au rouge, le BBT sera donc jaune-orangé.

• En solution basique, les longueurs d'onde correspondent aux UV, au bleu et au vert, le BBT sera donc bleu-vert.

30 1. Se placer à la longueur d'onde du maximum d'absorption, ici à  $\lambda_{\max} = 480 \text{ nm}$ .

2. La courbe d'étalonnage donne :

$c_{\text{diluée}} = 0,90 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ .

$c_{\text{officielle}} = 180 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ .  $n = 0,018 \text{ mol}$ .

34 1.  $n(O_2) = 0,455 \text{ mol}$ .

2.  $n(H_2O_2) = 0,228 \text{ mol}$ .

3.  $c = 0,912 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .

4.  $m(H_2O_2) = 7,75 \text{ g}$ .

38 1. La solution de tyrosine n'est pas colorée.

2. Volume de  $S_3$  à prélever : 50 mL.

Introduire 50 mL de la solution  $S_3$ , prélevés grâce à une pipette jaugée, dans une fiole jaugée de 100 mL.

Compléter jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée.

3. Se placer à la longueur d'onde d'absorption  $\lambda_{\max} = 280 \text{ nm}$ .

4. D'après la courbe d'étalonnage,

$c = 1,3 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ , soit  $n = 2,6 \times 10^{-3} \text{ mol}$ .

5.  $M(C_9H_{11}NO_3) = 181 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

$m(C_9H_{11}NO_3) = n \cdot M = 471 \text{ mg}$ .

La valeur trouvée est proche de la valeur inscrite sur le flacon de gélules. La différence peut être due à des imprécisions lors de la mesure des volumes des dilutions.

### Chapitre 2

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

6 B. 7 C. 8 B.

11 a.  $\text{Ag}^+$  (aq) et  $\text{H}^+$  (aq) : les oxydants.

$\text{H}_2$  (g) et Ag (s) : les réducteurs.

Les couples oxydant/réducteur :

$\text{Ag}^+$  (aq)/Ag (s) et  $\text{H}^+$  (aq)/ $\text{H}_2$  (g).

b.  $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$  (aq) et  $\text{Cu}^{2+}$  (aq) : les oxydants ;

$\text{Cu}$  (s) et  $\text{SO}_4^{2-}$  (aq) : les réducteurs

Les couples oxydant/réducteur :

$\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$  (aq)/ $\text{SO}_4^{2-}$  (aq) et  $\text{Cu}^{2+}$  (aq)/Cu (s).

c.  $\text{Au}^{3+}$  (aq) et  $\text{Fe}^{3+}$  (aq) : les oxydants.

$\text{Au}$  (s) et  $\text{Fe}^{2+}$  (aq) : les réducteurs.

Les couples oxydant/réducteur :

$\text{Au}^{3+}$  (aq)/ $\text{Au}$  (s) et  $\text{Fe}^{3+}$  (aq)/ $\text{Fe}^{2+}$  (aq).

18 1.  $n(H_2O_2(\text{aq})) = 8,8 \times 10^{-3} \text{ mol}$ .

$n(I^-(\text{aq})) = 0,020 \text{ mol}$ .

2. Tableau d'avancement : voir page 429.

3. Le réactif limitant est  $\text{H}_2\text{O}_2$  (aq) car  $x_f = 8,8 \times 10^{-3} \text{ mol}$  est la valeur la plus faible pour l'avancement final.

4. État final : voir page 429.

24 1. Tableau d'avancement : voir page 429.

2.  $c_1 = 5,8 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .

26 1.  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  (aq) + 14  $\text{H}^+$  (aq) + 3 Zn (s)  $\rightarrow$  3  $\text{Zn}^{2+}$  (aq) + 2  $\text{Cr}^{3+}$  (aq) + 7  $\text{H}_2\text{O}$  (l)

2. Composition de l'état final : voir page 429.

28 1. • En solution acide, longueurs d'onde :

- absorbées de 350 nm à 525 nm ;  
- transmises de 525 nm à 750 nm.

29 1.  $\text{Cu}$  (s) + 2  $\text{Fe}^{3+}$  (aq)

$\rightarrow \text{Cu}^{2+}$  (aq) + 2  $\text{Fe}^{2+}$  (aq)

2. a.  $m(\text{Cu}$  (s)) = 23,8 g. b.  $S = 8,9 \times 10^4 \text{ cm}^2$ .

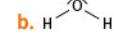
### Chapitre 3

1 A. 2 A et C. 3 C. 4 C. 5 B et C.  
6 B. 7 B. 8 A. 9 A et C.

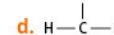
11 1.

Doubles		
Atome	liants	non liants
H	1	0
C	4	0
O	2	2
N	3	1
Cl	1	3

2. a.  $\text{H}-\bar{\text{Cl}}$



c.  $\text{H}-\bar{\text{N}}-\text{H}$



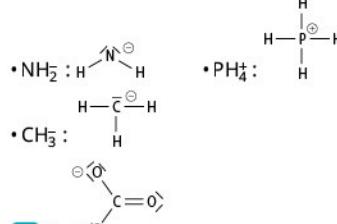
15 1.  $\text{H}-\ddot{\text{O}}-\text{H}$

2. a. Dans l'ion oxonium, un des doubles non liants de l'oxygène devient un doublet liant, l'oxygène porte donc une charge positive, celle de l'ion  $\text{H}_3\text{O}^+$ .  $\text{H}-\ddot{\text{O}}^+-\text{H}$

b. Dans l'ion hydroxyde, un des doubles liants de l'oxygène devient non liant, l'oxygène porte donc une charge négative, celle de l'ion  $\text{HO}^-$ .  $\text{H}-\ddot{\text{O}}^--\text{H}$

20 1. L'ion  $\text{NH}_2^-$  est coudé, l'ion  $\text{PH}_4^+$  est tétraédrique et l'ion  $\text{CH}_3^-$  est pyramidal.

2. Schémas de Lewis des ions :



22 1. L'ion est plan et triangulaire.



2. et 3. L'ion est plan et triangulaire.

28 1. a. C—H ; C—O et O—H.

b. La liaison C—H est apolaire.

La liaison C—O est polaire.

La liaison O—H est polaire.

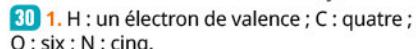
2. a. b. et c. Le

cyclohexane est apolaire.

L'éthanol est un solvant

polaire.

L'acétone est un solvant polaire.



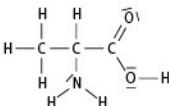
30 1. H : un électron de valence ; C : quatre ; O : six ; N : cinq.

2.

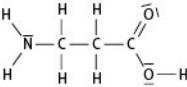
Doubles		
Atome	liants	non liants
H	1	0
C	4	0
O	2	2
N	3	1

# CORRIGÉS D'EXERCICES

3. • Schéma de Lewis de l'α-alanine :



• Schéma de Lewis de la β-alanine :



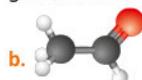
32 1. Schéma de Lewis :

2. La molécule  $\text{NF}_3$  est pyramidale.

3. a. b. et c. La liaison N—F est polaire. Cette molécule est polaire.

36 1. Schéma de Lewis :

2. a. Au niveau de l'atome de carbone qui porte les trois atomes d'hydrogène, la molécule est tétraédrique. Au niveau de l'atome de carbone qui porte l'atome d'oxygène, la molécule est plane triangulaire.



3. La liaison C—H est apolaire.

La liaison C—O est polaire.

L'éthanal est une molécule polaire (voir 1.).

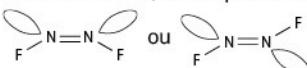
41 1. a. Schéma de Lewis :

b. L'ion azoture est plan et linéaire.

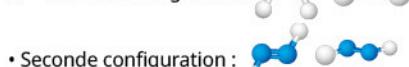
2. Schéma de Lewis :

3. a. Schéma de Lewis :

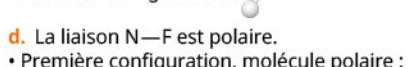
b. La molécule est coudée au niveau de chaque atome d'azote. Les deux atomes de fluor peuvent se trouver soit du même côté de la double liaison N=N, soit de part et d'autre :



c. Première configuration :

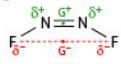


• Seconde configuration :

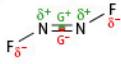


d. La liaison N—F est polaire.

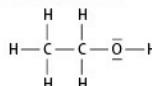
• Première configuration, molécule polaire :



• Seconde configuration, molécule apolaire :



42 1. a. Schéma de Lewis :



b. Au niveau des atomes de carbone, la géométrie est tétraédrique.

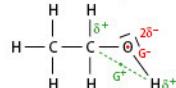
Au niveau de l'atome d'oxygène, la molécule est plane coudée.

c. La liaison C—C est apolaire.

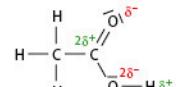
Les liaisons C—H sont apolaires.

La liaison C—O est polaire.

La liaison O—H est polaire. La molécule d'éthanol est polaire.



2. a. et c. Schéma de Lewis :



2.  $[\text{Na}^+(\text{aq})] = 1,8 \times 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .  
 $[\text{SO}_4^{2-}] = 8,8 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .

25  $m_{\text{solide}} = 1,89 \text{ g}$ .

28 1. a. Oui. b.  $\text{NaCl}(\text{s}) \rightarrow \text{Na}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$

c.  $c = [\text{Na}^+] = [\text{Cl}^-] = 5,12 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .

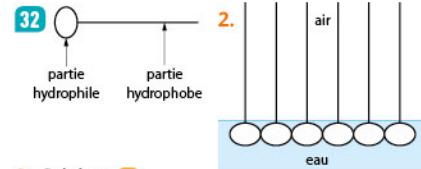
2. a. La solution sera hétérogène.

b.  $\text{PbCl}_2(\text{s}) \rightarrow \text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{Cl}^-(\text{aq})$

c.  $[\text{Pb}^{2+}] = 3,6 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .

$[\text{Cl}^-] = 7,1 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .

d.  $m_{\text{non dissoute}} = 5,0 \text{ g}$ .



3. Schéma B.

4. Le schéma B ne correspond pas à la réalité car il y a 59 espèces SDS par micelle, donc 59 ions.

En effet :  $N = \frac{M(\text{micelle})}{M(\text{SDS})} = 59$ .

5.  $c = 1,5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} < \text{CMC} = 1,9 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ .

La solution ne comporte pas de micelles.

## Chapitre 4

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

11 1. D'après les valeurs d'électronégativité, S et O portent une charge partielle négative ( $2\delta^-$ ) et chaque atome d'hydrogène porte une charge partielle positive ( $8\delta^+$ ). Ces deux molécules sont polaires en raison de leur structure coudée.

2. Ils sont solides.

3. a. En plus des interactions attractives entre les charges partielles de signes opposés des molécules polaires, la cohésion de l'eau solide est assurée par la formation des ponts hydrogène entre les molécules d'eau.

b. Un pont hydrogène est une interaction attractive d'intensité beaucoup plus grande que l'interaction entre charges partielles de signes opposés. Il faut donc fournir plus d'énergie pour rompre les liaisons de l'eau.

14 1. a.  $\text{KCl}(\text{s}) \rightarrow \text{K}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq})$

b.  $n(\text{KCl}) = n(\text{K}^+) = n(\text{Cl}^-)$   
 $= n = 2,50 \text{ mmol}$ .

c.  $[\text{K}^+] = [\text{Cl}^-] = 1,25 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .

2. a.  $\text{AlCl}_3(\text{s}) \rightarrow \text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{Cl}^-(\text{aq})$

b.  $n(\text{Al}^{3+}) = 5,00 \text{ mmol}$  ;

$n(\text{Cl}^-) = 15,0 \text{ mmol}$ .

c.  $[\text{Al}^{3+}] = 1,00 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .

$[\text{Cl}^-] = 3,00 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ .

18 L'acide éthanoïque et l'eau sont deux molécules polaires, il existe donc, entre ces molécules polaires des interactions attractives entre les charges partielles de signes opposés.

De plus, des ponts hydrogène peuvent se former entre les atomes d'hydrogène et d'oxygène des deux molécules, ce qui favorise la solubilité de l'acide dans l'eau.

Ces deux types d'interactions attractives (interactions entre charges partielles et ponts hydrogène) expliquent la grande solubilité de l'acide éthanoïque dans l'eau.

23 1.  $c = [\text{SO}_4^{2-}]$  et  $[\text{Na}^+(\text{aq})] = 2c$ .

Donc  $[\text{Na}^+] = 2c = 2[\text{SO}_4^{2-}]$ .

## Chapitre 5

1. C. 2. A. 3. C. 4. B. 5. B. 6. A.  
 7. A et C. 8. B. 9. B et C.

14 1. À l'aide d'un logiciel 3D ou d'une application pour smartphone.

2. Vue sous deux angles différents.

3. Les modèles moléculaires.

4.  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$

5.  $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{OH}$

6. C'est une molécule organique : elle contient les éléments C et H.

16 1. a. Famille des alcools.

b. Famille des cétones.

c. Famille des aldéhydes.

2. a.  $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$

b.  $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{C}(=\text{O})-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$

c.  $\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{CH}_3}{\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}}-\text{CH}=\text{O}$

20 1. Le groupe hydroxyle.

2. A. butan-2-ol. B. 2-méthylpropan-1-ol.

C. 3,4-diméthylhexan-1-ol.

3. Famille des alcools.

24 1. Famille des aldéhydes.

2. Pour  $1\ 700 \text{ cm}^{-1}$ ,  $\lambda = 5,9 \mu\text{m}$ .

Pour  $2\ 700 \text{ cm}^{-1}$ ,  $\lambda = 3,7 \mu\text{m}$ .

28 1.  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$

2.  $\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{O}}{\underset{\text{C}}{\text{C}}}-\text{CH}_3$

3. C'est le groupe carbonyle, la molécule appartient à la famille des cétones.

4. La propanone.



# CORRIGÉS D'EXERCICES

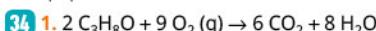
21

Espèce chimique	Énergie de combustion (en MJ · mol <sup>-1</sup> )	Pouvoir calorifique massique (en MJ · kg <sup>-1</sup> )
CH <sub>4</sub>	0,80	50
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O	1,3	28
C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	5,1	45

27 1. L'énergie utilisée dans les transports selon le type de carburant.

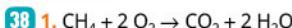
2. a. 95,8 %.  
b. Ce n'est pas possible actuellement car ils sont utilisés en grande quantité.

32 1. Q<sub>lait</sub> = 3,8 MJ.  
2. m<sub>propane</sub> = 83 g.



2. Énergie molaire = 1 871 kJ · mol<sup>-1</sup>.

3. On note une différence absolue de 27 kJ · mol<sup>-1</sup>, soit une différence relative égale à 0,0146, soit 1,5 %. Ce résultat est très satisfaisant.

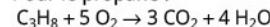


2. ΔE = -804 kJ · mol<sup>-1</sup>.

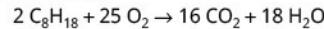
3. n = 125 mol · h<sup>-1</sup>.

4. Le coût horaire est 0,074 euro = 8 centimes d'euro.

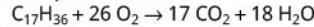
41 1. • Pour le propane :



• Pour l'octane :



• Pour l'heptadécane :

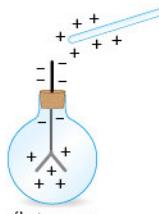


2. et 3. Voir tableau, page 429.

4. Le moteur diesel.

## Chapitre 8

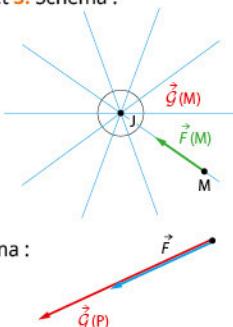
- 1 A et B. 2 B. 3 B.  
4 C. 5 A. 6 A, B  
et C. 7 C. 8 A.



10 1. Schéma :

2. Les feuilles se rapprochent. Il y a donc moins de charges négatives que précédemment.

16 1. 2. et 3. Schéma :

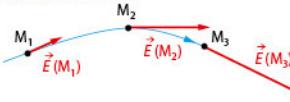


19 Schéma :



On mesure la longueur du vecteur force sur le schéma : 3,25 cm. La force est de 325 N et G = 2,71 N · kg<sup>-1</sup>. 2,71 × 2 = 5,4 cm, on trace le vecteur G(P) dans le même sens et la même direction que le vecteur F.

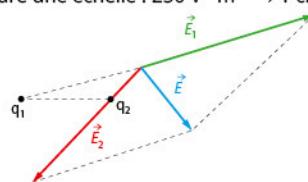
21 1. et 2. Schéma :



On trouve la longueur des vecteurs en utilisant l'échelle donnée.  
E(M<sub>1</sub>) → 1 cm ; E(M<sub>2</sub>) → 2 cm ; E(M<sub>3</sub>) → 3 cm.

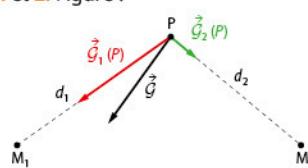
27 Bien choisir quelques vecteurs. On voit sur la figure des lignes de champ d<sub>1</sub> = 2,8 cm et d<sub>2</sub> = 1,0 cm.  
E<sub>1</sub> = 1,0 × 10<sup>3</sup> V · m<sup>-1</sup> → 4 cm  
E<sub>2</sub> = 9,0 × 10<sup>2</sup> V · m<sup>-1</sup> → 3,6 cm

Prendre une échelle : 250 V · m<sup>-1</sup> → 1 cm.



La construction montre qu'en un point la figure des lignes de champ peut convenir. Il faudrait vérifier avec plusieurs constructions.

29 1. et 2. Figure :



3. d<sub>1</sub> = 4,4 × 10<sup>8</sup> m et d<sub>2</sub> = 4,0 × 10<sup>8</sup> m. Graphiquement :

$$g_1 = 4,0 \times 10^{-2} \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}; g_2 = 8 \times 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$4. M_1 = 7,0 \times 10^{25} \text{ kg}; M_2 = 1,9 \times 10^{25} \text{ kg}.$$

37 1. L'amature supérieure est chargée positivement car elle doit permettre d'attirer la goutte chargée négativement.

$$2. a. \vec{F}_e = q \cdot \vec{E} \text{ avec } q < 0.$$

$$\vec{P} = m \cdot \vec{g} = \rho \cdot V \cdot \vec{g} = \frac{\pi}{6} D^3 \cdot \rho \cdot \vec{g}.$$

D'après le principe d'inertie :  $\vec{F}_e + \vec{P} = \vec{0}$ , ainsi que  $q \cdot \vec{E} + m \cdot \vec{g} = \vec{0}$ .

$$q \cdot \vec{E} + \frac{\pi}{6} D^3 \cdot \rho \cdot \vec{g} = \vec{0}$$

donc :

$$-q \cdot E + \frac{\pi}{6} D^3 \cdot \rho \cdot g = 0 \text{ et } q = \frac{\pi D^3 \cdot \rho \cdot g}{6 E}.$$

$$b. q = 1,6 \times 10^{-18} \text{ C}.$$

g ≈ 10, il y a 10 charges électriques élémentaires dans la gouttelette.

## Chapitre 9

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

13 1. Dans un liquide, les molécules sont proches les unes des autres. Ainsi, pour un volume donné, leur nombre est plus important que pour un gaz. La masse volumique d'un gaz est plus faible que celle d'un liquide.

2. a. C'est la densité moléculaire la plus faible :  $N_3 = 2,6 \times 10^{25} \text{ m}^{-3}$ .

Pour un volume donné (ici 1 m<sup>3</sup>), le nombre de molécules est plus faible pour un gaz que pour un liquide.

b. N<sub>1</sub> = 1,7 × 10<sup>28</sup> m<sup>-3</sup> : diazote liquide.  
N<sub>2</sub> = 3,3 × 10<sup>28</sup> m<sup>-3</sup> : eau liquide.

17 1. a. Le volume V d'une quantité de gaz donnée est inversement proportionnel à sa pression P.

$$b. P_A = 2,0 \text{ bar}.$$

$$2. a. P_A \cdot V_C = P_B \cdot V_B \quad b. V_B = 1,3 \text{ L}.$$

$$3. V_0 = 4,0 \text{ L}.$$

4. L'augmentation du volume de l'air contenu dans les poumons d'un plongeur (qui n'expire pas régulièrement) peut entraîner des déchirures pulmonaires.

$$20 1. P_A < P_C < P_B$$

2. a. D'après la loi fondamentale de la statique des fluides :  $P_A - P_B = \rho \cdot g \cdot (z_A - z_B)$ . P s'exprime en Pa, ρ en kg · m<sup>-3</sup>, g en N · kg<sup>-1</sup> et z en m.

$$b. P_B - P_A = 882 \text{ Pa} \approx 8,9 \times 10^2 \text{ Pa}.$$

$$3. P_C - P_A = 666 \text{ Pa} \approx 6,7 \times 10^2 \text{ Pa}.$$

Le résultat valide la réponse donnée en 1 :  $P_C < P_B$ .

$$23 1. a. P_A - P_{\text{atm}} = \rho \cdot g \cdot (z_0 - z_A).$$

b. La loi fondamentale de la statique des fluides. P s'exprime en Pa, ρ en kg · m<sup>-3</sup>, g en N · kg<sup>-1</sup> et z en m.

$$c. P_A = 10^3 \text{ hPa}.$$

$$2. a. P_B - P_A = \rho \cdot g \cdot (z_A - z_B). \quad b. z_B = -20 \text{ m}.$$

26 1. Le volume de l'air dans les poumons du plongeur diminue au cours de sa descente car la pression augmente.

$$2. a. V_{\text{orange}} \approx 0,52 \text{ L} \text{ pour } R = 5,0 \text{ cm}.$$

$$b. z = 1,1 \times 10^2 \text{ m}.$$

$$28 1. a. P_B - P_A = 25 \text{ bar}; P_B = 26 \text{ bar}.$$

b. Pour z<sub>A</sub> - z<sub>B</sub> = 10 m, P<sub>B</sub> - P<sub>A</sub> = 1 bar. Dans l'eau de mer, la pression augmente de 1 bar tous les 10 m.

$$2. F_B = 3,6 \times 10^3 \text{ N}.$$

En surface : F = 1,4 × 10<sup>2</sup> N.

F<sub>B</sub> est donc près de 26 fois plus grande que la force pressante en surface.

31 1. Δ P = ρ · g · Δ z. ΔP s'exprime en Pa, ρ en kg · m<sup>-3</sup>, g en N · kg<sup>-1</sup> et Δz en m.

$$2. a. P = \frac{F}{S} \text{ donc } Pa = N \cdot m^{-2}.$$

b. ΔP s'exprime en Pa :

$$Pa = N \cdot m^{-2} = kg \cdot m \cdot s^{-2} \cdot m^{-2} = kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-2}.$$

$$3. \rho \cdot g \cdot \Delta z \text{ s'exprime en } kg \cdot m^{-3} \cdot m \cdot s^{-2} \cdot m = kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-2}.$$

4. La relation est cohérente.

$$33 1. a. V_0 = 2 400 \text{ L} = 2,4 \text{ m}^3.$$

b. La masse volumique de l'air à l'intérieur est bien supérieure à celle de l'air à l'extérieur de la bouteille. En effet, en comprimant l'air atmosphérique, les molécules d'air se rapprochent les unes des autres et la densité des molécules à l'intérieur de la bouteille augmente.

c. Dans la bouteille, les constituants microscopiques de l'air frappent beaucoup plus fréquemment les parois. La pression de l'air dans la bouteille est nettement supérieure à la pression atmosphérique.

$$2. \Delta P = 1,5 \text{ bar}.$$

3. V<sub>1</sub> = 75 mL, soit 0,6 % du volume total de la bouteille (12,0 L).

## COUPS DE POUCE

### Chapitre 1

3. Il faut calculer le nombre d'entités contenues dans chacun des échantillons en utilisant les données des documents 1 et 3.

### Chapitre 3

3. En s'aidant des modèles moléculaires, que dire, le cas échéant, de la position des barycentres des charges partielles positives et négatives dans les molécules de formules  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CCl}_4$ ,  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ,  $\text{CH}_2\text{O}$  et  $\text{H}_2\text{O}$  ?

### Chapitre 8

3. Utiliser l'expérience de l'électroscope pour expliquer l'écartement des cheveux.

### Chapitre 14

3. Comment la couleur orange peut-elle être synthétisée ?

36 1.

Liquide	Eau $\text{H}_2\text{O}$	Alcool $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$	Glycérine $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$
Densité de particules $N$ (en molécules par $\text{m}^{-3}$ )	$3,3 \times 10^{28}$	$1,0 \times 10^{28}$	$8,2 \times 10^{27}$

2. On cherche  $\rho_{\text{liquide}} = \frac{\rho_{\text{eau}} \cdot h}{(z_0 - z_M)}$ , on trouve :  $\rho_{\text{liquide}} = 1\ 250 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ , il s'agit de la glycérine.

3. La dénivellation  $h$  ne varie pas entre M et M' car  $P_M = P_{M'}$  (M et M' se trouvent sur le même plan horizontal). En revanche, elle diminue entre M' et P car  $P_{M'} > P_P$ .

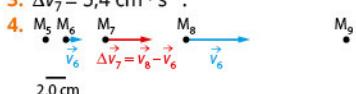
### Chapitre 10

- 1 C. 2 C. 3 A et B. 4 B et C.  
5 A et B. 6 B. 7 C. 8 B et C.

12 1. Voir schéma en réponse 4.

2.  $v_6 = 1,5 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$  et  $v_8 = 6,0 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ .

3.  $\Delta v_7 = 5,4 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ .



15 1. Mouvement 1 : Mouvement rectiligne uniforme et variation de vitesse nulle.

Mouvement 2 : Mouvement rectiligne accéléré et variation de vitesse augmente.

Mouvement 3 : Mouvement circulaire uniforme et variation de vitesse dirigée vers le centre (la vitesse change en direction).

Mouvement 4 : Mouvement circulaire uniforme et variation de vitesse dirigée vers le centre (la vitesse change en direction).

2. Mouvement 1 : Somme des forces nulle.

Mouvement 2 : Direction : droite.

Dans le sens du mouvement.

Mouvement 3 : Direction : rayon du cercle.

Sens : vers le centre du cercle.

Mouvement 4 : Direction : rayon du cercle.

Sens : vers le centre du cercle.

19 Schéma A incorrect. Le vecteur vitesse doit être tangent à la courbe et le vecteur variation de vitesse doit être colinéaire à la somme des forces.

Schéma B correct.

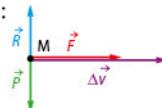
Schéma C incorrect. Le vecteur variation de vitesse doit être de même sens que le vecteur force.

Schéma D correct.

27 1. Déterminer la valeur de la force modélistant l'action à laquelle est soumise le boulet à partir de la connaissance des valeurs de variation de vitesse. On trouve  $g = 9,9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ .

2. Il faut dans un tableau pointer les positions successives, calculer les vitesses, les variations de vitesse et les forces à l'aide la relation approchée. Montrer que les forces ont une valeur constante et égale au poids du boulet.

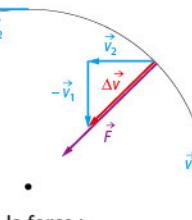
29 1. Schéma :



2. La somme des forces est non nulle. La vitesse de la bille varie, son mouvement est rectiligne accéléré.

3. Des forces de frottement s'opposent au mouvement de la bille sur la table.

35 1. Schéma :



2. Caractéristiques de la force :

- direction : le diamètre du cercle ;
- sens : vers le centre de la Terre ;
- valeur :  $F = 1,97 \times 10^{20} \text{ N}$ .

3.  $\Delta v = 1,6 \times 10^3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

$$4. v = \frac{\Delta v}{\sqrt{2}}, \quad 5. v = 1,1 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}.$$

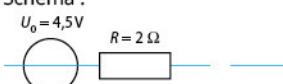
### Chapitre 11

- 1 B. 2 C. 3 B. 4 A et C. 5 B.

- 6 C. 7 C. 8 A et B. 9 A et C.

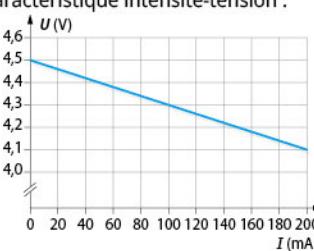
13 1.  $Q = 1,79 \text{ C}$ . 2.  $I = 9,97 \times 10^{-3} \text{ A} = 9,97 \text{ mA}$ .

16 1. Schéma :



2. Une source idéale de tension a une tension constante entre ses bornes (qui ne dépend donc pas de l'intensité du courant électrique qu'elle délivre).

3. Caractéristique intensité-tension :



23 1.  $P_G = 0,90 \text{ W}$ ;  $P_{L1} = 0,64 \text{ W}$ ;  $P_{L2} = 0,26 \text{ W}$ .

2.  $P_{\text{total}} = P_{L1} + P_{L2} = 0,64 + 0,26 = 0,90 \text{ W}$ .  $P_G = P_{\text{total}}$  donc l'énergie est conservée dans le circuit.

29 1. a.  $E = 428 \text{ MJ}$ . b.  $\Delta t = 2 \text{ h } 37 \text{ min } 48 \text{ s}$ .

2. a.  $P_0 = 3,33 \text{ W}$ .

b.  $P_{\text{joule}} = 0,056 \text{ W}$  et  $p = 98,3 \%$ .

31 1. La présence d'ions  $\text{Al}^{3+}$  et  $\text{O}^{2-}$ , charges libres de se déplacer, permet le transport du courant électrique dans la solution.

2. a.  $P = 529 \text{ MW}$ . b.  $\Delta t = 91,8 \text{ s}$ .

c.  $Q = 32 \text{ MC}$ .

32 1.  $P_f = 1,25 \text{ W}$ . 2.  $P_{\text{joule}} = 0,125 \text{ W}$ .

3.  $P_u = 1,125 \text{ W}$ . 4.  $p = 90 \%$ .

5.  $P_f = 2,5 \text{ W}$ ;  $P_{\text{joule}} = 0,5 \text{ W}$ ;  $P_u = 2,0 \text{ W}$ ;  $p = 80 \%$ .

39 1. a.  $p = 9,4 \%$ . b.  $p = 13 \%$ .

2.  $E = 130 \text{ MJ}$ .

41 1. a.  $E_{\text{joule}} = R \cdot I^2 \cdot \Delta t$ .

b.  $E_{\text{joule}} = 5,2 \times 10^2 \text{ J}$ .

2.  $p = 80,0 \%$ . 3.  $Q = 2\ 160 \text{ C}$ .

4. a.  $E_u = 1,66 \times 10^3 \text{ J}$ . b.  $P_{\text{total}} = 64 \%$ .

### Chapitre 12

- 1 A et C. 2 A. 3 A et C. 4 A et B.  
5 C. 6 A, B et C. 7 B et C. 8 A, B et C.

10 1.  $W_{AB}(\vec{R}) = 0 \text{ J}$ , donc c'est la force  $\vec{R}$ .

2.  $W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{AB} = F \cdot AB \cdot \cos \alpha$  donc :

$$W_{AB}(\vec{F}) = 9,6 \times 10^2 \text{ J}.$$

$W_{AB}(\vec{P}) = \vec{P} \cdot \vec{AB} = P \cdot AB \cdot \cos \alpha$  donc :

$$W_{AB}(\vec{P}) = - 6,3 \times 10^2 \text{ J}.$$

3. Le travail de la force de traction est moteur. Le travail du poids est résistant.

13 1.  $\vec{R}$  et  $\vec{P}$  sont perpendiculaires à  $\vec{AB}$ , donc leur travail est nul.

2.  $W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{AB} = F \cdot AB \cdot \cos \alpha$  donc :

$$W_{AB}(\vec{F}) = 5,0 \times 10^3 \text{ J}.$$

$W_{AB}(\vec{f}) = \vec{f} \cdot \vec{AB} = f \cdot AB \cdot \cos \alpha$  donc :

$$W_{AB}(\vec{f}) = - 5,0 \times 10^2 \text{ J}.$$

$$3. v_B = 5,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}.$$

18 1. a. et b. Schéma :

$\vec{v}$  est un vecteur vertical et orienté vers le sol.

$\vec{f}$  est une force verticale et de sens opposé à  $\vec{v}$ .

2. a.  $W_{AB}(\vec{f}) = \vec{f} \cdot \vec{AB} = - f \cdot AB$ .

b.  $W_{AB}(\vec{f}) = - 1,3 \times 10^6 \text{ J}$ .

c. Le travail est négatif car la force s'oppose au mouvement.

19 1. b. 2. a. 3. c.

24 1.  $W_{AB}(\vec{R}) = \vec{R} \cdot \vec{AB} = F \cdot AB \cdot \cos 90^\circ$

$$W_{AB}(\vec{P}) = \vec{P} \cdot \vec{AB} = P \cdot AB \cdot \cos 90^\circ$$

$$W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \vec{AB} = F \cdot AB \cdot \cos 20^\circ$$

$$2. F = 3,6 \text{ N}.$$

Cette intensité est faible, donc les frottements ne sont pas négligeables.

26 1. Diana remontera jusqu'en haut de la rampe.

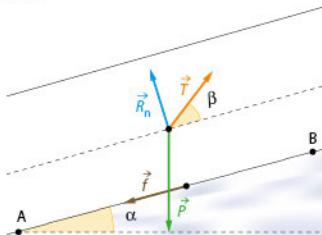
2.  $f = 42 \text{ N}$ . La force ne doit pas dépasser 42 N.



# CORRIGÉS D'EXERCICES

- 28** 1. a. Le skieur est soumis au poids  $\vec{P}$ , à la force de traction  $\vec{T}$ , à la réaction  $\vec{R}$  de la piste et à une force de frottements  $\vec{f}$ .

Schéma :



- b. Le mouvement est rectiligne uniforme. D'après le principe d'inertie, la résultante des forces est nulle.

$$c. W_{AB}(\vec{P}) + W_{AB}(\vec{R}) + W_{AB}(\vec{f}) + W_{AB}(\vec{T}) = 0.$$

2.  $\vec{T}$  fournit un travail moteur.

$\vec{R}$  fournit un travail nul.

$\vec{f}$  et  $\vec{P}$  fournissent un travail résistant.

3. a.  $z_A - z_B = -112 \text{ m}$ .

$$b. W_{AB}(\vec{P}) = m \cdot g \cdot (z_A - z_B)$$

$$W_{AB}(\vec{T}) = T \cdot AB \cdot \cos \beta$$

$$W_{AB}(\vec{f}) = -f \cdot AB$$

$$W_{AB}(\vec{R}) = 0$$

$$W_{AB}(\vec{P}) = -9,4 \times 10^4 \text{ J} ; W_{AB}(\vec{T}) = 1,1 \times 10^5 \text{ J} ;$$

$$W_{AB}(\vec{f}) = 0 \text{ J}.$$

$$c. f = 59 \text{ N}.$$

33 La hauteur maximale est :  $z_B = 3,5 \text{ m}$ .

## Chapitre 13

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

- 16 1. Oui.

2. a. On mesure la durée correspondant à un maximum de périodes présentes sur l'enregistrement.

$$b. 23 \mu\text{s} \leq T \leq 25 \mu\text{s} ; u(T) = 1 \mu\text{s}.$$

3.  $f = 42 \text{ kHz}$ , la réponse est cohérente car  $f > 20 \text{ kHz}$ .

- 16 1. a. La distance entre les crêtes des vagues est constante.

- b. La longueur d'onde

2. a. La durée est constante. b. La période.

$$3. \lambda = v \cdot T.$$

- 21 1. Position A – instant  $t_2$ .

Position B – instant  $t_1$ .

$$2. v = 3,0 \times 10^1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}.$$

$$23 9 \lambda = 13 \text{ cm}, \text{ donc } \lambda = 1,5 \text{ cm}.$$

$$v = \lambda \cdot f = 35 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}.$$

- 26 1. La propagation des ultrasons est plus rapide dans l'eau car le signal est perçu plus rapidement par le récepteur quand le milieu de propagation est l'eau.

$$2. v = 1,250 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}.$$

- 31 1. a. Figure de gauche :  $\lambda = 2,0 \text{ cm}$ .

Figure de droite :  $\lambda' = 2,25 \text{ cm}$ .

$$b. \text{Figure de gauche : } v = 40 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}.$$

$$\text{Figure de droite : } v' = 22,5 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}.$$

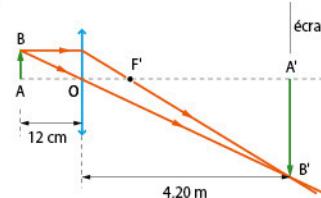
2. Oui.

## Chapitre 14

- 1 B. 2 C. 3 A et C. 4 C. 5 A.  
6 B. 7 A. 8 A et C. 9 C. 10 A et C.

$$12 \overline{OA} = -25 \text{ cm} ; f' = 20 \text{ cm} ; \overline{AB} = 2,0 \text{ cm}.$$

- 15 1. Schéma :



$$2. \bar{\gamma} = -35.$$

3. Dimensions :  $0,84 \text{ m} \times 1,26 \text{ m}$ .

4. Positionner la diapositive à l'envers.

$$16 1. \frac{1}{OA'} = \frac{1}{OA} + \frac{1}{f}. \quad 2. \overline{OA'} = 75 \text{ cm}.$$

$$3. \overline{OA} = -15 \text{ cm}. \quad 4. f' = 5,9 \text{ cm}.$$

- 22 1. Le bleu et le vert sont des couleurs primaires : ils transmettent leur couleur respective.

Le jaune et le magenta sont des couleurs secondaires : ils transmettent les couleurs primaires qui les composent. Le filtre jaune transmet donc le vert et le rouge et le filtre magenta transmet le rouge et le bleu.

2. La superposition du filtre vert et du filtre jaune transmet seulement le vert.



3. L'ordre des filtres ne modifie pas la couleur de la lumière transmise.



4. La superposition du filtre vert et du filtre magenta absorbe toute la lumière.



5. Ces deux couleurs sont dites complémentaires.

6. La couleur complémentaire du bleu est le jaune : l'association d'un filtre bleu et d'un filtre jaune absorbe donc toute la lumière.

$$30 1. \overline{OA'} = 291 \text{ cm}.$$

$$2. \overline{A'B'} = -20 \text{ cm}.$$

3. Le grandissement  $\bar{\gamma}$  étant négatif, l'image sera renversée par rapport à l'objet, le texte doit donc être écrit à l'envers sur la plaque LCD.

- 32 1. Une rayure rouge diffuse seulement le rouge : elle apparaît :

- rouge en lumière jaune et rouge ;

- noire en lumière bleue.

Une rayure jaune diffuse le vert et le rouge : elle apparaît :

- jaune en lumière jaune ;

- rouge en lumière rouge ;

- noire en lumière bleue.

2. On peut donc distinguer les rayures lorsque l'éclairage est jaune, mais pas en lumière rouge (le pantalon est perçu uni rouge) ni en lumière bleue (le pantalon est perçu uni noir).

- 37 1. L'équation de la droite obtenue montre que le coefficient directeur de la droite est approximativement égal à 1.

$$\text{L'équation s'écrit alors : } \frac{1}{OA'} = \frac{1}{OA} + 7,87.$$

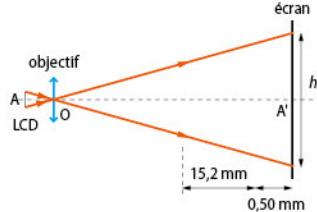
La distance focale étant constante, cette équation est compatible avec la relation de conjugaison :  $\frac{1}{OA'} = \frac{1}{OA} + \frac{1}{f}$ .

$$2. \overline{f}' = 12,7 \text{ cm}.$$

$$3. \overline{f}' = 12,6 \text{ cm} \text{ et } \sigma_f = 0,374 \text{ cm}.$$

4.  $f' = 12,6 \text{ cm}$  avec une incertitude-type associée de  $0,2 \text{ cm}$  ( $u_f = 0,1526 \dots$ ).

- 40 1. Schéma



$$2. \overline{f}' = 2,19 \text{ cm}.$$

$$3. \text{ a. } \overline{OA'} = 41,8 \text{ cm}. \quad \text{b. } \overline{A'B'} = -57 \text{ cm}.$$

- 42 1. Le daltonisme.

2. Le fond du panneau est jaune : les cônes rouges et verts sont stimulés.

L'intitulé de la conférence est indiqué en rouge : les cônes rouges sont stimulés.

Le numéro de la salle est indiqué en vert : les cônes verts sont stimulés.

3. Une personne atteinte de protanopie souffre d'une absence des cônes sensibles au rouge : le panneau sera perçu vert, l'intitulé de la conférence noire et le numéro de la salle en vert. Elle ne pourra donc pas distinguer le numéro de la salle.

4. Une personne atteinte de deutéranopie souffre d'une absence des cônes sensibles au vert : le panneau sera perçu rouge, l'intitulé de la conférence rouge et le numéro de la salle en noir. Elle ne pourra donc pas distinguer l'intitulé de la conférence.

5. Il suffit de changer la couleur du fond qui ne devra être ni rouge, ni verte, ni noire.

## Chapitre 15

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

- 10 1. La longueur d'onde.

2. **A** Rayons X. **B** Ultraviolets. **C** Visible.  
**D** Infrarouges. **E** Micro-ondes.

3. Rayons X : radiographie.

Ultraviolets : bronzage.

Visible : éclairage.

Infrarouges : caméra thermique.

Micro-ondes : four à micro-ondes.

- 12 2,40 GHz - 125 mm - Wi-Fi.

- $3,22 \times 10^{13} \text{ Hz}$  - 9,32  $\mu\text{m}$  - chirurgie laser.

- 107,7 MHz - 2,786 m - radio.

- $2,83 \times 10^{13} \text{ Hz}$  - 10,6  $\mu\text{m}$  - thermographie.

**17** 1.  $E = hc/\lambda$ .

2. Le photon 3.

3. Photon 1 :  $E = 2,00 \times 10^{-21} \text{ J} = 0,0124 \text{ eV}$ .

Photon 2 :  $E = 3,63 \times 10^{-17} \text{ J} = 226 \text{ eV}$ .

Photon 3 :  $E = 2,00 \times 10^{-13} \text{ J} = 1,23 \times 10^6 \text{ eV}$ .

**24** 1. Diagramme d'énergie :



2.  $E = 13,6 \text{ eV}$ .

3. a.  $E = 12,1 \text{ eV}$ .

b. Voir schéma ci-contre.

c.  $\lambda = 103 \text{ nm}$ .

**26** 1. Non.

2.  $E_{\text{UVC}} = 2,00 \times 10^{-18} \text{ J}$  et  $E_{\text{UVB}} = 6,63 \times 10^{-19} \text{ J}$ .  
 $E_{\text{UVC}} > E_{\text{UVB}}$ .

**28** 1.  $\lambda = 612 \text{ nm}$ .

2.  $E = 3,25 \times 10^{-19} \text{ J}$ .

3. a. Transition du 4<sup>e</sup> état excité vers le 1<sup>er</sup> état excité.

b. Diagramme d'énergie :



**29** 1. L'énergie de l'atome est quantifiée.

La lumière est un ensemble de photons qui transportent des valeurs précises d'énergie.

2. Le fait qu'il y ait des raies supplémentaires indique qu'il y a d'autres éléments chimiques dans la chromosphère de Sirius.

**33** 1. a. La fréquence.

b. WPAN :  $10^9 \text{ Hz}$ .

WLAN :  $10^9 \text{ Hz}$  et  $10^{10} \text{ Hz}$ .

WWAN :  $10^9 \text{ Hz}$ .

c. Le domaine des micro-ondes.

2. WPAN :  $10^{-1} \text{ m}$ .

WLAN :  $10^{-1} \text{ m}$  et  $10^{-2} \text{ m}$ .

WWAN :  $10^{-1} \text{ m}$ .

3. Une très longue portée et absorption faible.

## Chapitre 2

**18** 2. Tableau d'avancement :

État du système		Avancement (en mol)	Quantités de matière présentes dans le système (en mol)				
État initial	En cours de transformation		$n(I^- \text{ (aq)}) = 0,020$	$n(H_2O_2 \text{ (aq)}) = 8,8 \times 10^{-3}$	0	0	
		$x$	$0,020 - 2x$	$8,8 \times 10^{-3} - x$	$x$	$2x$	
		$x = x_f$	$0,020 - 2x_f$	$8,8 \times 10^{-3} - x_f$	$x_f$	$2x_f$	

4. Composition de l'état final :

État final (en mol)	$x_f = 8,8 \times 10^{-3}$	$2,4 \times 10^{-3}$	0	$8,8 \times 10^{-3}$	$1,8 \times 10^{-2}$
---------------------	----------------------------	----------------------	---	----------------------	----------------------

**24** 1. Tableau d'avancement :

État du système	Avancement	$6 Br^- \text{ (aq)}$	+	$Cr_2O_7^{2-} \text{ (aq)}$	+	$14 H^+ \text{ (aq)}$	→	$3 Br_2 \text{ (aq)}$	+	$2 Cr^{3+} \text{ (aq)}$	+	$7 H_2O \text{ (l)}$
État initial	$x = 0$	$n_i(Br^- \text{ (aq)}) = c_1 \times V_1$		$n_i(Cr_2O_7^{2-} \text{ (aq)}) = c_2 \times V'$			excès	0		0		
Si $V' < V_{\text{éq}}$	$x$	$c_1 \times V_1 - 6x$		$c_2 \times V' - x = 0$				$3x$		$2x$		
À l'équivalence : $V' = V_{\text{éq}}$	$x = x_{\text{éq}}$	$c_1 \times V_1 - 6x_{\text{éq}} = 0$		$c_2 \times V' - x_{\text{éq}} = 0$				$3x_{\text{éq}}$		$2x_{\text{éq}}$		excès

**26** 2. Composition de l'état final :

État final	$x_f = 1,0 \times 10^{-4}$	0	0	excès	$2,0 \times 10^{-4}$	$3,0 \times 10^{-4}$	excès
------------	----------------------------	---	---	-------	----------------------	----------------------	-------

## Chapitre 6

**18** 2. Tableau d'avancement :

État du système	$2 C_7H_5NO_3 \text{ (l)}$	+	$2 C_3H_6O \text{ (l)}$	+	$2 HO^- \text{ (aq)}$	→	$C_{16}H_{10}N_2O_2 \text{ (s)}$	+	$CH_3CO_2^- \text{ (aq)}$	+	$H_2O \text{ (l)}$
État initial $x = 0$	$n_i(C_7H_5NO_3) = 3,3 \times 10^{-3} \text{ mol}$		$n_i(C_3H_6O) = 0,14 \text{ mol}$		$n_i(OH^-) = 10 \times 10^{-3} \text{ mol}$		0		0		solvant
État intermédiaire $x$	$n_i(C_7H_5NO_3) = n_i(C_7H_5NO_3) - 2x$		$n_i(C_3H_6O) = n_i(C_3H_6O) - 2x$		$n_i(OH^-) = n_i(OH^-) - 2x$		$x$		$x$		solvant
État final $x = x_m$	$n_f(C_7H_5NO_3) = n_i(C_7H_5NO_3) - 2x_m$		$n_f(C_3H_6O) = n_i(C_3H_6O) - 2x_m$		$n_f(OH^-) = n_i(OH^-) - 2x_m$		$x_m$		$x_m$		solvant

## Chapitre 7

**41** 2. et 3.

Carburant / formule	Conso aux 100 km (en L)	Masse volumique (en kg · L <sup>-1</sup> )	Masse (en kg)	$M$ (en kg · mol <sup>-1</sup> )	$n$ (en mol)	$n_{CO_2}$ (en mol)	Masse CO <sub>2</sub> pour 100 km	Masse CO <sub>2</sub> pour 1 km
Propane C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	9,3	0,55	5,1	0,0440	116	348	15,3 kg	153 g
Octane C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	7,5	0,70	5,25	0,114	46	368	17,6 kg	176 g
Heptadécane C <sub>17</sub> H <sub>36</sub>	5,5	0,84	4,6	0,240	19,2	326	14,3 kg	143 g

# INDEX

## A

Absorbance	25
Absorption d'un photon	346
Acide carboxylique	113
Agrocarburant	158
Alcane	112
Alcool	113
Alkyle	112
Amphiphile	88
Avancement	47

## B

Bandé caractéristique	114
Beer Lambert (loi)	26
Biogaz	158
Biomasse	156
Büchner	135

## C

Carbonyle	113
Carboxyle	113
Catalyseur	135
CCM	136
Célérité d'une onde	300
Cétone	113
Chaîne linéaire	112
Chaîne ramifiée	112
Champ électrostatique	184
Champ de gravitation	183
Champ de pesanteur	183
Charge électrique	182
Charge partielle	70, 89
Chauffage à reflux	135
Cogénération	158
Comburant	156
Combustible	156
Combustion	156
Composé carbonylé	113
Concentration en masse	25
Concentration en quantité de matière	25
Couleur d'un objet	324
Couple oxydant/réducteur	46
Courant électrique	252
Cristallisation	135

## D

Débit de charge	252
Demi-équation électronique	46
Dissolution	90
Distillation	136
Dosage	26
Doublet liant	68
Doublet non-liant	68
Dualité onde-particule	345

## E

Électron de valence	68
Électronégativité	70
Endothermique	157
Énergie d'activation	156
Énergie de liaison	157
Énergie molaire de réaction	157
Équivalence	48
Étoile chromatique	26
Exothermique	157
Extraction liquide-liquide	135
Émission d'un photon	346
Énergie cinétique	274
Énergie électrique	254

Énergie mécanique	275
Énergie potentielle	275

## F

Famille de composés	113
Filtration	135
Fonction chimique	113
Force conservative	275
Force de gravitation	184
Force électrostatique	183
Force pressante	205
Formule brute	112
Formule développée	112
Formule semi-développée	112
Fréquence	301

## G

Grandissement	322
Groupe caractéristique	113

## H

Hydrophile	88
Hydroxyle	113

## I

Identification	114, 136
Isolation	135
Image réelle	322
Image virtuelle	322
Interaction électrostatique	182
Interaction lumière matière	346

## L

Lacune électronique	69
Liaison covalente	68
Liaison ionique	70
Liaisons simple, double, triple	68
Ligne de champ	184
Lipophile	88
Loi de Coulomb	182
Loi de Mariotte	205
Loi fondamentale de la statique des fluides	206
Logiciel 3D	113
Longueur d'onde	302

## M

Masse molaire	24
Masse volumique	204
Mise au point	323
Mélange stœchiométrique	48
Méthanisation	158
Micelle	88
Miscibilité	88
Modèle moléculaire	113
Modèle particulaire de la lumière	345
Molécule organique	112

## N

Nombre d'Avogadro	24
Nombre d'onde	114
Nomenclature	112

## O

Onde électromagnétique	344
Onde mécanique progressive	300
Onde périodique	301
Onde sinusoïdale	301
Oxydant	46
Oxydoréduction	46, 156

## P

Période	301
Photon	345
Polaire, apolaire	70, 84
Polarisation	70
Polarité	70
Pont hydrogène	90
Porteur de charge	252
Pouvoir calorifique massique	157
Pression	204
Principe d'inertie	226
Puissance électrique	253
Pureté	136
Purification	136

## Q

Quantum d'énergie	345
Quantité de matière	24

## R

Réactif limitant	47
Recristallisation	136
Réducteur	46
Réfrigérant	135
Relation de conjugaison	323
Rendement	136, 158
Rendement d'un convertisseur	254
Renouvelable	158
Retard	300

## S

Savon	88
Schéma de Lewis	68
Solide ionique	86
Solide moléculaire	86
Solution titrante	48
Solution titrée	48
Solvatation	90
Somme vectorielle des forces	227
Source réelle de tension	253
Spectre	25
Spectre d'émission ou d'absorption	346
Spectrophotométrie	25
Spectroscopie	114, 136
Squelette carboné	112
Squelette saturé	112
Synthèse	134
Synthèse additive	323
Synthèse soustractive	324

## T

Tableau d'avancement	47
Tableau périodique	114
Température	204
Température de changement d'état	136
Tétraèdre	69
Théorème de l'énergie cinétique	274
Titrage	48
Transformation totale	47
Transmittance	114
Travail d'une force	274

## V

Vecteur variation de vitesse	226
Vecteur vitesse	226
Vision des couleurs	323
Vision trichromatique	324
Volume molaire	24

# Crédits photographiques

1<sup>er</sup> de couv bas © Shotstudio/ADOBESTOCK PHOTO • 1<sup>er</sup> de couv ht © Jean-Claude Moschetti/Foton/First-TF/CNRS Photothèque • p. 18 bas g © Marc Princalle 2016/ADOBESTOCK PHOTO • p. 18 bas d © Tydav Photos/ADOBESTOCK PHOTO • p. 19 © monticello/ADOBESTOCK PHOTO • p. 20 © Chawalti/SHUTTERSTOCK • p. 23 © HARIBO • p. 29 Domaine Public • p. 30 © Gilles Gras/ADOBESTOCK PHOTO • p. 31 ht © Laboratoires Cooper/DR • p. 31 bas © Tiger Images/SHUTTERSTOCK • p. 34 © Jean-Pierre Bouchard/GAMMA RAPHO • p. 35 © Laboratoires Solgar/DR • p. 36 © monticello/ADOBESTOCK PHOTO • p. 37 ht g Domaine Public • p. 37 bas d © Chamille White/SHUTTERSTOCK • p. 38 © beats/ADOBESTOCK PHOTO • p. 39 g © Cyril Frézillon/ICL/CNRS Photothèque • p. 39 d © angelodec/SHUTTERSTOCK • p. 40 bas g © dream79/ADOBESTOCK PHOTO • p. 40 bas d © OlegDoroshin/SHUTTERSTOCK • p. 41 © ROPV/REA • p. 44 © Garo/PHANIE • p. 46 © rgbdigital/stockphoto/GETTY IMAGES • p. 50 © Benjam-bm/27/Domaine Public • p. 54 © Copridi/stockphoto/GETTY IMAGES • p. 58 ht g © Christian Testu/NATURIMAGES • p. 58 bas d © ROPV/REA • p. 59 ht m Domaine Public • p. 59 ht d Domaine Public • p. 60 Ph. BEC/DR • p. 61 ht d © LiliGraphie/SHUTTERSTOCK • p. 61 ht m © Claudio Divizia/SHUTTERSTOCK • p. 61 m © MPanchenko/SHUTTERSTOCK • p. 63 © Flament/Chocolaterie de Beussant Lachelle/ANDIA • p. 73 © Leonello/stockphoto/GETTY IMAGES • p. 76 Ph. XPN/Xtrem Performance Nutrition • p. 77 bas d © MS Mike/SHUTTERSTOCK • p. 78 ht g © Vesnaadjic/stockphoto/GETTY IMAGES • p. 78 mg © SSPU/LEEMAGE • p. 78 ht d © National museum of Health medicine/U.S. Army • p. 78 m d © Iprachenko/SHUTTERSTOCK • p. 79 © Ugor/SHUTTERSTOCK • p. 80 ht g Ph. Coll. Nathalie LASERRE • p. 80 bas d © Flament/Chocolaterie de Beussant Lachelle/ANDIA • p. 81 © PP1/SHUTTERSTOCK • p. 82 ht d © Goodluz/SHUTTERSTOCK • p. 82 m d © Microgen/SHUTTERSTOCK • p. 83 ht d Domaine Public • p. 85 © Dorling Kindersley/GETTY IMAGES • p. 88 © Flavrié/SHUTTERSTOCK • p. 89 ht d © Moving Moment/SHUTTERSTOCK • p. 89 m d Domaine Public • p. 96 ht m Domaine Public • p. 97 © Africa Studio/SHUTTERSTOCK • p. 98 © Thierry Dosogne/The Image Bank/GETTY IMAGES • p. 99 ht d Domaine Public • p. 99 bas d © photowind/SHUTTERSTOCK • p. 102 © Dorling Kindersley/GETTY IMAGES • p. 103 ht g © Smarag/SHUTTERSTOCK • p. 104 ht g © gelela/SHUTTERSTOCK • p. 105 © Robert Brook/SPL/COSMOS • p. 106 ht © SPL/GETTY IMAGES • p. 106 m © MichaelJaye/Berlin/SHUTTERSTOCK • p. 106 bas © Shunyu Fan/ISTOCK • p. 107 © MASTERFILE • p. 111 © Douane française • p. 118 © Vistor Moussa/SHUTTERSTOCK • p. 122 ht d © Igor Petruschenko/SHUTTERSTOCK • p. 122 bas g © Volosina/SHUTTERSTOCK • p. 123 © Juri Kachkozy/SHUTTERSTOCK • p. 124 bas d © MASTERFILE • p. 125 ht g © Deagostini/LEEMAGE • p. 125 mg g © Calgano/ADOBESTOCK PHOTO • p. 126 © Jolee/SHUTTERSTOCK • p. 127 ht d © Jahmaica123RF • p. 127 m © Kpfoto/Alamy/HEMIS • p. 129 © J. Barande/Ecole Polytechnique • p. 131 © birdby stockphoto/SHUTTERSTOCK • p. 133 ht d © atoss/ADOBESTOCK PHOTO • p. 133 © SSPU/Science Museum/GETTY IMAGES • p. 133 bas g Ph. SAIREM/DR • p. 139 bas d © Karl Gaff/SPL/COSMOS • p. 140 © Igor Marusichenko/SHUTTERSTOCK • p. 141 © dedans-dehors.com • p. 143 Domaine Public • p. 144 ht © Luis Puccini/SHUTTERSTOCK • p. 144 bas © Mirk Grau/SHUTTERSTOCK • p. 145 © Markus Mainka/SHUTTERSTOCK • p. 146 bas d © J. Barande/Ecole Polytechnique • p. 148 ht d © Edward Elin/SHUTTERSTOCK • p. 148 mg © LUTT/DR • p. 149 © Floki/SHUTTERSTOCK • p. 150 bas g © Ivone Wterink/SHUTTERSTOCK • p. 150 bas d © astime/ADOBESTOCK PHOTO • p. 151 © Michel HANS • p. 154 © Marcelo Moryan/SHUTTERSTOCK • p. 155 © Kletz/SHUTTERSTOCK • p. 156 m © Kitapart Chonjaengnai/SHUTTERSTOCK • p. 156 bas d © Voisin/PHANIE • p. 158 bas d © Jean-Claude Moschetti/Algolsols/CNRS Photothèque • p. 159 © Tobias Arhelger/ADOBESTOCK PHOTO • p. 161 bas d © Stay Gold Design Co./SHUTTERSTOCK • p. 162 © Helen Sessions/Alamy/HEMIS • p. 163 © Teas5/SHUTTERSTOCK • p. 164 ht g © He2/ADOBESTOCK PHOTO • p. 164 bas d © Simona Balconi/ADOBESTOCK PHOTO • p. 165 © skimino/SHUTTERSTOCK • p. 166 © Aleks Kend/SHUTTERSTOCK • p. 167 ht © Steve Gschmeissner/SPL/COSMOS • p. 167 © Michel HANS • p. 169 ht d © COP21, 2015 • p. 169 m d © Modfos/DEPOSITPHOTOS • p. 170 g Droits Réservés • p. 171 g © rawbf/

SHUTTERSTOCK • p. 171 bas d © molekuul\_be/SHUTTERSTOCK • p. 172 © Jim McDowell/Alamy/HEMIS • p. 173 g © Molekuul/SPL/COSMOS • p. 173 ht d © Pierre-Yves Babelot/SHUTTERSTOCK • p. 174 © Jonathan Stutz/ADOBESTOCK PHOTO • p. 175 © Roberto lo Savio/SHUTTERSTOCK • p. 176 bas d © Aphelion/SHUTTERSTOCK • p. 177 © Vasin Lee/SHUTTERSTOCK • p. 178 © Goce High Level Facility/ESA • p. 181 © Science History Images/Alamy/HEMIS • p. 187 © Julie Geardrot • p. 192 © A. Lambert Photography/SPL/COSMOS • p. 194 bas g © Vasin Lee/SHUTTERSTOCK • p. 195 ht g © Katerina Kov/SHUTTERSTOCK • p. 195 © Mauro Rinaldi/Alamy/HEMIS • p. 197 ht d © BSIP/SIP • p. 197 m d © Extender\_01/SHUTTERSTOCK • p. 199 © World View Enterprises/Rex Features/SIPA PRESS • p. 201 © Clemensfranz/Wikimedia • p. 203 © David MG/SHUTTERSTOCK • p. 204 © Duradev Mikhail/SHUTTERSTOCK • p. 212 ht g © Rick Macken/GETTY IMAGES • p. 212 bas d © Durdarev Mikhail/SHUTTERSTOCK • p. 213 m © David MG/SHUTTERSTOCK • p. 213 bas d © Sharky/Alamy/HEMIS • p. 216 ht g © Red Bull/Stratos/SIPA PRESS • p. 216 bas d © World View Enterprises/Rex Features/SIPA PRESS • p. 219 © Sergey Orlov/DREAMTIME • p. 220 g © Steve Hynes/Alamy/HEMIS • p. 220 m d © ESA/Arianespace/SPS • p. 220 bas d © Ifsttar/ADOBESTOCK PHOTO • p. 221 © Michel HANS • p. 225 © ESA/Arianespace/CNES • p. 227 © Frédéric Prochasson/ADOBESTOCK PHOTO • p. 228 ht g © Frédéric Prochasson/ADOBESTOCK PHOTO • p. 228 d © Rick Rudnicki/Alamy/HEMIS • p. 229 © Frédéric Prochasson/ADOBESTOCK PHOTO • p. 233 bas d © Denis Debadiet/PHOTONONSTOP • p. 235 ht g © Adrian Dennis/Getty Images/AFP • p. 235 bas d © Dean Mouhtaropoulos/Getty Images/AFP • p. 236 ht g © National Portrait Gallery - Archives Larbor • p. 236 © Vladimir Koskins/SHUTTERSTOCK • p. 237 © JohanSwanepoel/DEPOSITPHOTOS • p. 238 © Michel HANS • p. 239 bas d © Carlos Caetano/SHUTTERSTOCK • p. 240 © 2happy/SHUTTERSTOCK • p. 241 ht d © Spike Aerospace, Inc/http://www.spikeaerospace.com/wp-content/uploads/Spike-S-512-London\_2\_2048-logo.jpg • p. 242 ht g © Costa/LEEMAGE • p. 242 ht d © Heritage Images/LEEMAGE • p. 243 ht d © Durdarev Mikhail/SHUTTERSTOCK • p. 245 © Walt Disney/Tony Kobal Collection/AURIMAGES • p. 247 © Tomofeev Vladimir/SHUTTERSTOCK • p. 248 © Ferting/GETTY IMAGES • p. 250 © T-Flex/SHUTTERSTOCK • p. 254 ht d © Maximumm/SHUTTERSTOCK • p. 254 m d © PHOTORQUEST FRANCE/MAXPPP • p. 255 ht g BIS / Ph. Scanrai • p. 259 m © Scanrai/ADOBESTOCK PHOTO • p. 259 m hd © Uranium/SHUTTERSTOCK • p. 259 m bg © Joel\_42/SHUTTERSTOCK • p. 259 m bd © Jarous/SHUTTERSTOCK • p. 259 ht m Domaine Public • p. 259 ht d © Yamabikat/SHUTTERSTOCK • p. 259 m d © Artit Wongpradu/SHUTTERSTOCK • p. 259 bas d © Jaroslav Nellubov/SHUTTERSTOCK • p. 261 ht g © Protasov/SHUTTERSTOCK • p. 261 bas d © Dong Naide/Featurechina Photo Service/MAXPPP • p. 262 g © Grant Heilman Photography/Alamy/HEMIS • p. 262 ht d © Dmitri Galaganov/SHUTTERSTOCK • p. 263 ht g © Musées d'Art et d'Histoire, Genève/Archives Larbor • p. 263 ht d © Jean-Yves Roure/Alamy/HEMIS • p. 263 bas d BIS/Ph. Demarco • p. 264 © Tomofeev Vladimir/SHUTTERSTOCK • p. 265 ht d © Selva/LEEMAGE • p. 265 m d BIS/Ph. Rafa Inesta • p. 266 BIS / Ph. Xuejun • p. 267 ht d © Aleksandar Mitic/Alamy/HEMIS • p. 268 m g 2010 MIT. Courtesy of MIT Museum • p. 268 bas d © Samo Vidic/Red Bull via Getty Images/AFP • p. 269 © Philippe Marin/REA • p. 270 © Jimin La/AFP • p. 274 © Euro NCAP • p. 276 © Robert Przybysza/ADOBESTOCK PHOTO • p. 279 bas g © David Madison/Corbis/GETTY IMAGES • p. 279 ht d © Gregory N. Judy/U.S. Navy • p. 279 bas d © Sean M. Haffey/Getty Images/AFP • p. 200 © Bill Ingalls/UPV/MAXPPP • p. 281 © Jean-Marc Farre/Vandystadt/REGARDS DU SPORT • p. 282 © Robert Palomba/ONLY France • p. 283 © Bertrand Béchard/MAXPPP • p. 284 CC Prof. Jos van den Brook/Wikimedia • p. 285 © Matthews Stockman/Getty Images/AFP • p. 286 ht g © Tony Kallman/SHUTTERSTOCK • p. 286 bas d © Philippe Marin/REA • p. 288 © Alena Paulus/GETTY IMAGES • p. 289 © Olivier Weber/ADOBESTOCK PHOTO • p. 290 © Carlos Clarivans/SPL/GETTY IMAGES • p. 291 ht g © ason/SHUTTERSTOCK • p. 291 bas g © Shamil Zhumatov/AFP • p. 291 bas m © Shamil Zhumatov/AFP • p. 291 bas d © Shamil Zhumatov/AFP • p. 292 © stefcervos/ADOBESTOCK PHOTO • p. 293 © Red Bull/Stratos/SIPA PRESS • p. 294 © Magdalena Rehova/Alamy/HEMIS • p. 296 © Live New/Alamy/HEMIS • p. 298 © www.physagreg.fr • p. 301 ht d © Prenez/SHUTTERSTOCK • p. 301 bas d © NJ/ADOBESTOCK PHOTO • p. 302 © Maxime Ilan/SHUTTERSTOCK • p. 306 © Dan Kosmayer/SHUTTERSTOCK • p. 307 © Marina Ivanova/SHUTTERSTOCK • p. 312 g © Roberto lo Savio/SHUTTERSTOCK • p. 312 bas d © Magdalena Rehova/Alamy/HEMIS • p. 313 ht g © Richinpit/GETTY IMAGES • p. 313 d © John Seaton Callahan/GETTY IMAGES • p. 315 © Aaron Favila/AP/SIPA PRESS • p. 316 bas g © Luna/SHUTTERSTOCK • p. 316 bas d Domaine Public • p. 317 © Denis Bringard/HEMIS • p. 318 n g © Carla Edwards/SHUTTERSTOCK • p. 318 m © Carla Edwards/SHUTTERSTOCK • p. 319 ht d © SONY FRANCE • p. 321 ht d © Pasieka/SPL/COSMOS • p. 322 m © Worker/SHUTTERSTOCK • p. 327 bas g © jackholingsworth.com/ADOBESTOCK PHOTO • p. 327 bas d © by-studio/ADOBESTOCK PHOTO • p. 329 © Aabeele/SHUTTERSTOCK • p. 331 ht g © hybridimages/SHUTTERSTOCK • p. 331 bas d © Marisa Lia/ADOBESTOCK PHOTO • p. 332 © bourbon numérique/ADOBESTOCK PHOTO • p. 333 mg © Courtoisie de Son-video.com • p. 334 bas d © Denis Bringard/HEMIS • p. 336 bas d © BRIDGEMAN IMAGES • p. 337 mg g © Golubow/SHUTTERSTOCK • p. 337 ht d © Chesnot/Getty Images/AFP • p. 338 bas g © Soranop/SHUTTERSTOCK • p. 339 © Gavin Hellier/Alamy/HEMIS • p. 340 ht d © GL Archive/Alamy/HEMIS • p. 341 ht d © foxaon1987/SHUTTERSTOCK • p. 342 ht d © Janine Lamontagne/stockphoto/GETTY IMAGES • p. 343 ht Domaine Public • p. 344 bas d © Sébastien Forget/LPL/CNRS Photothèque • p. 345 ht d © Bianchetti/LEEMAGE • p. 349 bas g © Popperfoto/GETTY IMAGES • p. 350 m © Vadim Georgiev/SHUTTERSTOCK • p. 350 bas d © Dino Ablakovic/stockphoto/GETTY IMAGES • p. 351 ht g © CC Deglr6328/Wikimedia • p. 351 ht d © denniswd/stockphoto/GETTY IMAGES • p. 352 © Jovanmandic/stockphoto/GETTY IMAGES • p. 353 © David taylor/Alamy/HEMIS • p. 354 © Proxyminder/stockphoto/GETTY IMAGES • p. 355 g Domaine public • p. 355 d © Tom Zagwodzki/Goddard Space Flight Center/NASA • p. 356 g Ph. Pslawinski/Wikimedia/DR • p. 356 ht d © Megist/stockphoto/GETTY IMAGES • p. 356 bas d © Gavin Hellier/Alamy/HEMIS • p. 357 g © Don Jonhston/GETTY IMAGES • p. 357 bas g © Earth Observatory/NASA • p. 357 bas d © Earth Observatory/NASA • p. 358 bas g Domaine Public • p. 359 ht d © NASA/SPL/COSMOS • p. 359 mg h © JPL/calttech/UCLA/NASA • p. 359 m © R. Gentler/ESA • p. 359 m d © Max Planck Institut für Radioastronomie/SPL/COSMOS • p. 360 © Romuald Meigneux/SIPA PRESS • p. 361 ht g © Anton Gvozdikov/SHUTTERSTOCK • p. 361 ht d © Dmitry Zimin/SHUTTERSTOCK • p. 361 m d © Alexey Boldin/SHUTTERSTOCK • p. 362 ht g © Banque centrale européenne • p. 362 ht d © Banque centrale européenne • p. 362 m d © Banque centrale européenne • p. 362 m g © Luis Alonso Muriel/www.euroline-detection.com • p. 363 © JPL/NASA • p. 370 © Arduine/DR • p. 374 © TEXAS INSTRUMENTS • p. 375 © CASIO • p. 376 ht d © Cseh loan/Alamy/HEMIS • p. 376 ht g © Vieya Software • p. 376 mg g © Sonn Network Communications Inc. • p. 376 mg b © Phypox • p. 376 bas g © Alexander Teplukhin/Molecular Constructor • p. 376 g © Andrej Brusov/SHUTTERSTOCK • p. 421 © A. and I. Kruk/SHUTTERSTOCK

## Photographies non référencées :

Philippe Guignard / Air Images-Contrepoints Production.

Si malgré nos recherches il nous a été impossible de retrouver les ayants droits d'une image publiée, Sejer/Bordas s'engage à conserver durant trois ans un montant reversable à toute personne apportant la preuve qu'elle est dépositaire des droits usuels de ladite image. Nous nous excusons par avance des erreurs ou omissions inévitables.

## Crédits Vidéos

p. 102 © SEMM Service Multimédia de l'université de Lille 1/Jean-Marie Blondeau et Bernard Bonnel • p. 149 © Radio France / France Inter/Félicité Chauvière • p. 239 © AWSR (Agence wallonne pour la sécurité routière) • p. 287 © CC SIKANA - www.sikana.tv • p. 335 © SEMM Service Multimédia de l'université de Lille 1/Jean-Marie Blondeau et Bernard Bonnel • p. 340 ht © CEA/Corinne Beurtey • p. 340 bas © UNIVERSCIENCE.TV • p. 359 © CEA/COM CI COM CA/Canopé

## Remerciements

Les auteurs et les éditions Bordas remercient la société Jeulin pour le prêt de matériel de laboratoire. Ils remercient également Patrice Bousquet, proviseur du lycée Dhuoda à Nîmes, pour son accueil lors de la réalisation des photos d'expérience. Ludovic Gaudichet et Elsa Alvarez sont remerciés pour leur précieuse collaboration.

## Direction éditoriale : Julien Barret

## Responsable éditoriale : Christelle Lequesne

## Édition : Claire Maillocho et Alexandre Sredojevic

## Assistante d'édition : Régine Becker

## Compggravure et schémas : STDI

## Conception graphique : Frédéric Jély et Delphine Guéchet

## Iconographie : Nathalie Lasserre

## Recherche des vidéos : Chloé Williamson

## Coordination artistique : Pierre Taillermite

## Fabrication : Jean-Philippe Dore

## Couverture : Yann Collin

## Illustrations : Virginie Vidal