

Collection Durandeau

Term
ST2S

Sciences physiques et chimiques

Livre du professeur

Jean-Pierre Durandeau

Jean-Marie Bélières

Marie-Jeanne Comte

Raphaël Marteletti

Michel Stillkrauth

hachette
ÉDUCATION

Table des matières

1	Quelle est la relation entre la force et la pression ?	4
2	Comment la pression varie-t-elle au sein d'un liquide ?	9
3	Quelles sont les caractéristiques de l'écoulement d'un liquide ?	14
4	Quelles sont les applications médicales des ondes électromagnétiques ?	19
5	Comment soigner avec la radioactivité ?	23
6	Quelles sont les applications médicales du champ magnétique ?	28
7	Pourquoi la vitesse accroît-elle la gravité des accidents de la route ?	33
8	Qu'est-ce qu'un acide α -aminé ?	37
9	Comment les protéines sont-elles construites ?	42
10	Comment synthétiser les arômes de fruits ?	47
11	Quels sont les acides et les bases présents dans les milieux biologiques ?	52
12	Quelles sont les propriétés des réactions acido-basiques ?	57
13	Comment fabrique-t-on le savon ?	62
14	Comment appliquer l'oxydoréduction aux dosages ?	66

Couverture : Nicolas Piroux

Maquette et mise en page : Nicolas Balbo

Schémas : Domino

www.hachette-education.com

© HACHETTE LIVRE 2013, 43, quai de Grenelle, 75905 Paris Cedex 15

Tous droits de traduction, de reproduction et d'adaptation réservés pour tous pays.

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes des articles L. 122-4 et L. 122-5, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que « les analyses et les courtes citations » dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite ».

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, sans autorisation de l'éditeur ou du Centre français de l'exploitation du droit de copie (20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris), constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal.

Avant-propos

Le livre du professeur, qui accompagne le manuel de l'élève, comporte les corrigés des activités et des exercices proposés dans chaque chapitre.

Les activités dans le manuel

Nous n'avons pas choisi une méthode déductive fondée sur la présentation d'un cours préalable suivi d'exercices d'application, car le dogmatisme qu'elle peut engendrer nous paraît inadapté dans les classes d'enseignement technologique.

La démarche adoptée privilégie la construction des connaissances et des capacités à partir de situations problèmes puisées dans l'environnement technique de l'élève et formulées dans le langage courant.

Dans le livre du professeur, nous donnons les réponses aux questions des activités. En particulier, nous répondons à la question d'investigation qui figure en page d'entrée et qui pose la problématique d'entrée de chapitre.

Les exercices

Dans le livre du professeur, nous donnons les solutions des exercices figurant dans les deux rubriques du manuel de l'élève.

• Tester ses connaissances

Ces exercices simples traitent des capacités énoncées dans le programme. Chaque exercice concernant une seule capacité, l'élève peut en vérifier plus facilement l'acquisition.

• Utiliser ses connaissances

Les exercices concernés relèvent d'un niveau de difficulté supérieur : il s'agit d'appliquer ses connaissances et ses savoir-faire dans des contextes différents de ceux des activités et du cours, en particulier dans le domaine médical.

Le livre du professeur constitue un outil indissociable du manuel, au service des collègues pour le bénéfice de leurs élèves. Nous acceptons bien volontiers leurs suggestions et critiques.

Pour aider le professeur dans sa tâche, le **Manuel numérique** permet de projeter en permanence les documents nécessaires à la mise en œuvre et à l'exploitation du manuel de l'élève.

1 Quelle est la relation entre la force et la pression ?

MATÉRIEL NÉCESSAIRE POUR LES ACTIVITÉS

Activité 1

- Deux seringues de sections différentes.

Activité 2

- Ballon de baudruche.
- Bouteille en plastique d'eau minérale.

Activité 3

- Manomètre ou pressiomètre.
- Capsule manométrique.
- Bouchon.
- Masses marquées.

Activité 4

- Verre.
- Feuille de papier (cartonnée).
- Morceau de tube PVC avec un trou latéral.
- Film plastique.
- Pompe à vide.

Activité 5

- Présentation de différents types de manomètres et baromètres.

RÉPONSES AUX QUESTIONS DES ACTIVITÉS

■ Activité 1

Expérience 1

1. Le doigt ressent une pression de la part du fluide comprimé contenu dans la seringue. Plus le fluide est comprimé et plus la sensation est grande.
2. Quand on presse sur le piston, le volume d'air enfermé dans la seringue diminue : l'air est compressible. Quand on relâche le piston, il revient en arrière, le volume augmente : l'air est élastique. L'eau ne possède pas les mêmes propriétés que l'air : les liquides, à la différence des gaz, ne sont ni compressibles ni élastiques.

Expérience 2

3. Le piston de la seringue de gauche a une surface S_1 inférieure à celle S_2 du piston de la seringue de droite ($S_1 < S_2$).
4. Pour maintenir l'équilibre des pressions au niveau de la jonction des deux seringues, la force F_1 exercée sur le piston de la seringue de gauche est inférieure à celle F_2 exercée sur le piston de la seringue de droite : $F_1 < F_2$.
5. La pression dépend de deux facteurs : la force pressante et la surface pressée. Pour réaliser une piqûre, il faut perforer la veine du patient avec l'aiguille de la seringue. Pour une valeur de force pressante donnée, cette action sera plus facile si la surface de contact aiguille-paroi de la veine est la plus petite possible. Pour cette raison les aiguilles sont fines et biseautées.

■ Activité 2

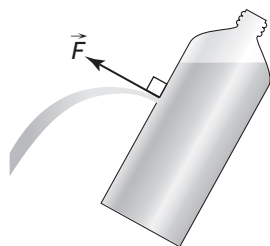
Expérience 1

1. L'air enfermé déforme la paroi du ballon. Le mouvement désordonné des molécules de dioxygène et de diazote provoque des chocs sur les parois. Statistiquement, ces chocs créent une force pressante sur la paroi du ballon.

Expérience 2

2. À la sortie du trou, le jet d'eau est perpendiculaire à la paroi de la bouteille.

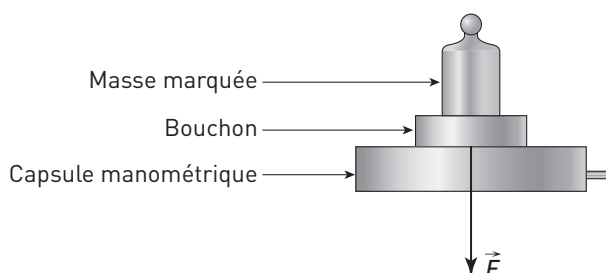
3.



4. La force se mesure avec un dynamomètre.

■ Activité 3

1.

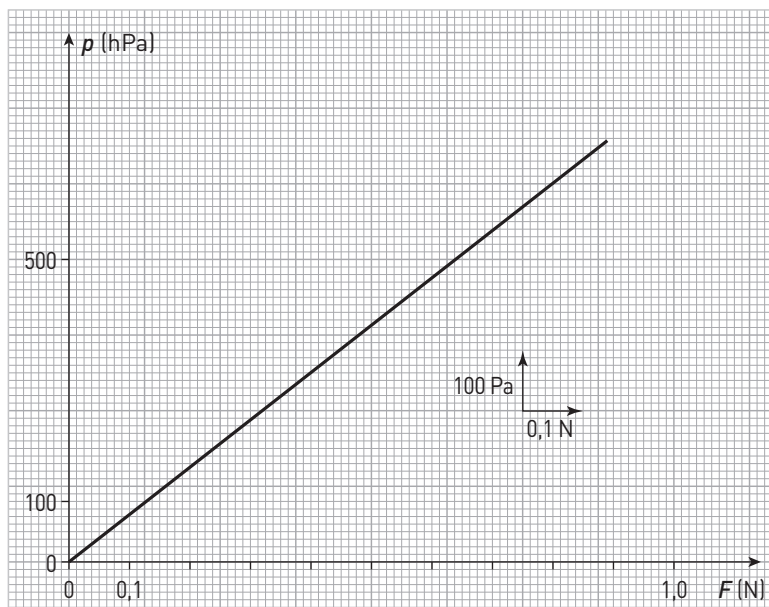


La force pressante $\vec{F}$ exercée par le bouchon de surface S sur la capsule manométrique a les caractéristiques vectorielles suivantes :

- point d'application : milieu de la surface S ;
- direction : perpendiculaire à la surface ;
- sens : vers le bas ;
- valeur : $F =$ poids total de la masse marquée et du bouchon.

Dans le cas de l'expérience, le diamètre d de la base du bouchon est $d = 4,0$ cm.

2. Courbe représentative de la variation de la pression en fonction de la force pressante.



La courbe $p = f(F)$ est une droite d'équation $p = a \cdot F$ où a est le coefficient directeur de la droite. Sa valeur est $a = 800 \text{ m}^{-2}$.

La surface S de la base du bouchon de diamètre d est :

$$S = \frac{\pi d^2}{4} = 12,5 \text{ cm}^2.$$

On vérifie que $a = \frac{1}{S}$.

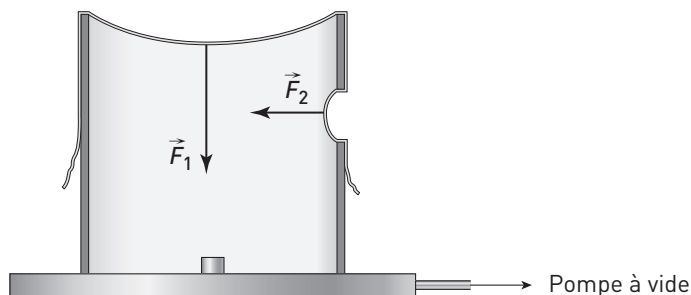
■ Activité 4

Expérience 1

1. Sur la surface de la feuille en contact avec l'eau s'exercent :
 - la force pressante due à l'eau, $\vec{F}_e$;
 - de l'autre côté, la force pressante due à l'air, $\vec{F}_a$;
 - La valeur de F_a est supérieure à celle de F_e : la feuille ne tombe pas.

Expérience 2

2. La pression dans le tube PVC, initialement égale à la pression atmosphérique, diminue : le film souple s'incurve vers l'intérieur du tube. La valeur de la force exercée par l'air extérieur sur le film est supérieure à celle de la force de l'air restant dans le tube.
- 3.



Les forces exercées par l'air extérieur sont perpendiculaires aux surfaces du tube et de l'orifice.

■ Activité 5

1. Le manomètre affiche 0 quand la pression de l'air dans le pneu p_p est égale à la pression atmosphérique p_{atm} . Il mesure la différence de pression $p_p - p_{atm} = 0$ bar : c'est un manomètre relatif.
2. Si le manomètre affiche 2 bars, la pression absolue de l'air dans le pneu est

$$p_p = 2 + p_{atm} = 3 \text{ bars.}$$
3. La pression atmosphérique normale est : $p_{atm} = 76 \text{ cm de mercure (76 cm de Hg)} = 1\,013 \text{ hPa}$.
Le cm de mercure équivaut à une pression de $1\,013 \times 10^2 / 76 = 1\,333 \text{ Pa}$.

■ Activité 6

1. La course à pied se distingue de la marche parce que le sportif n'a jamais les deux pieds en contact avec le sol en même temps.
2. Les chaussures sont adaptées au sport pratiqué :
 - football ou rugby (chaussures à crampons) ;
 - patinage ou hockey sur glace (chaussures munies de lames) ;
 - cyclisme (chaussures adaptées aux pédales) ;
 - équitation (bottes adaptées à l'étrier),...

Remarque : Il est peut-être possible de distinguer les chaussures de sport en fonction du terrain (football, basket, tennis,...) et d'un accessoire (vélo, ski, équitation,...).

3. Une mauvaise pratique sportive peut entraîner des blessures : tendinite, entorse, fracture, déminéralisation des os, luxation, déchirement musculaire,...

4. La valeur de la pression lors de la pose du pied complet est :

$$P = \frac{F}{S} = \frac{1500}{58 \times 10^{-4}} = 2,6 \times 10^5 \text{ Pa.}$$

5. Si la valeur de la force conserve la même valeur pendant la foulée, la pression la plus petite s'exercera lorsque la surface est la plus grande : c'est la deuxième phase où le pied complet est en contact avec le sol.
6. En remplaçant l'air par l'eau, la qualité de la chaussure serait différente : à la différence de l'air, l'eau est un fluide incompressible et inélastique.

CORRECTION DES EXERCICES

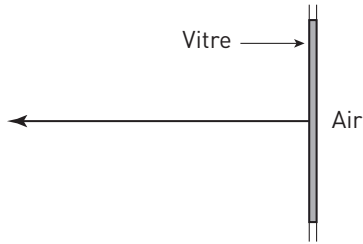
Tester ses connaissances

1. La force pressante

1. Les caractéristiques vectorielles de la force pressante $\vec{F}$ exercée par l'air sur la vitre sont :

- point d'application : centre de la vitre ;
- direction : perpendiculaire à la vitre, soit horizontale ;
- sens : de l'air vers la vitre ;
- valeur : $F = 4 \times 10^3 \text{ N}$.

2.



2. La pression

1. La pression p due à une force pressante $\vec{F}$ agissant perpendiculairement et uniformément sur une surface S est donnée par la relation :

$$p = \frac{F}{S} \text{ où } F \text{ est la valeur de la force.}$$

2. L'unité de pression dans le système international est le pascal (Pa), F est exprimée en newton (N) et S en mètre-carré (m^2).
3. Autres unités : 1 bar = 10^5 Pa ; 1 cm de mercure = 13,33 hPa.
4. La pression se mesure avec un manomètre.

3. Vie pratique

1. Pour ne pas s'enfoncer dans la poudreuse, un alpiniste chaussera des skis ou des raquettes.
2. Les engins destinés aux terrains meubles ont des chenilles pour augmenter la surface de contact avec le sol et ainsi diminuer la pression.
3. Pour sectionner un fil métallique on utilise une pince coupante, cisaille ou tenaille. La pression exercée par les mâchoires est très grande, parce que la surface de contact est petite et que la force pressante est multipliée par effet de levier.
4. Le dioxyde de carbone, contenu dans le goulot de la bouteille exerce une force pressante appliquée au centre du bas du bouchon et dirigée vers le haut.

4. La pression atmosphérique

1. La pression atmosphérique est la pression correspondante à la force pressante exercée par l'air qui nous environne.
2. Les météorologistes expriment la pression atmosphérique en hectopascal (1 hPa = 100 Pa) ou en bar ou millibar (1 bar = 10^5 Pa , 1 mbar = 10^{-3} bar).
3. La pression atmosphérique est mesurée avec un baromètre.

Utiliser ses connaissances

5. Oh punaise !

1. La force n'a pas le même effet, la punaise s'enfoncera dans le bois.

La surface de contact de la punaise et du bois est petite comparée à celle de la pièce.

2. Par définition de la pression, $p = \frac{F}{S}$, pour obtenir la pression en Pa, il faut exprimer la force en N et la surface en m^2 .

Pour la pièce : $p = \frac{2}{1,0 \times 10^{-4}} = 2 \times 10^4 \text{ Pa}$; pour la punaise :

$$p' = \frac{2}{0,1 \times 10^{-6}} = 2 \times 10^7 \text{ Pa soit 1 000 fois plus grande.}$$

3. L'infirmier(e) choisit une aiguille fine et biseautée pour que la surface de contact aiguille-paroi de la veine soit la plus petite possible, donc la pression la plus grande possible : la perforation de la veine sera plus efficace et moins douloureuse.

6. Dans la poudreuse

1. Le poids du randonneur est : $p = m \cdot g = 80 \times 9,8 = 784 \text{ N}$.

2. La pression exercée par les chaussures est :

$$p = P/S = 784/300 \times 10^{-4} = 26\,133 \text{ Pa.}$$

3. La nouvelle pression avec les raquettes est :

$$p' = 784/700 \times 10^{-4} = 11\,200 \text{ Pa.}$$

Cet équipement fait diminuer la pression, le randonneur s'enfoncera moins dans la neige.

7. Un coup de pompe.

1. La pression p due à une force pressante $\vec{F}$ agissant perpendiculairement et uniformément sur une surface S est donnée par la relation :

$$p = \frac{F}{S} \text{ où } F \text{ est la valeur de la force.}$$

L'unité de pression dans le système international est le pascal (Pa), F est exprimée en newton (N) et S en mètre-carré (m^2).

2. Pour gonfler le pneu, il faut que la pression exercée soit supérieure à $p = 3 \text{ bars} = 3 \times 10^5 \text{ Pa}$.

La force exercée doit être supérieure à

$$F = p \cdot S = p \cdot \pi \cdot d^2/4 = 3 \times 10^5 \times \pi \times (2 \times 10^{-2})^2/4 = 94,2 \text{ N.}$$

3. La force pressante augmente au cours du gonflage parce que la pression p dans le pneu augmente et que la pression exercée sur le piston doit être supérieure à p .

8. Pression dans une télévision.

1. Les caractéristiques vectorielles de la force pressante $\vec{F}$ exercée la face interne du téléviseur sont :

- point d'application : centre de l'écran ;
- direction : perpendiculaire à l'écran ;
- sens : de l'intérieur vers l'extérieur ;
- valeur : $F = p \cdot S = 10^{-4} \times (70 \times 10^{-2} \times 40 \times 10^{-2}) = 2,8 \times 10^{-5} \text{ N}$.

2. Force exercée par l'air sur la face extérieure :

$$F' = p_{\text{atm}} \cdot S = 1\,013 \times 10^2 \times (70 \times 10^{-2} \times 40 \times 10^{-2}) = 28,4 \times 10^3 \text{ N.}$$

3. Si le tube de télévision se casse, il implose parce que la pression extérieure est supérieure à la pression intérieure.

9. Force pressante due à l'air.

1. Le baromètre mesure la pression atmosphérique.

2. La pression atmosphérique lue est :

$$p_{\text{atm}} = 795 \text{ mm de Hg} = 1\,060 \text{ hPa} = 1060 \times 10^2 \text{ Pa.}$$

3. La force pressante due à l'air est :

$$F = p_{\text{atm}} \cdot S = 1060 \times 10^2 \times 1,00 \times 10^{-4} = 10,60 \text{ N}$$

4. La valeur de la masse qui aurait le même poids est :

$$m = F/g = 10,60/9,8 = 1,08 \text{ kg.}$$

10. Pression absolue, pression relative.

1. La pression absolue est mesurée sur la graduation externe, la pression relative sur la graduation interne (décalage du zéro).
2. La pression relative est : $p = 0,2 \text{ bar} = 0,2 \times 10^5 \text{ Pa}$.

11. Les hémisphères de Magdebourg

1. Les deux hémisphères, initialement à la pression atmosphérique sont vidés de l'air qu'ils contenaient : la pression à l'intérieur est très faible. La force pressante exercée par l'air à l'extérieur sur les hémisphères empêche de les séparer.
2. Quand on fait rentrer l'air, les deux hémisphères se séparent parce que la pression à l'intérieur devient égale à la pression atmosphérique, les forces pressantes à l'intérieur et l'extérieur se compensent.

Physique et santé

12. Tension artérielle

1. La pression diastolique est 7 cm de mercure, la plus petite, et la systolique est 12 cm de Hg.
 $7 \text{ cm de Hg} = 7 \times 1\,333 = 9\,331 \text{ Pa}$ et $12 \text{ cm de Hg} = 12 \times 1\,333 = 15\,996 \text{ Pa}$.
2. Pressions réelles $p_d = 9\,331 + (1\,010 \times 10^2) = 110\,331 \text{ Pa}$ et $p_s = 15\,996 + (1\,010 \times 10^2) = 116\,996 \text{ Pa}$.
3. Des vaisseaux trop fragiles risquent de ne pas résister aux forces pressantes dues à la pression du sang.

13. Intoxication au monoxyde carbone

1. La formule chimique du monoxyde de carbone est CO.
2. Le monoxyde de carbone est toxique parce qu'il se « fixe sur l'hémoglobine du sang pour donner un composé relativement stable, la carboxyhémoglobine (COHb), qui empêche l'hémoglobine de jouer son rôle de transporteur du dioxygène vers les tissus ».
3. Le taux de carboxyhémoglobine est réduit de moitié en :
 - 4,7 heures dans l'air ambiant ;
 - 0,8 heure = 48 mn dans le dioxygène pur ;
 - 0,2 heure = 12 minutes dans un caisson hyperbare de dioxygène pur.

4. La décomposition de la carboxyhémoglobine est la plus rapide dans un caisson hyperbare de dioxygène pur à une pression de 2,5 atmosphères.

14. Pression intra-oculaire

1. Les valeurs limites de la pression intra-oculaire sont :
 - 10 mm de Hg = $10 \times 133,3 = 1\,333 \text{ Pa}$
 - 21 mm de Hg = $21 \times 133,3 = 2\,799,3 \text{ Pa}$.
2. Le glaucome est dû à une pression intra-oculaire trop élevée.
3. La pression intra-oculaire T est liée à la pression réelle p et la pression atmosphérique p_{atm} par la relation : $T = p - p_{\text{atm}}$.
4. Le glaucome peut apparaître quand la pression intra-oculaire est supérieure à $T = 21 \text{ mm de Hg} = 2\,799,3 \text{ Pa}$, soit une pression réelle $p = T + p_{\text{atm}} = 2\,799,3 + 101\,300 = 104\,099,3 \text{ Pa}$.

15. Pression et oreille

1. La pression atmosphérique diminue quand l'altitude augmente.
2. Pour l'altitude $h = 2\,000 \text{ m}$, la pression est $p_1 = 800 \text{ hPa}$.
3. Lors de l'ascension de 0 à 2 000 m, la pression extérieure diminue et devient inférieure à celle au sol. Le tympan est tiré vers l'extérieur.
4. La valeur de la force pressante globale sur le tympan est
 $F = (p_2 - p_1) \cdot S = (1\,000 - 800) \times 1\,000 \times 0,5 \times 10^{-4} = 10 \text{ N}$.
Cette force est dirigée vers l'extérieur.
5. Pour une altitude $h = 1\,000 \text{ m}$, la pression atmosphérique $p_2 = 900 \text{ hPa}$. La force pressante globale est :
 $F = (900 - 800) \times 1\,000 \times 0,50 \times 10^{-4} = 5 \text{ N}$.
Le tympan est tiré vers l'intérieur.

16. Injection intraveineuse

1. a. Par définition de la pression $p = \frac{F}{S}$, la valeur de la force F_a sera :
 $F_a = p_{\text{atm}} \cdot S = 1\,013 \times 10^2 \times 8 \times 10^{-5} = 8,10 \text{ N}$.
- b. La valeur de la force F pour que l'injection soit possible est :
 $F = p \cdot S = 1\,030 \times 10^2 \times 8 \times 10^{-5} = 8,24 \text{ N}$.
- c. La valeur de la force F_i exercée par l'infirmier est :
 $F_i = F - F_a = 8,24 - 8,10 = 0,14 \text{ N}$.

2 Comment la pression varie-t-elle au sein d'un liquide ?

MATÉRIEL NÉCESSAIRE POUR LES ACTIVITÉS

Activité 1

- Tensiomètre ou sphygmomanomètre.
- Stéthoscope.

Activité 2

- Balance.
- Éprouvette graduée de 50 mL.
- Alcool, eau, eau salée, huile.

Activité 3

- Densimètre.
- Éprouvette large et haute.
- Alcool, eau, eau salée, huile.

Activité 4

- Cristalliseur.
- Manoscope ou capsule manométrique et manomètre ou pressiomètre.
- Bécher.
- Alcool, eau, eau salée, huile.

Activité 5

- Éprouvette.
- Règle graduée.
- Manoscope ou manomètre ou pressiomètre.

RÉPONSES AUX QUESTIONS DES ACTIVITÉS

■ Activité 1

1. Au stéthoscope, le bruit est perçu si le sang circule dans la veine partiellement comprimée.

2. La pression systolique est la pression la plus élevée mesurée, p_{Bmax} , quand le sang commence à circuler dans la veine comprimée. La pression diastolique est la plus petite, p_{Bmin} , quand le sang circule dans la veine non comprimée.

Les deux pressions sont exprimées en centimètre de mercure (cm de Hg).

3. Les valeurs 13/8 de la tension artérielle correspondent :

- à la pression systolique pour le 13 ;
- à la pression diastolique pour le 8.

Ces deux valeurs sont exprimées en cm de mercure.

■ Activité 2

Expérience 1

1. Les valeurs de la dernière ligne du tableau sont constantes : $\rho = 0,79 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$.

2. Dans l'expérience la masse volumique peut être exprimée en $\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$.

Expérience 2

3. Masses volumiques en $\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$, de l'eau, 1,00, eau salée, 1,10, huile, 0,90.

La masse volumique dépend du liquide considéré : c'est une caractéristique physique de l'espèce chimique.

■ Activité 3

1. Densités de l'alcool, 0,79, de l'eau salée, 1,10, de l'huile, 0,90. Les valeurs des densités s'expriment par le même nombre que leurs masses volumiques exprimées en $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$.

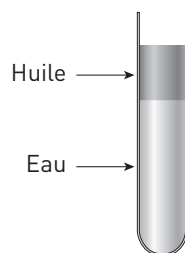
2. La masse d'une unité de volume de liquide est ρ . La masse d'une unité de volume d'eau est ρ_e .

La densité d'un liquide est le rapport de la masse d'un volume de liquide à la masse du même volume d'eau.

La densité étant un rapport de deux masses n'a pas d'unité. On peut choisir un volume quelconque et par exemple l'unité de volume ; dans ce cas, on peut exprimer la densité sous la forme : $d = \frac{\rho}{\rho_e}$

Les deux masses volumiques doivent être exprimées dans la même unité.

3. Dans l'expérience 2, le mélange est hétérogène : les deux liquides ne sont pas miscibles.



4. Le liquide inférieur est l'eau. La densité de l'eau, 1,00, est supérieure à celle de l'huile, 0,90. Le liquide inférieur est celui qui a la plus grande densité.

■ Activité 4

Expérience 1

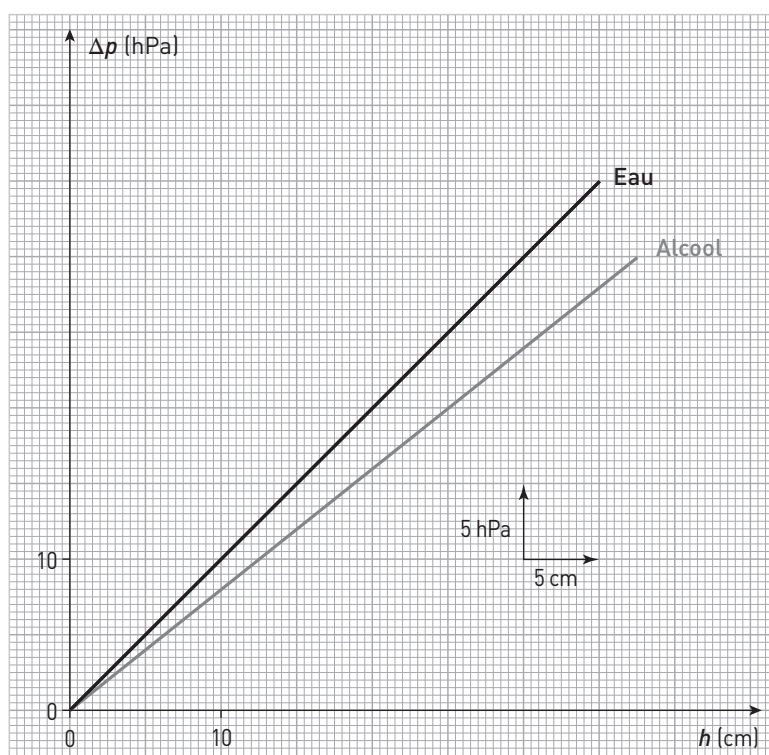
- 1.** La pression en un point du liquide ne dépend pas de l'orientation de la capsule manométrique.
- 2.** La pression garde toujours la même valeur, elle reste constante dans un plan horizontal.
La pression augmente quand la profondeur augmente.

Expérience 2

- 3.** Pour comparer les pressions dans des liquides différents, les autres paramètres ne doivent pas varier : il faut que les conditions de la mesure soient identiques. Comme la pression varie avec la profondeur, il est nécessaire de placer la capsule manométrique à la même profondeur dans les trois cas.
- 4.** À une même profondeur dans des liquides différents, les valeurs des pressions sont différentes. La pression augmente avec la masse volumique du liquide.

■ Activité 5

- 1.** La pression à la surface du liquide correspond à la pression atmosphérique.
- 2.** Courbe de la variation de la pression Δp entre un point du liquide et la surface en fonction de la profondeur h .



3. L'équation de la droite est de la forme $\Delta p = a \cdot h$, où a est le coefficient directeur de la droite :
 $a_e = 1,0 \text{ hPa} \cdot \text{cm}^{-1} = 1,0 \times 10^4 \text{ Pa} \cdot \text{m}^{-1}$ pour l'eau et $a = 0,8 \text{ hPa} \cdot \text{cm}^{-1} = 8,0 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{m}^{-1}$.

Pour l'eau, où la masse volumique est $\rho_e = 1\,000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, la valeur du produit :

$$\rho_e \cdot g = 1,0 \times 10^4 \text{ N} \cdot \text{m}^{-3} = a_e.$$

Pour l'alcool, où la masse volumique est $\rho = 800 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, la valeur du produit :

$$\rho \cdot g = 0,8 \times 10^4 \text{ N} \cdot \text{m}^{-3} = a.$$

4. L'expression littérale de la variation de pression Δp (Pa) entre un point du liquide à la profondeur et la surface h (m) s'écrit :

$$\Delta p = \rho \cdot g \cdot h$$

où ρ ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$) est la masse volumique du liquide et g ($\text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$) l'intensité de la pesanteur terrestre.

■ Activité 6

1. Pour $h = 0,0 \text{ m}$, la pression n'est pas nulle parce qu'à la surface de l'eau règne la pression atmosphérique p_a .

2. L'expression littérale de la pression p_p exercée par l'eau à la profondeur h est :

$$p_p = p_a + \rho \cdot g \cdot h.$$

3. La valeur de la variation de pression $\Delta p = p_p - p_a = \rho \cdot g \cdot h$, pour $h = 10 \text{ m}$ est

$$\Delta p = 10^3 \times 10 \times 10 = 10^5 \text{ Pa}.$$

(Une détermination graphique est possible).

4. La solubilité d'un gaz dans l'eau dépend de la pression.

5. Lorsqu'un plongeur remonte trop rapidement à la surface, le diazote dissous dans le sang passe à l'état de gaz et ces bulles entravent le flux sanguin. Les conséquences sont : démangeaisons, paralysies, embolie gazeuse. Pour éviter ces conséquences, une remontée lente est préconisée.

CORRECTION DES EXERCICES

Tester ses connaissances

1. Exprimer la masse volumique

1. L'expression littérale de la masse volumique ρ d'une espèce chimique de masse m et de volume V est : $\rho = \frac{m}{V}$.
2. L'unité du Système International est le $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$; une unité communément employée est le $\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ ou $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ou encore $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$.
3. La valeur de la masse volumique ρ_e de l'eau liquide est :

$$\rho_e = 1\,000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} = 1,00 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}.$$

2. Exprimer la densité d'un liquide

1. L'expression littérale de la densité d d'un liquide en fonction des masses volumiques de l'eau ρ_e et celle ρ du liquide est $d = \frac{\rho}{\rho_e}$.
2. La densité n'a pas d'unité.
3. La valeur de la densité de l'eau est $d = 1,00$.
4. Par définition de la masse volumique $\rho = \frac{m}{V}$ et de la densité $d = \frac{\rho}{\rho_e}$, l'expression de la masse m d'un volume v de liquide en fonction de sa densité et de la masse volumique de l'eau est :

$$m = d \cdot \rho_e \cdot V.$$

3. Différence de pression dans un liquide

1. L'expression littérale de la différence de pression entre les deux points A et B de ce liquide est :

$$p_A - p_B = \rho \cdot g \cdot h.$$
2. Les pressions p_A et p_B s'expriment en Pa, la masse volumique ρ du liquide en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$, l'intensité de la pesanteur terrestre g en $\text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$ et la dénivellation. h en m.
3. La pression qui s'exerce à la surface du liquide est la pression atmosphérique p_a .
 La pression absolue au point A s'écrira :

$$p_A = p_a + \rho \cdot g \cdot h.$$

4. Pression artérielle ou tension artérielle

1. L'expression littérale de la pression artérielle T en fonction de la pression du sang p_s et de la pression atmosphérique p_{atm} est :

$$T = p_s - p_{\text{atm}}.$$
2. Lors d'une blessure, le sang coule de la plaie : la pression du sang est supérieure à la pression atmosphérique.
3. La mesure de la tension artérielle se fait en position allongée parce que tous les points d'un même plan horizontal sont à la même pression.
4. Les valeurs 13/8 de la tension artérielle correspondent :
 – à la pression systolique pour le 13 ;
 – à la pression diastolique pour le 8.
 Ces deux valeurs sont exprimées en cm de mercure.

Utiliser ses connaissances

5. La masse volumique : caractéristique d'une espèce chimique

1. La masse volumique ρ de l'éthanol est

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{3,6}{4,5} = 0,80 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}.$$

2. Lorsqu'on double le volume de l'éthanol, la masse double également, mais la masse volumique du liquide obtenu n'est pas modifiée.

6. Comparer masse et volume de liquides

Pour conclure si deux échantillons sont constitués de la même espèce chimique il faut déterminer la masse volumique de chaque échantillon.

Numéro de l'échantillon	1	2	3	4	5
Masse de l'échantillon en g	18,0	10,8	18,0	10,2	27,0
Volume de l'échantillon en cm^3	18,9	12,0	22,5	12,0	30,0
Masse volumique en $\text{g} \cdot \text{cm}^3$	0,95	0,9	0,8	0,85	0,9

1. Les échantillons 2 et 5 ont la même masse volumique : ils sont constitués de la même espèce chimique.
2. Deux liquides de même masse et de volumes différents n'ont pas la même masse volumique : les deux liquides sont d'espèces chimiques différentes (ils peuvent être identiques si les deux espèces différentes ont la même masse volumique).
3. Deux liquides de même volume et de masse différente n'ont pas la même masse volumique : les deux liquides sont d'espèces chimiques différentes (ils peuvent être identiques si les deux espèces différentes ont la même masse volumique).

7. Identifier un liquide

1. la courbe de la variation de la masse m d'un liquide en fonction de son volume V est une droite passant par l'origine : la masse de l'espèce chimique est proportionnelle à son volume.
2. Le coefficient directeur de la droite représente la masse volumique ρ de l'espèce chimique.
3. La valeur du coefficient directeur est :

$$a = \frac{50}{33} = 1,5 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1} :$$

l'espèce chimique est du chloroforme.

8. Masse volumique et densité

1. La valeur de la masse volumique ρ_e de l'eau liquide est :

$$\rho_e = 1\,000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} = 1,00 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}.$$
2. La densité du cyclohexane est : $d = \frac{\rho}{\rho_e} = \frac{800}{1\,000} = 0,80$.
3. Par définition de la densité $d = \frac{\rho}{\rho_e}$, la masse volumique du chloroforme est :

$$\rho = d \cdot \rho_e = 1,5 \times 1\,000 = 1\,500 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}.$$
4. Par définition de la masse volumique $\rho = \frac{m}{V}$, la masse $m = 35,0 \text{ g}$ de chloroforme a un volume :

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{35}{1,5} = 23,3 \text{ mL (attention aux unités).}$$

9. Ampoule à décanter

1. La masse volumique ρ de cyclohexane est

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{32,0}{40} = 0,80 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}.$$
2. Sa densité d est $d = \frac{\rho}{\rho_e} = \frac{0,80}{1,00} = 0,80$.

3. Le liquide inférieur est celui qui a la plus grande densité (ou la masse volumique la plus grande). Dans le cas du mélange hétérogène eau (1,00) et cyclohexane (0,8), le liquide inférieur est l'eau.

4. Pour déterminer expérimentalement la position des deux liquides on ajoute l'un des deux liquides, soit l'eau, soit le cyclohexane.

- Si on ajoute l'eau : le volume d'eau, liquide inférieur, augmente et la surface de séparation des deux liquides monte.
- Si on ajoute du cyclohexane : le volume de cyclohexane, liquide supérieur, augmente et la surface de séparation air-liquide supérieur monte.

5. Pour que le liquide coule, il faut que la pression au bas de l'ampoule soit supérieure à la pression atmosphérique. Si l'ampoule est bouchée, la pression totale de l'air contenue dans l'ampoule est inférieure à la pression atmosphérique : le liquide ne coule pas.

10. Vases communicants

1. Les points A, B, C, D, sont en contact avec l'air ambiant : ils sont tous à la pression atmosphérique.
2. Les points A, B, C, D, sont tous à la même pression : ces points se trouvent dans le même plan horizontal.

11. Plongée sous-marine

1. La valeur de la variation de pression

$$\Delta p = p_B - p_A = \rho_e \cdot g \cdot h,$$

pour une dénivellation de $h = 10$ m est $\Delta p = 10^3 \times 10 \times 10 = 10^5$ Pa. Cette affirmation est exacte.

2. Cette affirmation n'est plus exacte dans l'eau de mer parce que la masse volumique de l'eau de mer est différente de celle de l'eau.

3. La pression p exercée par l'eau de mer à la profondeur $h = 10$ m est :

$$p_p = p_a + \rho \cdot g \cdot h = 1\,013 \times 10^2 + 1\,030 \times 10 \times 10 = 204\,300 \text{ Pa}.$$

12. Détermination d'un liquide

1. L'expression littérale de la variation de pression

$$\Delta p = p_B - p_A = \rho \cdot g \cdot h.$$

2. Les pressions p_A et p_B et la variation de pression Δp s'expriment en Pa, la profondeur h en m, la masse volumique ρ en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ et l'intensité de la pesanteur terrestre g en $\text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$.

3. La pression se mesure avec un manomètre ou pressiomètre.

4. La masse volumique ρ d'une espèce chimique de masse m et de volume V est : $\rho = \frac{m}{V}$.

5. La masse volumique du liquide est

$$\rho = \frac{\Delta p}{g \cdot h} = \frac{774}{9,8 \times 0,10} = 790 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}.$$

Le liquide est de l'alcool.

Physique et santé

13. Seringue

1. L'expression littérale de la tension veineuse T en fonction de la pression du sang p_s et de la pression atmosphérique p_{atm} est :

$$T = p_s - p_{\text{atm}}$$

2. Pour que le liquide pénètre dans la veine il faut que la pression p_A en A, extrémité de l'aiguille, soit supérieure à la pression du sang : $p_A > p_s$.

3. La pression de la solution à injecter en A est

$$p_A = p_{\text{atm}} + d \cdot \rho_e \cdot g \cdot h.$$

$$p_A = 1\,013 \times 10^2 + 1,0 \times 1\,000 \times 10 \times 0,10 = 102\,300 \text{ Pa}.$$

$$p_s = 1\,013 \times 10^2 + 13 \times 1\,33,3 = 103\,033 \text{ Pa}.$$

La pression de la solution à injecter est inférieure à celle du sang : l'infirmière doit presser le piston de la seringue pour réaliser l'injection.

14. Perfusion

1. La tension veineuse $T = 14$ mm de Hg = $14 \times 1\,33,3 = 1\,866,2$ Pa.

2. L'expression littérale de la tension veineuse T en fonction de la pression du sang p_s et de la pression atmosphérique p_{atm} est

$$T = p_s - p_{\text{atm}}.$$

3. Soit p_B la pression du liquide en B. Le liquide sera introduit dans la veine si $p_B > p_s$.

4. En A règne la pression atmosphérique $p_A = p_{\text{atm}}$. La pression au point B est : $p_B = p_{\text{atm}} + \rho \cdot g \cdot h$.

Et dans le cas limite $p_B = p_s = T + p_{\text{atm}}$. D'où il vient :

$$p_B = p_{\text{atm}} + \rho \cdot g \cdot h = T + p_{\text{atm}}.$$

$$\text{Soit } \rho \cdot g \cdot h = T. \text{ Donc } h = \frac{T}{\rho \cdot g} = \frac{1\,866,2}{1\,000 \times 10} = 0,1866 \text{ m} = 19 \text{ cm}.$$

15. Mesure de la pression artérielle

1. La pression ou tension artérielle se mesure avec un tensiomètre ou sphygmomanomètre.

2. La différence de tension artérielle entre le cœur p_c et ses pieds p_p est :

$$p_p - p_c = \rho \cdot g \cdot h = 1,06 \times 10^3 \times 9,81 \times 1,35 = 14\,038 \text{ Pa}.$$

3. Soit $14\,038 \text{ Pa} = 14\,038 / 1333 = 10,53 \text{ cm de Hg}$.

4. la tension artérielle T_p au niveau des pieds est

$$T_p = 1\,013 \times 10^2 + 14\,038 = 115\,338 \text{ Pa}.$$

5. Non, la tension artérielle n'est pas la même en tout point du corps du patient lorsqu'il est debout. Cette tension est la plus faible au sommet de la tête.

6. La pression est sensiblement la même en tous les points du patient lorsqu'il est couché car la pression est la même en tout point d'un plan horizontal.

16. Sport en altitude et santé

1. L'appareil de mesure de la pression atmosphérique est le baromètre.

2. La pression atmosphérique n'est pas proportionnelle à l'altitude, la courbe n'est pas une droite passant par l'origine.

3. La valeur de la pression :

a. au niveau du sol est : $1\,000 \text{ hPa}$;

b. au sommet du Mont-Blanc : 550 hPa .

4. Lors d'une ascension en montagne, la pression atmosphérique diminue, l'air se raréfie, la quantité de dioxygène inspiré diminue. Pour compenser cette diminution, l'organisme va s'adapter en augmentant la fréquence respiratoire et la fréquence cardiaque.

5. Le dioxygène dissous dans le sang est transporté par les globules rouges vers les cellules pour satisfaire les besoins de l'organisme. Lors des entraînements, les besoins se font plus importants. De plus en altitude le dioxygène se raréfie. Pour compenser ces effets, l'organisme réagit et augmente le nombre de globules rouges pour satisfaire les besoins de l'organisme.

3 Quelles sont les caractéristiques de l'écoulement d'un liquide ?

MATÉRIEL NÉCESSAIRE POUR LES ACTIVITÉS

Activité 2

- Tubulures (ou entonnoirs cylindriques) de différents diamètres avec robinet.
- Tube coudé avec robinet.

Activité 3

- Burette graduée de 25,0 mL avec support.
- Bécher.
- Chronomètre.
- Eau et eau sucrée à $400 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$.

Activité 4

- Jeu d'un tube d'écoulement et de quatre tubes manométriques d'écoulement.

Activité 5

- Support.
- Réservoir d'eau avec orifice bas (ou colonne à dessécher).
- Pince.
- Tube souple.
- Cathéter (ou tube en verre fin).
- Éprouvette graduée.

RÉPONSES AUX QUESTIONS DES ACTIVITÉS

■ Activité 1

1. Les principaux gaz dissous dans le sang sont : le dioxygène, le diazote, le dioxyde de carbone.

2. a. La fréquence des ultrasons est supérieure à 20 kHz, plus grande que la fréquence des ondes audibles.

b. La mesure de la vitesse du sang est basée sur la différence de fréquence entre l'onde incidente émise et celle réfléchie.

3. a. La vitesse v est le quotient de la distance parcourue d par la durée du parcours τ :

$$v = \frac{d}{\tau}.$$

L'unité du système international est le mètre par seconde ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$).

b. La vitesse moyenne du sang est $v = 20 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1} = 20 \times 10^{-2} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 0,20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

4. La vitesse est une caractéristique de l'écoulement du sang. Elle permet de diagnostiquer des maladies : une vitesse trop faible est le signe d'une thrombose.

■ Activité 2

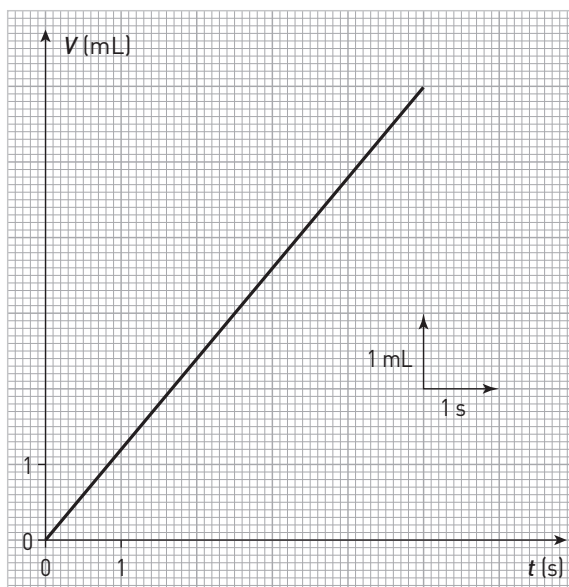
1. Quand le robinet est faiblement ouvert, l'écoulement est régulier, sans variation apparente. En ouvrant le robinet de plus en plus, l'écoulement est désordonné et des tourbillons sont perceptibles.

2. L'écoulement régulier se produit quand la vitesse d'écoulement du permanganate de potassium est faible. Quand elle est plus grande, l'écoulement devient désordonné et tourbillonnaire.

3. L'écoulement laminaire est régulier. L'écoulement turbulent est désordonné et tourbillonnaire.

■ Activité 3

1. a. Courbe du volume écoulé V en fonction de la durée d'écoulement t .



Cette courbe est une droite passant par l'origine : le volume V est proportionnel à la durée d'écoulement t .
L'unité du débit est dans le cas de l'expérience le millilitre par seconde ($\text{mL} \cdot \text{s}^{-1}$).
Dans le système international d'unités, l'unité du volume est le mètre-cube (m^3), le débit est exprimé en mètre-cube par seconde ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$).

- b. Dans l'expérience, la valeur du débit volumique est $D = \frac{6,0}{5,0} = 1,2 \text{ mL} \cdot \text{s}^{-1}$.

2. La distance entre les cinq premières graduations est $h = 6,9 \text{ cm}$.

La vitesse d'écoulement est $v = \frac{h}{\Delta t} = \frac{6,9}{5,0} = 1,38 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$.

3. Le diamètre de la burette est $d = 1,05 \text{ cm}$. L'aire de sa section droite est $S = 0,87 \text{ cm}^2$.

Le produit $S \cdot v = 0,87 \times 1,38 = 1,2 \text{ cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Le débit volumique a même valeur et même unité que le produit $S \cdot v$: $D = S \cdot v$.

4. Le débit volumique de l'eau sucrée est $D' = \frac{5,2}{5,0} = 1,04 \text{ mL} \cdot \text{s}^{-1}$

L'eau s'écoule plus facilement que l'eau sucrée.

■ Activité 4

1. La pression qui règne à la surface de l'eau en contact avec l'air est la pression atmosphérique p_a .

Au bas du tube en A, la pression est $p_A = p_a + \rho \cdot g \cdot h_A$.

2. Pour les autres tubes la pression atmosphérique s'exerce toujours sur la surface de l'eau en contact avec l'air. Ainsi on peut écrire :

$$p_B = p_a + \rho \cdot g \cdot h_B ;$$

$$p_C = p_a + \rho \cdot g \cdot h_C ;$$

$$p_D = p_a + \rho \cdot g \cdot h_D.$$

L'expérience montre que $h_A > h_B > h_C > h_D$. Donc, $p_A > p_B > p_C > p_D$. La pression de l'eau diminue dans le sens de l'écoulement.

3. La variation de pression Δp entre les points A et D a pour expression :

$$\Delta p = p_A - p_D = (p_a + \rho \cdot g \cdot h_A) - (p_a + \rho \cdot g \cdot h_D) = \rho \cdot g \cdot (h_A - h_D).$$

La mesure de la différence de hauteur est : $h_A - h_D = 1,6 \text{ cm}$.

Donc : $\Delta p = \rho \cdot g \cdot (h_A - h_D) = 1\,000 \times 9,8 \times 1,6 \times 10^{-2} = 157 \text{ Pa}$.

■ Activité 5

1. L'expression du débit volumique D est $D = \frac{V}{\Delta t}$.

Le cathéter utilisé pour l'expérience a une longueur de 50 cm et un diamètre de 1 mm environ.

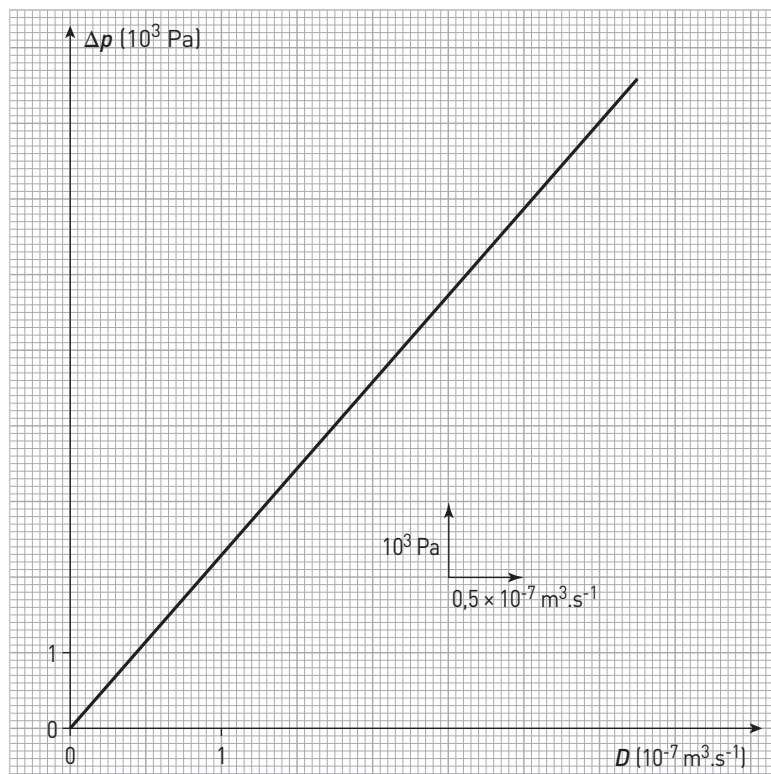
Hauteur h du réservoir (cm)	40	50	60	70	80
Volume d'eau recueillie V (mL)	42,2	52,6	63	74	85
Débit volumique D ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	$1,8 \times 10^{-7}$	$2,2 \times 10^{-7}$	$2,6 \times 10^{-7}$	$3,0 \times 10^{-7}$	$3,5 \times 10^{-7}$
$\Delta p = p_B - p_C$ (Pa)	4 000	5 000	6 000	7 000	8 000

2. a. Les points A à la surface de l'eau du réservoir et C à la sortie du cathéter sont en contact avec l'air. La pression en ces points est la pression atmosphérique : $p_A = p_C = p_a$.

b. L'expression de la différence de pression entre les points B et A est : $p_B - p_A = \rho \cdot g \cdot h$.

Donc, la différence de pression entre les points B et C est : $\Delta p = p_B - p_C = \rho \cdot g \cdot h$.

3. Courbe de la variation de pression Δp en fonction du débit volumique D .



Le coefficient directeur de la droite est $R = \frac{5\,650}{2,5 \times 10^{-7}} = 2,26 \times 10^{10} \text{ Pa} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^3$, résistance hydraulique du cathéter.

L'unité de la résistance hydraulique d'une conduite est $\text{Pa} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^3$.

■ Activité 6

1. Le débit du sang est : $D = 5 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1} = \frac{5 \times 10^{-3}}{60} = 8,3 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

2. L'écoulement du sang obéit à la relation $D = \frac{\Delta p}{R}$. Le débit du sang n'est pas proportionnel à la résistance hydraulique R , mais inversement proportionnel à R .

3. La viscosité du sang est trois celle de l'eau, l'eau aura un plus grand débit que le sang pour une même variation de pression.

4. La résistance hydraulique diminue quand le diamètre du vaisseau sanguin augmente. Pour une même longueur, les artères seront les vaisseaux qui auront la résistance vasculaire la plus faible.

CORRECTION DES EXERCICES

Tester ses compétences

1. Les deux types d'écoulement

1. L'écoulement **a** est turbulent, **b** laminaire.
2. Le régime laminaire se produit lorsque la vitesse du liquide est faible.

2. Écoulement laminaire d'un liquide

1. Le débit volumique D du liquide est proportionnel au volume écoulé V .

Le débit volumique D du liquide est inversement proportionnel à la durée d'écoulement t .

Le débit volumique D du liquide est proportionnel à la vitesse d'écoulement v du liquide et à l'aire S de la section droite de la canalisation.

2. L'unité légale du débit volumique est le $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

3. Écoulement et perte de charge

1. Le sens d'écoulement du liquide est de A vers B , la pression décroît dans le sens de l'écoulement.
2. La perte de charge dans le tuyau est la variation de pression entre les deux points. L'expression littérale est : $\Delta p = p_A - p_B$.
L'unité légale est le pascal (Pa).
3. La cause de cette perte de charge est les frottements entre le liquide et les parois de la canalisation.

4. Écoulement d'un liquide en régime permanent laminaire

1. L'expression du débit du liquide D en fonction de la perte de charge et de la résistance hydraulique du liquide est : $D = \frac{\Delta p}{R}$.
2. Les unités sont : D en $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, Δp en Pa et R en $\text{Pa} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-3}$.

5. Résistance hydraulique d'un liquide

1. La résistance hydraulique d'un tuyau dépend :
 - de la nature du liquide, sa viscosité ;
 - de la longueur du tuyau ;
 - du diamètre du tuyau.
2. La résistance hydraulique est proportionnelle à la perte de charge.
3. La résistance hydraulique est inversement proportionnelle au débit.

Utiliser ses connaissances

6. À la pompe à essence

1. le débit D de l'essence est $D = V/\Delta t = \frac{20}{35} = 0,57 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1}$.
2. Dans le $S \cdot I$: $D = 0,57 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.
3. Pour faire le plein d'un réservoir de 70 L il faudra
 $t = V/D = 70/0,57 \times 10^{-3} = 122,8 \text{ s}$.

Soit $t = 2 \text{ min } 2,8 \text{ s}$.

7. Résistance hydraulique d'une canalisation.

1. La résistance hydraulique est proportionnelle à la longueur de la canalisation.
2. Non, la résistance hydraulique n'est pas proportionnelle à l'aire de la section droite de la canalisation.

3. Le débit du miel ($2,1 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1}$) est plus petit que celui de l'eau ($2,0 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$). La résistance hydraulique du miel est plus grande que celle de l'eau.

8. Installation d'eau domestique

1. Le débit est $D = 12 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1} = 12 \times \frac{10^{-3}}{60} = 2,0 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.
2. Par définition du débit $D = v \cdot S$, la vitesse a pour expression $v = \frac{D}{S}$ et la surface est celle d'un cercle :

$$S = \pi \cdot r^2 \text{ avec } r = \frac{d}{2}.$$

D'où $v = 2,0 \times 10^{-4} / \pi \times (7 \times 10^{-3})^2 = 1,3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

3. La nouvelle vitesse sera :

$$v = 2,0 \times 10^{-4} / \pi \times (5 \times 10^{-3})^2 = 2,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}.$$

9. Écoulement d'une solution dans une burette.

1. Entre 0,0 et 4,0 mL :
 - la durée pour une descente de burette de 4,0 mL est : $\Delta t = 36 \text{ s}$;
 - le débit de la burette est
 $D = V/\Delta t = 4,0 \times 10^{-6} / 36 = 1,1 \times 10^{-7} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$;
 - la vitesse de la solution dans la burette est :
 $v = D/S = 1,1 \times 10^{-7} / \pi \times (0,5 \times 10^{-2})^2 = 1,4 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.
2. Entre 20,0 mL et 24,0 mL :
 - la durée pour une descente de burette de 4,0 mL est :
 $\Delta t = 276 - 216 = 60 \text{ s}$;
 - le débit de la burette est :
 $D = V/\Delta t = 4,0 \times 10^{-6} / 60 = 6,7 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$;
 - la vitesse de la solution dans la burette est :
 $v = D/S = 6,7 \times 10^{-8} / \pi \times (0,5 \times 10^{-2})^2 = 8,5 \times 10^{-4} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.
3. Lors de la descente de burette la hauteur de liquide diminue et la pression à l'extrémité de la burette diminue, donc le débit diminue.
4. La courbe n'est pas une droite, le débit n'est pas constant, le régime n'est pas permanent.

10. Arrosage du jardin

1. Le débit est $3\,000 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1} = 3\,000 \times \frac{10^{-3}}{3600} = 8,3 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.
2. La durée de remplissage d'un arrosoir de 10 L est
 $t = V/D = \frac{10 \times 10^{-3}}{8,3 \times 10^{-4}} = 12 \text{ s}$.

3. La vitesse de l'eau dans le tuyau est

$$v = D/S = 8,3 \times 10^{-4} / \pi \times (7,5 \times 10^{-3})^2 = 4,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}.$$

4. a. La perte de charge dans le tuyau est

$$\Delta p = D \cdot R = 8,3 \times 10^{-4} \times 12,6 = 1,0 \times 10^{-2} \text{ Pa}.$$

- b. La pression de l'eau à la sortie du tuyau est

$$p = 3,5 \times 10^5 - 1,0 \times 10^{-2} = 3,5 \times 10^5 \text{ Pa}.$$

La perte de charge est négligeable.

Physique et santé

11. Circulation du sang dans une artère

1. Le débit sanguin d'une personne est de $5,0 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$.
Le débit sanguin est :

$$D = 5,0 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1} = 5,0 \times \frac{10^{-3}}{60} = 8,3 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}.$$

2. Par définition du débit $D = v \cdot S$, la vitesse a pour expression $v = \frac{D}{S}$ avec $S = \pi \cdot r^2$ et $r = \frac{d}{2}$.

D'où $v = 8,3 \times 10^{-5} / \pi \times (0,9 \times 10^{-2})^2 = 0,33 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

3. Par définition du débit $D = \Delta p / R$, la résistance vasculaire est :

$$R = \Delta p / D = \frac{10}{8,3 \times 10^{-5}} = 1,2 \times 10^5 \text{ Pa} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-3}.$$

12. Écoulement du sang

1. L'écoulement du sang est laminaire quand la veine n'est comprimée.

2. L'écoulement du sang est turbulent quand la veine est partiellement comprimée.

3. Dans une artère partiellement obstruée par une plaque d'athérome le régime d'écoulement du sang est turbulent.

13. Régime de l'écoulement du sang pendant l'effort

1. a. En une minute le volume de sang envoyé par le cœur est

$$V = 70 \times 73 = 5\,110 \text{ cm}^3.$$

D'où le débit cardiaque est :

$$D = V / \Delta t = 5\,110 \times 10^{-6} / 60 = 8,5 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}.$$

b. Par définition du débit $D = v \cdot S$, la vitesse a pour expression

$$v = \frac{D}{S} \text{ d'où } v = 8,5 \times 10^{-5} / 3 \times 10^{-4} = 0,28 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}.$$

c. Le régime de l'écoulement du sang est laminaire.

2. a. Pendant un effort physique, la fréquence cardiaque augmente.

b. Le débit cardiaque augmente parce que le nombre de pulsations et le volume de sang par pulsation augmentent.

c. Dans ces conditions le régime d'écoulement du sang est turbulent.

14. Perfusion artérielle

1. L'expression littérale de la tension artérielle est $T = p_s - p_a$.

2. Le liquide sera injecté dans la veine à condition que $p_B > p_s$.

3. L'injection est suffisamment lente pour appliquer la loi fondamentale de la statique des fluides :

$$p_A - p_B = \rho \cdot g \cdot h,$$

$$\text{d'où } p_B = p_A + \rho \cdot g \cdot h = p_a + \rho \cdot g \cdot h = p_s = p_a + T.$$

Il vient $\rho \cdot g \cdot h = T$, donc

$$h = T / \rho \cdot g = 13,3 \times 10^3 / 1,0 \times 10^3 \times 10 = 1,33 \text{ m}.$$

4. le débit volumique de cette perfusion est :

$$D = V / t = 1,0 \times 10^{-3} / 4 \times 3\,600 = 6,9 \times 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}.$$

5. Par définition du débit $D = v \cdot S$, la vitesse a pour expression

$$v = \frac{D}{S}, \text{ d'où } v = 6,9 \times 10^{-8} / 1,0 \times 10^{-6} = 6,9 \times 10^{-2} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}.$$

15. Résistance vasculaire

1. En une minute le volume de sang envoyé par le cœur est $V = 70 \times 75 = 5\,250 \text{ cm}^3$. D'où le débit cardiaque est :

$$D = V / \Delta t = 5\,250 \times 10^{-6} / 60 = 8,75 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}.$$

2. Par définition du débit $D = v \cdot S$, la vitesse moyenne a pour expression $v = \frac{D}{S}$ avec $S = \pi \cdot r^2$. D'où :

$$v = 8,75 \times 10^{-5} / \pi \times (1,2 \times 10^{-2})^2 = 0,19 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}.$$

3. La résistance vasculaire de l'aorte est :

$$r = \Delta p / D = 10 / 8,75 \times 10^{-5} = 1,14 \times 10^5 \text{ Pa} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-3}.$$

4. Le rayon de l'artériole est $12/0,12 = 100$ fois plus petit, donc la résistance vasculaire de l'artériole sera $(100)^4$ plus grande. Soit $1,14 \times 10^{13} \text{ Pa} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-3}$.

5. La résistance vasculaire est la plus grande dans un capillaire, le rayon étant le plus faible.

6. Le débit sanguin et la vitesse du sang seront les plus grands dans l'aorte.

16. Adaptation de l'organisme à l'altitude

1. a. En altitude l'air se raréfie, la quantité de dioxygène respiré diminue ; l'augmentation de la respiration permet à l'organisme d'essayer de maintenir la même quantité de dioxygène.

b. Le dioxygène dissous dans le sang est transporté par les globules rouges vers les organes. En altitude, le volume de dioxygène diminue. Pour assurer les mêmes fonctions, les organes ont besoin de la même quantité de dioxygène. Pour assurer ces besoins, l'organisme fabrique des globules rouges pour augmenter la quantité de dioxygène transporté.

2. a. En une minute le volume de sang envoyé par le cœur est $V = 65 \times 75 = 4\,875 \text{ cm}^3$. D'où le débit cardiaque est :

$$D = V / \Delta t = 4\,875 \times 10^{-6} / 60 = 8,125 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}.$$

b. $V = 90 \times 75 = 6\,750 \text{ cm}^3$. D'où le débit cardiaque est :

$$D = V / \Delta t = 6\,750 \times 10^{-6} / 60 = 1,12 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}.$$

3. a. Par définition, le débit $D = v \cdot S$, où v est la vitesse de l'écoulement et S l'aire de la section de la conduite.

b. Si la section des vaisseaux ne varie pas, et comme le débit augmente avec l'effort, la vitesse du sang après l'ascension est plus grande qu'au pied de la montagne.

4. Les habitants de Potosi vivent en altitude où l'air se raréfie et la quantité de dioxygène diminue. Pour assurer leurs fonctions, les organes ont besoin de dioxygène transporté par les globules rouges. Pour satisfaire ces besoins, l'organisme fabrique des globules rouges et la composition sanguine des habitants en globules rouges est plus grande que la normale.

4 Quelles sont les applications médicales des ondes électromagnétiques ?

MATÉRIEL NÉCESSAIRE POUR LES ACTIVITÉS

Activité 2

Générateur basse fréquence, oscilloscope, deux fils suspendus verticalement à une potence.

Activité 3

Électroscope, plaque de zinc, bâton de matière plastique et fourrure, baguette de verre, ruban de magnésium, pinces.

RÉPONSES AUX QUESTIONS DES ACTIVITÉS

■ Activité 1

1. Domaines de longueur d'onde des appareils :

- Four à micro-ondes : $\lambda = 1,22 \times 10^{-1} \text{ m}$.
- Plaque à induction : $6 \times 10^3 \text{ m} \leq \lambda \leq 1,5 \times 10^4 \text{ m}$.
- Téléphone sans fil : $\lambda = 1,58 \times 10^{-1} \text{ m}$.
- Lumière du jour : $4 \times 10^{-7} \text{ m} \leq \lambda \leq 8 \times 10^{-7} \text{ m}$.
- Rayonnement thermique : $\lambda = 1,0 \times 10^{-5} \text{ m}$.
- Transmission WIFI : $\lambda = 1,25 \times 10^{-1} \text{ m}$.
- Ondes hertziennes : $\lambda = 6,0 \times 10^{-1} \text{ m}$.
- Ordinateur liaison WIFI : $\lambda = 1,25 \times 10^{-1} \text{ m}$.
- Liaison Bluetooth : $\lambda = 1,25 \times 10^{-1} \text{ m}$.
- Souris avec liaison Bluetooth : $\lambda = 1,25 \times 10^{-1} \text{ m}$.
- Téléphone mobile en liaison Bluetooth avec l'ordinateur : $\lambda = 1,25 \times 10^{-1} \text{ m}$.
- Manette de jeu vidéo : $\lambda = 1,25 \times 10^{-1} \text{ m}$.

2. Ordre croissant de longueur d'onde

Lumière du jour ; rayonnement thermique ; four à micro-ondes ; {manette de jeu vidéo, téléphone mobile, souris avec liaison bluetooth, liaison Bluetooth avec l'ordinateur, transmission WIFI} ; téléphone sans fil ; ondes hertziennes ; plaque à induction.

3. Domaine de fonctionnement

- Domaine visible : lumière du jour.
- Domaine des IR : rayonnement thermique.
- Domaine des micro-ondes : four à micro-ondes, communication WIFI, ondes hertziennes, liaison Bluetooth.

■ Activité 2

1. Le fil sortant du GBF fait office d'antenne émettrice alors que le fil relié à l'oscilloscope fait office d'antenne réceptrice.

$$2. \lambda = \frac{c}{\nu}$$

$$\lambda = \frac{3,0 \times 10^8}{200 \times 10^3} = 1,5 \times 10^3 \text{ m}.$$

3. Cette onde appartient au domaine des ondes hertziennes.

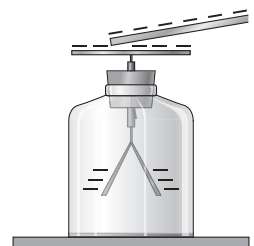
4. Le signal reçu a une période $T = 5 \mu\text{s}$ soit une fréquence $f = 2 \times 10^5 \text{ Hz}$ qui est donc la même que la fréquence de l'onde émise par le GBF.

5. Le signal reçu a la même forme et la même fréquence que le signal émis.

■ Activité 3

1. Des charges électriques de même signe se repoussent ; en chargeant l'électroscope, on charge les deux lames avec des charges électriques de même signe, elles vont donc s'écarter.

2. Figure ci-contre.



3. La lumière visible ne permet pas de décharger l'électroscope.
4. Les rayons UV parviennent à expulser les charges négatives (électrons) de l'électroscope.
5. $\lambda_{\text{visible}} > \lambda_{\text{UV}}$ · L'énergie transportée par une onde UV est plus importante que celle transportée par une onde visible.

■ Activité 4

1. Le domaine de longueur d'onde des rayons X est : 1 pm–10 nm.
2. L'énergie d'un photon X est bien plus importante que celle d'un photon UV puisque la longueur d'onde des rayons X est plus petite que celle des rayons UV.
3. Les rayons X transportent une grande énergie susceptible d'arracher des électrons à la matière.
4. Une exposition prolongée aux rayons X peut provoquer des cancers, des brûlures de la peau, ...
5. Les objets sont composés d'éléments chimiques de numéros atomiques supérieurs à ceux contenus dans les chairs (C, H, O, N). L'absorption des rayons X étant d'autant plus grande que le numéro atomique est élevé : les objets absorbent mieux les rayons X que les chairs.

■ Activité 5

1. Les radiations qui encadrent le domaine visible sont les infrarouges (du côté des grandes longueurs d'onde) et les rayons UV (du côté des faibles longueurs d'onde).
2. Les UV B sont plus énergétiques que les UV A. Les UV B ont des longueurs d'onde plus faibles.
3. Bienfaits des UV :
 - lutte contre le rachitisme ;
 - formation de vitamine D ;
 - formation de mélanine (bronzage).

Les UV peuvent être dangereux en cas d'exposition prolongée en entraînant des lésions cutanées.

4. Pour éviter les risques des maladies cutanées, il faut :
 - éviter les expositions au soleil aux heures les plus chaudes de la journée ;
 - se vêtir, porter des lunettes de soleil ;
 - utiliser une crème de protection.

■ Activité 6

1. La radiothérapie utilise des rayons de 15 keV. D'après la formule $E = \frac{h \cdot c}{\lambda}$, on en déduit

$$\lambda = \frac{h \cdot c}{E} \quad \text{et} \quad \lambda = \frac{6,62 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{15 \times 10^3 \times 1,6 \times 10^{-19}},$$

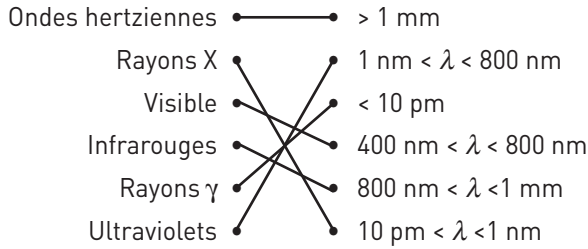
$$\lambda = 8,3 \times 10^{-11} \text{ m} = 83 \text{ pm}.$$

2. Les cellules cancéreuses ont une moins bonne faculté de régénération que les cellules non cancéreuses ; les rayons gamma utilisés vont modifier le patrimoine génétique des cellules visées et les conduire ainsi à la mort.
3. La mesure retenue a été le calcul de l'intensité d'irradiation reçue par chaque patient.
4. Les caractéristiques des ondes électromagnétiques sont leur fréquence, leur période et leur longueur d'onde. Les ondes électromagnétiques ont une double nature : ondulatoire et corpusculaire. Les corpuscules associés aux ondes électromagnétiques sont des photons dont l'énergie dépend de la fréquence ou de la longueur d'onde. Les ondes électromagnétiques ne sont pas sans danger pour l'organisme, plus leur longueur d'onde est faible, plus leur énergie est élevée et plus les rayonnements sont pénétrants et ionisants.

CORRECTION DES EXERCICES

Tester ses connaissances

1. Les différents domaines d'ondes électromagnétiques



Énergie transportée par les photons

$$E(\text{Hz}) < 2,0 \times 10^{-22} \text{ J} ;$$

$$2,0 \times 10^{-22} \text{ J} < E(\text{IR}) < 2,5 \times 10^{-19} \text{ J} ;$$

$$2,5 \times 10^{-19} \text{ J} < E(\text{visible}) < 5,0 \times 10^{-19} \text{ J} ;$$

$$5,0 \times 10^{-19} \text{ J} < E(\text{UV}) < 2,0 \times 10^{-16} \text{ J} ;$$

$$2,0 \times 10^{-16} \text{ J} < E(\text{X}) < 2,0 \times 10^{-14} \text{ J} ;$$

$$E(\text{gamma}) > 2,0 \times 10^{-14} \text{ J}.$$

2. Énergie et rayonnement

$$1. E = \frac{h \cdot c}{\lambda} ; E_1 = 3,6 \times 10^{-19} \text{ J}.$$

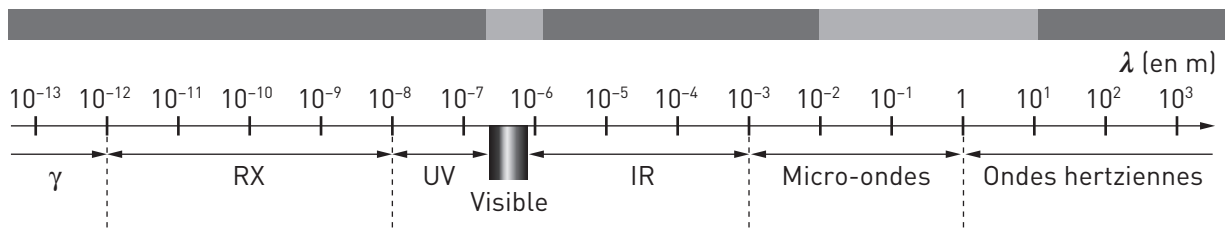
$$2. E = h \cdot \nu ; E_2 = 8,6 \times 10^{-18} \text{ J}.$$

3. Le rayonnement 1 appartient au domaine visible, le rayonnement 2 au rayonnement UV.

4. Plus la longueur d'onde du rayonnement est petite, plus la fréquence est **grande** et plus son énergie est **grande**.

3. Attention au soleil

1.



(En , les domaines d'ondes électromagnétiques pour lesquels l'atmosphère est opaque, en les domaines pour lesquels elle est transparente).

2. Une partie des ondes ultraviolettes parviennent jusqu'à nous et présente un danger pour la peau.

3. Le « coup de soleil ».

4. Il faut :

- limiter le temps d'exposition et éviter de s'exposer aux heures où le soleil est le plus haut dans le ciel ;
- user d'écrans de protection (crème solaire, vêtements, ...).

4. Les rayons X

$$1. 6 \times 10^{-12} \text{ m} < \lambda_X < 1,25 \times 10^{-8} \text{ m}.$$

2. Le rayonnement X est un rayonnement très énergétique et pénétrant, il est également ionisant et présente des dangers certains pour l'organisme.

3. Radiographie, scanner.

4. Il faut limiter le temps d'exposition, s'éloigner autant que possible de la source de rayons X et recourir à des écrans de protection (contenant du plomb).

Utiliser ses connaissances

5. Radio FM

$$1. 2,77 \text{ m} < \lambda_{\text{FM}} < 3,43 \text{ m}.$$

2. Domaine des ondes hertziennes.

6. De l'orage dans l'air

1. Vision de l'éclair : ondes visibles.

Bruit du tonnerre : ondes sonores.

2. Les deux ondes ne se propagent pas à la même vitesse.

$$3. \text{a. } t_1 = \frac{d}{c} = 1,1 \times 10^{-5} \text{ s}.$$

$$\text{b. } t_2 = \frac{d}{v} = 10 \text{ s}.$$

$$\text{c. } \frac{t_2}{t_1} = 9,1 \times 10^5. t_1 \text{ est négligeable par rapport à } t_2.$$

d. Dix secondes séparent l'éclair du tonnerre. En faisant l'opération préconisée, on trouve $\frac{10}{3} = 3,3333... \text{ ce qui est quasiment } 3,4 \text{ km, c'est-à-dire la distance du point d'impact de la foudre. L'affirmation est vérifiée ici.}$

7. Effet photoélectrique

$$1. E_0 = 3,3 \times 1,6 \times 10^{-19} = 5,3 \times 10^{-19} \text{ J}.$$

2. Un photon doit transporter une énergie minimale E_0 .

$$3. \lambda = \frac{h \cdot c}{E} = 3,7 \times 10^{-7} \text{ m} = 370 \text{ nm}.$$

4. Domaine des UV.

5. Non, la lumière visible ne peut permettre d'arracher des électrons, on utilise une lampe UV car les photons émis sont plus énergétiques et vont posséder une énergie supérieure à E_0 .

6. L'électroscope se décharge.

8. Stérilisation de l'eau

1. Si un photon transporte une énergie supérieure à l'énergie minimale nécessaire pour expulser un électron d'un atome ou d'une molécule alors il permet ainsi d'ioniser la matière.

$$2. E = \frac{h \cdot c}{\lambda} = \frac{6,62 \times 10^{-34} \times 3,0 \times 10^8}{274 \times 10^{-9}} = 7,2 \times 10^{-19} \text{ J}.$$

$$3. E = \frac{7,2 \times 10^{-19}}{1,6 \times 10^{-19}} = 4,5 \text{ eV}.$$

Physique et santé

9. Radiothérapie

$$1. \lambda = \frac{c}{\nu} = 8,1 \times 10^{-11} \text{ m}.$$

2. Rayons X « durs ».

10. Les dangers des rayons X

1. Tube de Crookes ou de Coolidge.
2. Brûlures, nausées, problèmes oculaires.
3. a. $E = e \cdot U = 1,6 \times 10^{-19} \times 90\,000 = 1,44 \times 10^{-14} \text{ J}$.
- b. $\lambda = \frac{h \cdot c}{E} = 1,4 \times 10^{-11} \text{ m}$.

11. Laser chirurgical

1. $t = 400 \text{ fs} = 4 \times 10^{-13} \text{ s}$.
2. Puissance délivrée : $P = \frac{E}{t} = 1,5 \times 10^7 \text{ W}$.
3. Une longueur d'onde de 1064 nm correspond au domaine IR.
4. $E = \frac{h \cdot c}{\lambda} = 1,9 \times 10^{-19} \text{ J}$.
5. $N = \frac{6 \times 10^{-6}}{1,9 \times 10^{-19}} = 3,2 \times 10^{13} \text{ photons}$.

12. Téléphone portable

1. $\lambda = \frac{c}{\nu} = 0,125 \text{ m}$.
2. $E = h \cdot \nu = 1,6 \times 10^{-24} \text{ J}$.
3. $E = \frac{1,6 \times 10^{-24}}{1,6 \times 10^{-19}} = 1 \times 10^{-6} \text{ eV}$.
4. $E_{1^\circ\text{C}} = 20 \times 4,18 = 83,6 \text{ J}$.
5. $E = P \cdot \Delta t$, donc
$$\Delta t = \frac{E}{P} = \frac{83,6}{0,901 \times 0,02} = 4639 \text{ s} = 1 \text{ h } 17 \text{ min } 19 \text{ s}.$$

13. Radiographie

1. $E = h \cdot \nu = 3,31 \times 10^{-16} \text{ J}$.
2. $\lambda = \frac{c}{\nu} = 6,00 \times 10^{-10} \text{ m}$.
3. Cette radiation n'appartient pas au domaine du visible mais à celui des rayons X.

4. a. Les os absorbent mieux les rayons X que les chairs, car ils sont composés d'éléments chimiques ayant un numéro atomique supérieur à ceux qui constituent les chairs. L'absorption des rayons X est d'autant plus grande que le numéro atomique des éléments est grand.

b. Autre facteur qui influe sur l'absorption : l'épaisseur du matériau.

- c. Pour se protéger du rayonnement X, il faut :
- s'éloigner de la source ;
 - limiter le temps d'exposition ;
 - user d'écrans de protection contenant du plomb.

14. Thermographie du corps humain

1. a. $\lambda = \frac{c}{\nu}$.
- b. $\lambda = 9,4 \times 10^{-6} \text{ m}$.
- c. $400 \text{ nm} < \lambda_{\text{visible}} < 800 \text{ nm}$.
2. a. $E = h \cdot \nu$.
- b. $E = 2,1 \times 10^{-20} \text{ J}$.
- c. $E = 0,13 \text{ eV}$.

15. Stérilisation du matériel médical

1. $\nu = \frac{c}{\lambda} = 1,2 \times 10^{15} \text{ Hz}$.
2. $E = h \cdot \nu = 7,9 \times 10^{-19} \text{ J}$.
3. $\lambda_{\text{UV}} < \lambda_{\text{visible}}$ comme $E = h \cdot \frac{c}{\lambda}$ alors $E_{\text{UV}} > E_{\text{visible}}$

16. Chez le dentiste

1. $\lambda = \frac{c}{\nu} = 0,12 \text{ m}$.
2. a. $\nu = \frac{c}{\lambda} = 1,2 \times 10^{15} \text{ Hz}$.
- b. $3 \times 10^{16} \text{ Hz} < \nu_X < 6 \times 10^{19} \text{ Hz}$ soit $0,03 \text{ EHz} < \nu_X < 60 \text{ EHz}$.
- c. 365 nm correspond à une radiation UV.

5 Comment soigner avec la radioactivité ?

MATÉRIEL NÉCESSAIRE POUR LES ACTIVITÉS

Activité 2

Un canon à électrons et ses alimentations, un aimant droit.

Activité 3

Un compteur de radioactivité Geiger Muller.

Activité 4

Un dosimètre de radioactivité.

Activité 5

Le matériel proposé est celui commercialisé par Jeulin.

Une source contenant des noyaux radioactifs de faible activité produit du radon 220 et du radon 222.

L'étude porte sur la décroissance du radon 220. La demi-vie du radon 220 est courte par rapport à la durée du TP. Celles du radon 222 et des descendants du radon 220 sont longues.

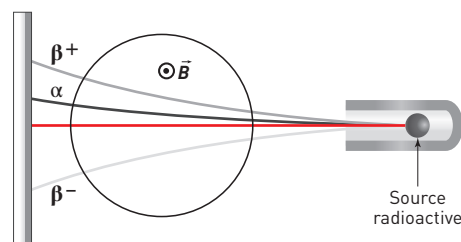
RÉPONSES AUX QUESTIONS DES ACTIVITÉS

■ Activité 1

1. Les plaques photographiques, placées dans l'obscurité, n'ont pas pu être impressionnées par la lumière solaire ; seuls les sels d'uranium pouvaient en être la cause.
2. C'est le noyau de l'atome qui constitue la cible sur laquelle peuvent rebondir les noyaux d'hélium.
3. Le noyau de l'atome est bien plus petit (2 000 fois en diamètre) que celui de l'atome. En arrivant sur la fine feuille d'or les particules alpha ont peu de chance de toucher le noyau et d'être rejetées en arrière. La très grande majorité des particules alpha traverse la feuille d'or.

■ Activité 2

1. La modification de la trajectoire est due à une force qui s'applique sur les électrons. Celle-ci est due au champ magnétique que traverse le faisceau d'électrons.
2. Le sens de la force qui s'applique sur l'électron est inversé lorsque l'on retourne l'aimant. La trajectoire est alors symétrique de la précédente.
3. Le rayonnement qui n'est pas dévié par le champ magnétique ne peut pas correspondre à une particule chargée, puisque celle-ci serait déviée. Le rayonnement qui correspond à une onde électromagnétique, donc des photons, est celui dont la trajectoire (en rouge) est rectiligne depuis la source.
4. L'électron et le positon ont la même masse et des charges électriques opposées. Leurs trajectoires sont donc symétriques sur le schéma. Le positon et le noyau d'hélium ont tous les deux une charge positive et sont donc déviés du même côté (vers le haut). On en déduit le résultat du schéma ci-contre. La radioactivité est une émission de rayonnements constitués de particules (α , β^+ , β^-) et de photons gamma.



■ Activité 3

Résultats d'une série de 20 mesures :

N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Comptage	6	11	7	9	5	3	10	3	10	7	10	12	12	8	10	12	10	7	6	10

1. Les résultats des mesures n'obéissent à aucun ordre apparent, il est aléatoire. Il n'est pas possible de prévoir la valeur à venir du nombre de désintégrations donné par le compteur Geiger Muller.
2. On trouve pour cette série :

$$n_{\text{moyen}} = \frac{\sum n_i}{20} = 8,4 \text{ désintégrations en 10 secondes.}$$

■ Activité 4

1. Résultat d'une mesure effectuée dans une salle de cours, sur une durée de quelques minutes, le temps que la valeur affichée se stabilise: Dose = $0,11 \mu\text{S} \cdot \text{h}^{-1}$.

Pour la salle de classe la dose annuelle de radioactivité est :

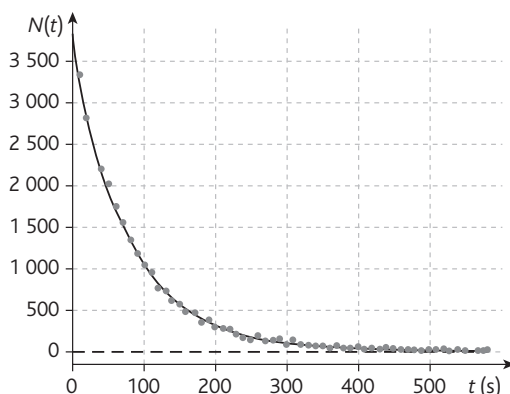
$$\text{Dose} = 0,11 \times 365 \times 24 = 0,96 \text{ mS} \cdot \text{an}^{-1},$$

donc de l'ordre de $1 \text{ mS} \cdot \text{an}^{-1}$.

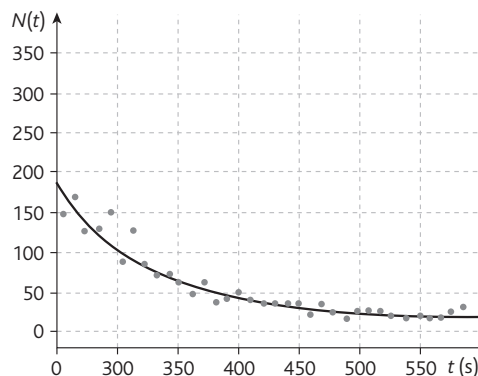
2. Elle est très inférieure (environ 50 fois) à la dose indiquée comme critique : $50 \text{ mS} \cdot \text{an}^{-1}$.

■ Activité 5

Les résultats ci-dessous correspondent à un comptage des désintégrations toutes les 10 secondes :



Détail de la fin de la courbe :



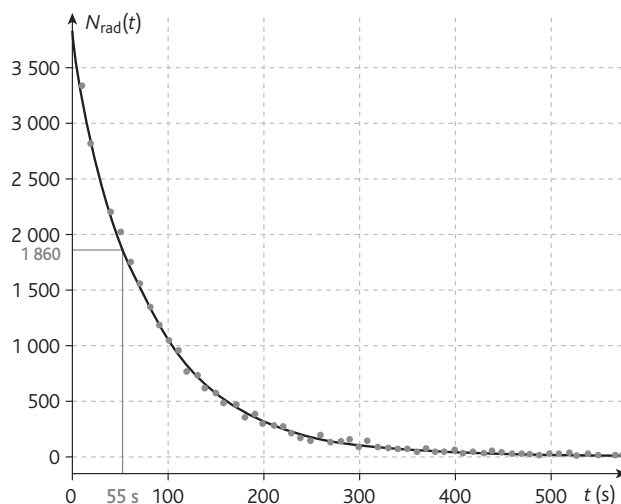
1. La radioactivité d'une source radioactive décroît avec le temps selon une courbe dont l'allure est celle d'une d'exponentielle décroissante.

2. N_{final} est de l'ordre de 25.

On a donc : $N_{\text{rad}}(t) = N(t) - 25$.

Voir figure ci-contre.

3. $N_{\text{rad}}(0) = 3\,720$, et $N_{\text{rad}}(0)/2 = 1\,860$ est obtenu pour $t_{1/2} \approx 55 \text{ s}$, durée qui correspond à la période radioactive du radon 220.



■ Activité 6

1. La scintigraphie est une technique d'imagerie médicale qui permet au médecin d'effectuer des diagnostics (fonctionnement d'organes, présence de tumeurs cancéreuses...).

2. Le traceur radioactif administré au patient se fixe au niveau des organes et émet les rayonnements gamma.

3. La période doit être assez longue pour laisser le temps de pratiquer l'examen médical après le délai nécessaire pour la fixation du traceur, soit quelques heures. Par contre pour éviter tout danger d'irradiation du corps il est nécessaire que l'activité de l'échantillon s'atténue vite. Ainsi la période des traceurs radioactifs est de l'ordre de quelques heures à quelques jours.

■ Activité 7

1. Les déchets de la catégorie C à vie longue sont les plus dangereux ; ils doivent être confinés pendant au moins un million d'années.

2. On craint essentiellement la pollution des nappes phréatiques.

CORRECTION DES EXERCICES

Tester ses compétences

1. Composition et identification de nucléides

1. Tableau renseigné

Colonne 1 :

- La notation symbolique $^{206}_{81}\text{Tl}$ nous indique le nombre de protons (nombre du bas), $Z = 81$, et le nombre de nucléons (nombre du haut), $A = 206$, que contient ce noyau.
- Le nombre de neutrons se déduit de la relation : $A = Z + N$; soit :

$$N = A - Z = 206 - 81 = 125.$$

- L'élément 81 du tableau périodique est le thallium. Il s'agit donc du thallium 206.

Colonne 2 :

- On connaît le numéro atomique de l'élément : $Z = 81$. L'élément, déjà rencontré en première colonne, est donc le thallium (Tl).
- On connaît aussi le nombre de neutrons, $N = 128$. Le nombre de nucléons se déduit de la relation :

$$A = Z + N = 81 + 128 = 209.$$

- L'élément 81 du tableau périodique est le thallium. Il s'agit donc du thallium 209.
- La notation symbolique et le nom sont : $^{209}_{81}\text{Tl}$, thallium 209.

Colonne 3 :

- On connaît le nombre de nucléons, $A = 212$ et aussi le nombre de neutrons, $N = 128$. Le nombre de protons Z se déduit de la relation :

$$A = Z + N \text{ d'où } Z = 212 - 128 = 84.$$

- L'élément 84 du tableau périodique est le polonium (Po). La notation symbolique et le nom sont : $^{212}_{84}\text{Po}$, polonium 212.

Colonne 4 :

- On connaît le nombre de nucléons, $A = 208$ et aussi le nombre de protons $Z = 84$. Le nombre de neutrons, N , se déduit de la relation : $A = Z + N$ d'où $N = 208 - 84 = 124$.
- L'élément 84, déjà rencontré en colonne 4 est le polonium (Po). La notation symbolique et le nom sont :

$^{208}_{84}\text{Po}$, polonium 208.

	1	2
Nom du nucléide	Thallium 206	Thallium 209
Notation symbolique	$^{206}_{81}\text{Tl}$	$^{209}_{81}\text{Tl}$
A	206	209
N	125	128
Z	81	81

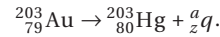
	3	4
Nom du nucléide	Polonium 212	Polonium 208
Notation symbolique	$^{212}_{84}\text{Po}$	$^{208}_{84}\text{Po}$
A	212	208
N	128	124
Z	84	84

2. Des isotopes ont le même nombre de protons et des nombres de neutrons (donc de nucléons) différents.

On trouve deux couples d'isotopes dans le tableau : $^{206}_{81}\text{Tl}$, $^{209}_{81}\text{Tl}$ et $^{212}_{84}\text{Po}$, $^{208}_{84}\text{Po}$.

2. Identifier la particule émise et le type de radioactivité d'un radionucléide

1. La désintégration de l'or 203 donne le noyau fils, le mercure 203, et une particule :



Les lois de conservation donnent :

- pour les charges : $79 = 80 + z$ soit $z = 79 - 80 = -1$;
 - pour les nucléons : $203 = 203 + a$ soit $a = 203 - 203 = 0$.
2. La particule est un électron, sa notation symbolique est : ${}^0_{-1}e^-$
3. Une désintégration qui émet des électrons correspond à une radioactivité β^- .

3. Compléter des équations de réactions nucléaires

1. $^{211}_{85}\text{As} \rightarrow ^{207}_{83}\text{Bi} + {}^4_2\text{He}$ (α) 2. $^{24}_{11}\text{Na} \rightarrow ^{24}_{12}\text{Mg} + {}^0_{-1}e^-$ (β^-)
3. $^{40}_{19}\text{K} \rightarrow ^{40}_{18}\text{Ar} + {}^0_{+1}e^+$ (β^+) 4. $^{210}_{84}\text{Po} \rightarrow ^{206}_{82}\text{Pb} + {}^4_2\text{He}$ (α)
5. $^{40}_{19}\text{K} \rightarrow ^{40}_{20}\text{Ca} + {}^0_{-1}e^-$ (β^-) 6. $^{30}_{15}\text{P} \rightarrow ^{30}_{14}\text{Si} + {}^0_{+1}e^+$ (β^+)

4. Déterminer et utiliser une période radioactive

1. L'activité d'un échantillon radioactif est, par définition, égale au nombre moyen de désintégrations par seconde. Son unité est le becquerel (Bq).

N est le nombre de désintégrations qui ont lieu pendant cinq secondes ; on a donc : $A(t) = \frac{N(t)}{5}$.

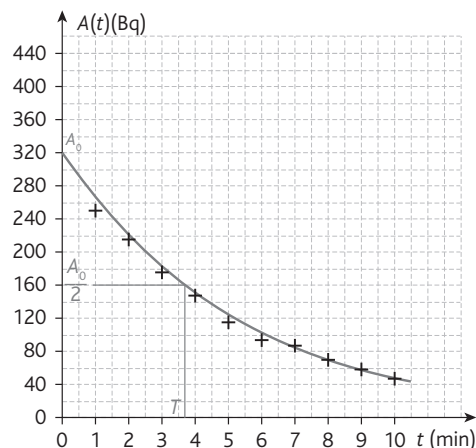
Ce qui donne, en arrondissant à l'unité :

Date t (min)	0	1	2	3	4	5	6
$N(t)$	1600	1257	1075	873	741	584	471
$A(t)$ (Bq)	320	251	215	175	148	117	94

Date t (min)	7	8	9	10	11	12	13
$N(t)$	428	355	296	235	195	155	132
$A(t)$ (Bq)	86	71	59	47	39	31	26

2. L'activité est portée en ordonnée en prenant pour échelle : 40 Bq pour 1 cm.

On obtient la courbe $A(t)$ ci-dessous.



La période est la durée au bout de laquelle l'activité d'un échantillon est divisée par deux. On note sur la courbe de $A(t)$ que l'activité initiale, A_0 , est divisée par deux pour $T \approx 3,75$ min environ.

3. Le nombre de périodes contenues dans 30 minutes est :

$$n' = \frac{30}{3,75} = 8.$$

L'activité de l'échantillon, 30 minutes après le début de l'expérience est alors huit fois divisée par 2, soit par $2^8 = 256$. D'où :

$$A(30 \text{ min}) = \frac{320}{256} = 1,25 \text{ Bq.}$$

5. Tomographie par émission de positons

1. Le glucose est particulièrement assimilé par les cellules cancéreuses dont le métabolisme est important. Le FDG semblable au glucose se retrouve donc au niveau de ces cellules, et l'atome de fluor radioactif, qui contient le FDG, permettra de les repérer par son émission β^+ .

2. Les positons sont les antiparticules de l'électron. Ils rencontrent, dès qu'ils sont émis, les électrons de la matière des tissus environnants et s'annihilent avec eux.

3. Les détecteurs sont indirectement sensibles aux positons par l'intermédiaire des photons provenant de leur annihilation.

4. Les cellules cérébrales lorsqu'elles sont activées consomment du glucose, ici du FDG, et sont donc repérables.

6. Le stockage des déchets radioactifs

1. Le plutonium 241 pourra être considéré comme inactif au bout de vingt fois sa période, soit une durée : $20 \times 14,4 = 288$ années.

2. Le césium 135 est un déchet à vie longue, il doit être stocké pendant 46 millions d'années pour perdre son activité radioactive. Il est donc impossible de réaliser des matériaux qui pourraient le confiner sur une telle durée sans être dégradés. C'est pour cela qu'il est envisagé d'enfouir ces déchets dans des couches géologiques profondes et stables.

3. Les conséquences biologiques d'une irradiation intensive sont : la leucémie, la stérilité, le cancer, la mort...

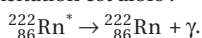
4. L'absorption des rayons gamma par la matière augmente avec le numéro atomique des éléments (Z). Le plomb est donc le métal le plus adapté.

Utiliser ses connaissances

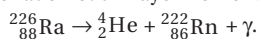
7. Désexcitation gamma

1. L'écriture du noyau dans un état excité utilise une astérisque : $^{222}_{86}\text{Rn}^*$.

L'équation de la désexcitation est alors :



2. Le noyau de radium se désintègre en donnant une particule α (^4_2He), un noyau de radon et un rayonnement gamma :



8. Longueurs d'onde des photons

1. On note sur le diagramme que les valeurs des écarts des niveaux d'énergie des états excités, qui correspondent aux émissions des photons γ_1 et γ_2 , sont respectivement :

$$E_2 = 1,33 \text{ MeV} \text{ et } E_1 = 2,5 - 1,33 = 1,17 \text{ MeV.}$$

2. Comme $1 \text{ MeV} = 10^6 \text{ eV}$ et que $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$, on a :

$$E_1 = 1,17 \times 10^6 \times 1,6 \times 10^{-19} = 1,87 \times 10^{-13} \text{ J ;}$$

et

$$E_2 = 1,33 \times 10^6 \times 1,6 \times 10^{-19} = 2,13 \times 10^{-13} \text{ J.}$$

3. La relation qui donne l'énergie d'un photon est : $E = h \cdot \nu$.

L'énergie s'exprime en joule (J), la fréquence de l'onde électromagnétique, ν , s'exprime en hertz (Hz) et la constante de Planck, h , en $\text{J} \cdot \text{s}$.

La fréquence ν de l'onde électromagnétique est liée à sa longueur d'onde λ par la relation $\lambda = \frac{c}{\nu}$; la longueur d'onde λ s'exprime en mètre et c , la vitesse de la lumière dans le vide en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

On en déduit que $\nu = \frac{c}{\lambda}$ et donc $E = h \cdot \frac{c}{\lambda}$.

4. De l'expression précédente on déduit que la longueur d'onde du photon émis se déduit de la relation : $\lambda = h \cdot \frac{c}{E}$.

Ainsi on a :

$$\lambda_1 = h \cdot \frac{c}{E_1} = 6,63 \times 10^{-34} \times \frac{3 \times 10^8}{1,87 \times 10^{-13}} \approx 1,06 \times 10^{-12} \text{ m ;}$$

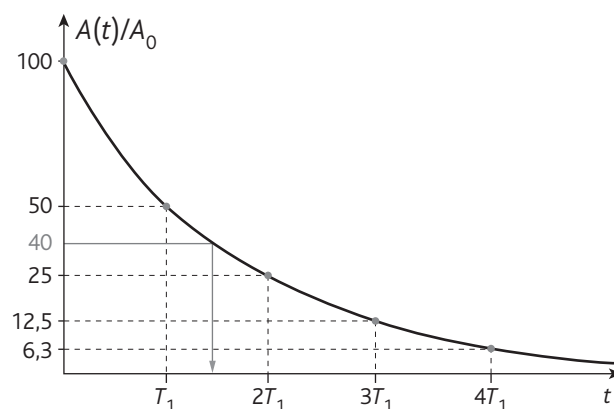
$$\lambda_2 = h \cdot \frac{c}{E_2} = 6,63 \times 10^{-34} \times \frac{3 \times 10^8}{2,13 \times 10^{-13}} \approx 9,34 \times 10^{-13} \text{ m.}$$

9. Datation des eaux souterraines

1. $^{36}_{17}\text{Cl} = ^0_{-1}\text{e}^- + ^{36}_{18}\text{X}$; l'argon est l'élément 18, donc X est : $^{36}_{18}\text{Ar}$.

2. Le chlore 36 se forme dans l'atmosphère et n'est pas en contact avec les eaux souterraines. La concentration en chlore 36 des eaux souterraines diminue alors par décroissance radioactive.

3.



4. L'âge de ces eaux souterraines est d'environ $1,5 T_1$, soit 450 000 ans.

5. La période du silicium 32 est trop courte pour cette étude, après 450 000 ans il serait totalement désintégré.

10. Stérilisation alimentaire

1. a. Les agents infectieux sont : les bactéries, les levures et les champignons, les virus et les prions.

b. L'élévation de température peut provoquer la dénaturation du goût des aliments (en particulier les épices) détruire les protéines et les vitamines.

$$2. E = m \cdot D = 10^3 \times 3,5 \times 10^3 = 3,5 \times 10^6 \text{ J.}$$

$$3. A = 10^6 \times 3,7 \times 10^{10} = 3,7 \times 10^{16} \text{ Bq.}$$

Physique et santé

11. La radiothérapie métabolique

1. Un nucléide est un ensemble de noyaux d'atomes qui possèdent le même nombre de protons et le même nombre de neutrons.

2. Le nombre Z correspond au nombre de protons du noyau de l'élément et A son nombre de nucléons,

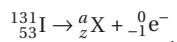
$$A = N + Z.$$

X est le symbole de l'élément qui est déterminé par Z .

3. Le noyau du phosphore 32 comporte 15 protons et un nombre de neutrons donné par la relation :

$$N = A - Z ; \text{ soit } N = 32 - 15 = 17.$$

- La particule β^- correspond à un électron dont la notation symbolique est : ${}_{-1}^0\text{e}^-$.
- Une réaction nucléaire respecte les lois de conservation des nucléons et des charges électriques.
- L'équation de désintégration nucléaire est :



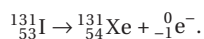
où X est le noyau fils de la désintégration.

Les lois de désintégration donnent :

$$131 = a + 0 ; \text{d'où } a = 131 ;$$

$$53 = Z - 1 ; \text{d'où } Z = 54.$$

Le noyau fils est donc l'élément Xe, et l'équation est :



12. La télé-radiothérapie

- On peut utiliser une source radioactive (cobalt), ou un accélérateur de particules.
- Le nombre de photons γ qui irradient l'organe au cours d'une séance se calcule en multipliant le temps (en seconde), par le nombre de photons absorbés par seconde, soit :

$$N = 10 \times 60 \times 1,4 \times 10^9 = 8,4 \times 10^{11}.$$

L'énergie, E , est obtenue en multipliant l'énergie d'un photon (J) par le nombre de photons absorbés :

$$E = 12 \times 10^6 \times 1,6 \times 10^{-19} \times 8,4 \times 10^{11} \approx 1,6 \text{ J}.$$

- En appliquant la définition de la dose absorbée on obtient :

$$D = \frac{E}{m} = \frac{1,6}{0,8} = 2 \text{ Gy}.$$

Le traitement nécessite 25 séances de 2 Gy pour obtenir 50 Gy. Au rythme de 5 séances par semaines le traitement durera 5 semaines.

- Pour protéger le personnel soignant, celui-ci ne doit pas être présent dans la salle de radiothérapie au moment de l'administration de la dose. De plus la salle doit être étanche aux radiations gamma. Pour cela on pose des plaques de plomb sur les murs et on utilise des vitres d'observation spéciales contenant également du plomb. On peut aussi contrôler à l'aide d'un dosimètre l'irradiation cumulée des personnels pour éviter tout risque de dépassement de la dose limite.

13. La curiethérapie

- L'activité totale est obtenue en additionnant les activités radioactives de chaque capsule et comme ces activités sont égales on a :

$$A_T(0) = 60 \times 16,5 = 990 \text{ MBq}.$$

- La période radioactive d'un nucléide est la durée, T , au bout de laquelle l'activité d'un échantillon est divisée par deux.
- Une année correspond à environ six périodes ($60 \times 6 = 360$). On en déduit que

$$A_T(1 \text{ an}) = A_T(0) / 2^6 = 990 / 2^6 \approx 7,7 \text{ MBq}.$$

- La relation de définition de la dose radioactive permet de calculer E :

$$E = m \cdot D.$$

L'énergie est exprimée en joule si la masse est en kilogramme, et la dose radioactive en grays.

$$E = 40 \times 10^{-3} \times 80 = 3,2 \text{ J}.$$

- Comme l'activité de l'iode 125 est divisée par deux au bout de deux mois environ, les capsules ne peuvent être commandées plusieurs mois à l'avance car la dose radioactive qu'elles délivreraient au moment de l'implantation serait moindre et il faudrait implanter davantage de capsules.

6 Quelles sont les applications médicales du champ magnétique ?

MATÉRIEL NÉCESSAIRE POUR LES ACTIVITÉS

Activité 1

- Aimant droit et pointes en acier.
- Expérience de l'aimant brisé.
- Bassine d'eau et planche de bois.
- Aiguilles aimantées sur pivot.

Activité 2

- Aiguille aimantée sur pivot.
- Aimant en U.
- Teslamètre.
- Générateur de tension continue réglable.
- Ampèremètre.
- Solénoïde.
- Fils de connexion.

Activité 3

- Aiguille aimantée sur pivot.
- Aimant en U.
- Plaque en verre.
- Limaille de fer.
- Générateur de tension continue réglable.
- Ampèremètre.
- Solénoïde monté sur plaque transparente.
- Fils de connexion.

Activité 4

- Teslamètre.
- Générateur de tension continue réglable.
- Ampèremètre.
- Solénoïde.
- Fils de connexion.

Activité 5

- Teslamètre.
- Générateur de tension continue réglable.
- Ampèremètre.
- Solénoïde permettant l'étude de l'influence de la longueur et du nombre de spires.
- Fils de connexion.
- Tige en fer.

RÉPONSES AUX QUESTIONS DES ACTIVITÉS

■ Activité 1

1. Un aimant a la propriété d'attirer un morceau de fer.
2. Dans l'expérience 2, l'aimant prend la direction sud-nord du champ magnétique terrestre.
3. Les noms donnés aux pôles des aimants sont : pôle nord et pôle sud.
4. Il n'est pas possible d'isoler un seul pôle d'un aimant. Si on casse un aimant en deux on crée deux autres aimants.
5. Deux aimants voisins interagissent :
 - deux pôles de même nom (nord-nord ou sud-sud) se repoussent ;
 - deux pôles de noms contraires (sud-nord ou nord sud) s'attirent.

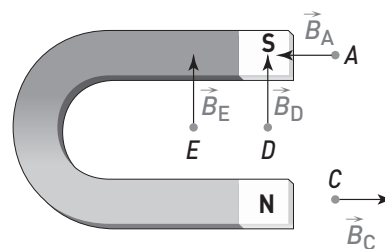
■ Activité 2

Expérience 1

1. En un point P de l'espace, les caractéristiques du champ magnétique $\vec{B}(P)$ sont :

- origine : le point P considéré ;
- direction : celle de l'aiguille aimantée ;
- sens : sens sud-nord de l'aiguille aimantée ;
- valeur : mesurée au teslamètre et s'exprime en tesla (T).

Ces caractéristiques s'appliquent en chaque point A , C , D et E .



2. Les champs magnétiques $\vec{B}(A)$ et $\vec{B}(C)$:

- ont même direction ;
- sont de sens contraire ;
- ont sensiblement la même valeur, $B(A) = B(C)$.

Ils sont différents $\vec{B}(A) \neq \vec{B}(C)$.

3. Les champs magnétiques $\vec{B}(D)$ et $\vec{B}(E)$ ont :

- même direction ;
- même sens ;
- même valeur, $B(D) = B(E)$.

Ces deux champs magnétiques sont égaux : $\vec{B}(D) = \vec{B}(E)$.

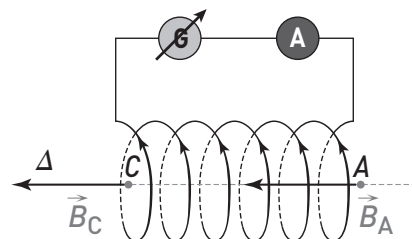
Expérience 2

4. Quand l'intensité du courant électrique est nulle, le solénoïde ne crée pas de champ magnétique.

5. Les caractéristiques du champ magnétique s'appliquent également pour le solénoïde.

(Voir figure ci-contre.)

6. Les valeurs du champ magnétique à l'intérieur du solénoïde sont égales. À l'intérieur du solénoïde, la valeur du champ magnétique est toujours la même quel que soit le point considéré.



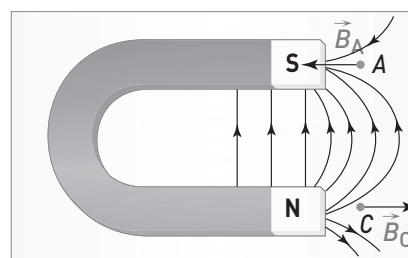
■ Activité 3

Expérience 1

1. Lignes de champ magnétique dans le cas d'un aimant en U (figure ci-contre) :

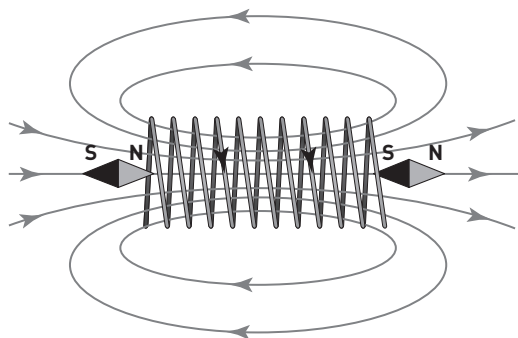
Les lignes de champ magnétique sortent par le pôle nord de l'aimant. Elles rentrent par le pôle sud.

2. Dans l'entrefer de l'aimant (entre les branches de l'aimant) les lignes de champ magnétique sont parallèles et orientées dans le même sens.



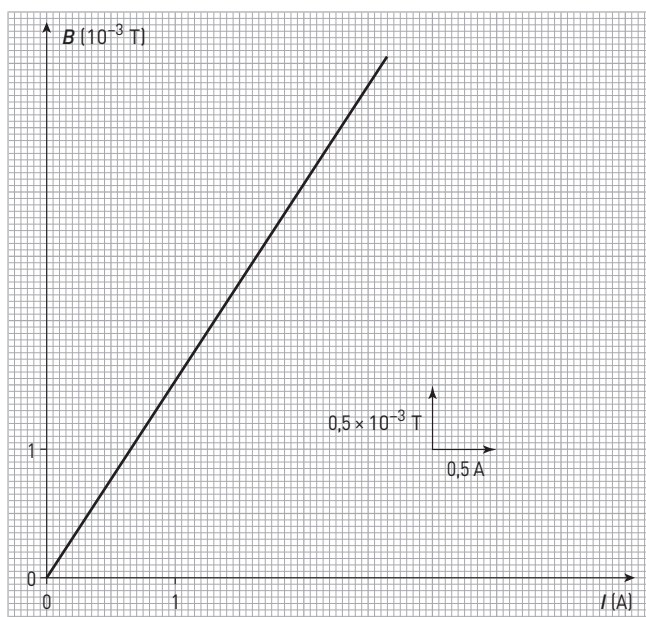
Expérience 2

3. Lignes de champ magnétique d'un solénoïde :



4. À l'intérieur du solénoïde, les lignes de champ magnétique sont parallèles et orientées dans le même sens.

■ Activité 4



1. Représentation graphique des variations de la valeur du champ magnétique B en fonction de l'intensité I du courant électrique qui le traverse : $B = f(I)$. (Voir ci-contre) Longueur du solénoïde : $L = 40$ cm, nombre de spires $N = 500$ spires.

2. La courbe $B = f(I)$ est une droite passant par l'origine : le champ magnétique B est proportionnel à l'intensité I du courant électrique qui traverse le solénoïde.

3. Le coefficient directeur a de la droite est :

$$a = \frac{3,2 \times 10^{-3}}{2,0} = 1,6 \times 10^{-3} \text{ T} \cdot \text{A}^{-1}.$$

4. Par analogie à l'expression $B = \mu_0 \cdot \frac{N \cdot I}{L}$, le coefficient directeur $a = \mu_0 \cdot \frac{N}{L}$.

$$\text{Donc : } \mu_0 \cdot \frac{N}{L} = 4 \cdot 10^{-7} \times \frac{500}{0,40} = 1,6 \times 10^{-3} \text{ T} \cdot \text{A}^{-1} = a.$$

L'expression est en accord avec les mesures.

■ Activité 5

1. La valeur B du champ magnétique créé par un solénoïde parcouru par un courant I dépend :

- de la position du point considéré P ;
- de la valeur de l'intensité I du courant électrique ;
- du nombre de spires du solénoïde ;
- de la longueur du solénoïde ;
- du matériau à l'intérieur du solénoïde.

Pour étudier l'influence de l'un des facteurs sur la valeur du champ magnétique, il faut le faire varier en maintenant les autres facteurs constants.

2. $B_1(P) = 2 \cdot B(P)$: la valeur est proportionnelle à celle de I .

$B_2(P) = 2 \cdot B(P)$: la valeur est proportionnelle au nombre de spires N .

$B_3(P) = \frac{1}{2} \cdot B(P)$: la valeur est inversement proportionnelle à la longueur L du solénoïde.

$B_4(P) > B(P)$: la valeur augmente avec l'introduction d'un morceau de fer à l'intérieur du solénoïde.

3. Pour augmenter la valeur du champ magnétique si on augmente le nombre de spires, on augmente également sa longueur. Or il faut une longueur faible pour obtenir un champ intense. Pour concilier les effets antagonistes de ces deux facteurs, on utilise des fils de rayon faible.

4. Pour produire un champ magnétique intense il faut un solénoïde de faible longueur, de grand nombre de spires, avec à l'intérieur une tige en fer et parcouru par une intensité élevée. Si la longueur du fil électrique augmente la résistance électrique augmente et la chaleur dégagée par effet Joule augmente. De plus un fil de faible rayon ne peut supporter des intensités élevées. Pour concilier tous ces effets antagonistes, on utilise des matériaux supraconducteurs dont la résistance électrique est nulle ou extrêmement faible.

■ Activité 6

1. Dans l'expression « résonance magnétique nucléaire », le mot « nucléaire » se rapporte au noyau de l'atome d'hydrogène.

2. L'IRM est une technique qui a l'avantage de ne pas utiliser des rayonnements ionisants.

3. Un champ magnétique est uniforme dans une région de l'espace si en tout point de cet espace le champ magnétique a la même direction, le même sens et la même valeur. Les lignes de champ sont parallèles et orientées dans le même sens.

4. L'IRM est contre-indiqué pour les patients munis de prothèses métalliques, de stimulateurs cardiaques...

5. Un champ magnétique intense permet d'orienter majoritairement les noyaux d'hydrogène (qui se comportent comme de petits aimants) dans le sens du champ. En appliquant puis en supprimant un rayonnement électromagnétique l'onde émise, traitée par informatique, reconstitue l'image de l'organe étudié.

CORRECTION DES EXERCICES

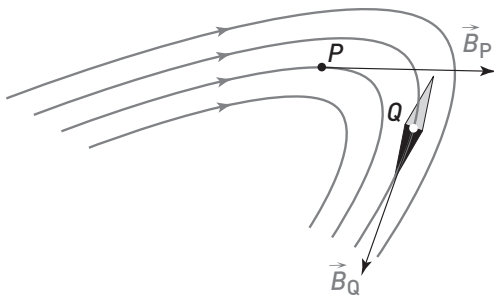
Tester ses compétences

1. Le champ magnétique

- Pour mettre en évidence le champ magnétique en un point P de l'espace, il faut placer une aiguille aimantée en ce point :
 - si l'équilibre est indifférent, il n'y a pas de champ magnétique ;
 - si après quelques oscillations, l'aiguille prend une position d'équilibre stable, un champ magnétique règne en P .
- Les caractéristiques vectorielles du champ magnétique en P , $\vec{B}(P)$ sont :
 - l'origine : le point P ;
 - la direction : celle de l'aiguille aimantée placée en P ;
 - le sens : axe sud-nord de l'aiguille aimantée ;
 - la valeur : $B(P)$.
- L'instrument de mesure du champ magnétique est le tesla-mètre.
- L'unité du champ magnétique est le tesla.

2. Lignes de champ d'un spectre magnétique

- Les caractéristiques du champ magnétique en P , $\vec{B}(P)$ sont :
 - l'origine : le point P ;
 - la direction : tangente à la ligne de champ en P ;
 - le sens : celui de l'orientation de la ligne de champ ;
 - la valeur : $B(P)$.
- Voir schéma.



- Un spectre magnétique peut être visualisé par la figure dessinée par de la limaille de fer.

3. Champ magnétique uniforme

- Un champ magnétique est uniforme dans une région de l'espace si en tout point de cet espace le champ magnétique a la même direction, le même sens et la même valeur.
- Les lignes de champ sont parallèles et orientées dans le même sens.
- Dans l'entrefer d'un aimant en U, à l'intérieur d'un solénoïde parcouru par un courant électrique règne un champ magnétique uniforme.

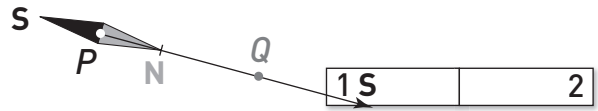
4. Champs magnétiques intenses

- L'ordre de grandeur d'un champ magnétique intense est de 1 T ou plus.
- L'imagerie par résonance magnétique, IRM, utilise un champ magnétique intense.
- L'utilisation de matériaux supraconducteurs pour créer des champs magnétiques intenses permet d'obtenir des intensités de courant électrique élevées et d'éviter un dégagement de chaleur par effet joule.

Utiliser ses connaissances

5. Champ créé par un aimant droit.

- Les caractéristiques vectorielles du champ magnétique en P , $\vec{B}(P)$ sont :
 - l'origine : le point P ;
 - la direction : celle de l'aiguille aimantée placée en P ;
 - le sens : axe sud-nord de l'aiguille aimantée ;
 - la valeur : $B(P) = 15 \text{ mT}$.
-

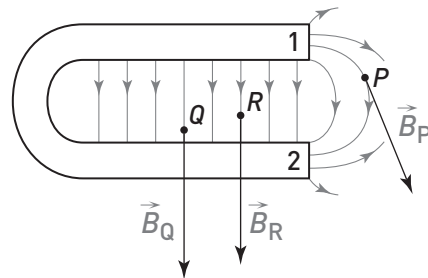


Représentation du champ magnétique $\vec{B}(P)$ (échelle : 1 cm représente $5 \times 10^{-3} \text{ T}$).

- Le pôle 1 de l'aimant droit est un pôle sud.
- La valeur du champ magnétique dépend du point considéré. Plus on est proche de l'aimant et plus la valeur du champ magnétique est grande.
- Le champ magnétique créé par un aimant droit n'est pas uniforme : la valeur du champ dépend du point considéré.

6. Spectre d'un aimant en U

1. Les caractéristiques du champ magnétique en P , $\vec{B}(P)$ sont :
 - l'origine : le point P ;
 - la direction : celle de l'aiguille aimantée placée en P ;
 - le sens : axe sud-nord de l'aiguille aimantée ;
 - la valeur : $B(P) = 5,0 \text{ mT}$.
-

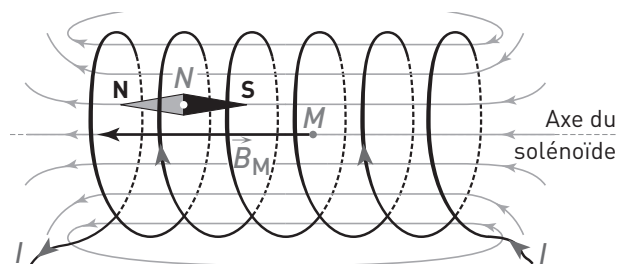


- Les champs magnétiques en Q , $\vec{B}(Q)$ et en R , $\vec{B}(R)$ ont même direction, même sens et même valeur : ils sont égaux : $\vec{B}(Q) = \vec{B}(R)$.
- Entre les branches de l'aimant en U, le champ magnétique est uniforme.
- Le pôle 1 de l'aimant est le pôle nord, 2 est le pôle sud.

7. Champ magnétique dans un solénoïde

- À l'intérieur du solénoïde, les lignes de champ sont parallèles et orientées dans le même sens, la valeur garde la même valeur quelque soit le point : le champ magnétique est uniforme.
- Les caractéristiques du champ magnétique en M , $\vec{B}(M)$ sont :
 - l'origine : le point M ;
 - la direction : tangente à la ligne de champ en M , cette ligne de champ ;
 - le sens : celui de l'orientation de la ligne de champ ;
 - la valeur : $B(P) = 3,0 \text{ mT}$.

3. Voir schéma.



3. Valeur du champ magnétique dans un solénoïde.

1. La valeur du champ magnétique B est proportionnelle à l'intensité I du courant électrique. Pour augmenter B , il faut augmenter I .
2. a. La valeur du champ magnétique B est proportionnelle au nombre de spires N . Pour augmenter B il faut augmenter N .
b. Si on augmente le nombre de spires, on augmente également la longueur L du solénoïde.
c. La valeur du champ magnétique B est inversement proportionnelle à la longueur L du solénoïde. Si on augmente L , on diminue la valeur de B .
d. Pour concilier ces deux variations de N et L antagonistes, il faut choisir un fil électrique de faible diamètre.

2. Champ magnétique terrestre

1. La ligne 1 représente une ligne de champ magnétique terrestre.
2. Le pôle bleu de l'aimant droit est le pôle sud et le rouge le pôle nord.
3. Une boussole indique la direction du nord magnétique (interaction magnétique) et non le pôle nord géographique (point de l'axe de rotation de la Terre sur elle-même) parce ces deux pôles ne sont pas confondus.
4. L'équateur magnétique n'est pas confondu avec l'équateur géographique parce que les deux axes magnétiques et géographique ne sont pas confondus.
5. a. Une boussole placée au point d'intersection de la courbe 1 avec la surface de la Terre s'orientera verticalement.
b. Une boussole placée au point d'intersection de la courbe 1 avec l'équateur magnétique s'orientera parallèlement à l'axe magnétique.

10. Étude du champ magnétique dans un solénoïde

1. L'unité du champ magnétique B est le tesla (T).
2. La courbe $B = f(I)$ est une droite passant par l'origine : la relation qui lie ces deux grandeurs est :
$$B = k \cdot I.$$
3. Pour produire un champ magnétique intense il faut augmenter l'intensité I du courant. On peut également augmenter le nombre de spires, diminuer la longueur du solénoïde et introduire un noyau de fer à l'intérieur.

11. Mesure d'un champ magnétique

1. En l'absence de courant électrique dans le solénoïde, l'aiguille aimantée s'oriente dans la direction du champ magnétique terrestre : direction perpendiculaire à l'axe du solénoïde.
2. La direction du champ magnétique $\vec{B}_c$ créé à l'intérieur du solénoïde parcouru par le courant électrique est parallèle à l'axe du solénoïde.

3. L'aiguille aimantée s'oriente dans la direction de la somme vectorielle des deux champs magnétiques. Ces deux champs magnétiques sont perpendiculaires. Comme l'angle de déviation est de 45° , les valeurs des deux champs magnétiques sont égales :

$$B_c = B_N = 2 \times 10^{-5} \text{ T.}$$

Physique et santé

12. Champ magnétique et IRM

1. Un champ magnétique est uniforme dans une région de l'espace si en tout point de cet espace le champ magnétique a la même direction, le même sens et la même valeur. Les lignes de champ sont parallèles et orientées dans le même sens.
2. L'utilisation d'un champ magnétique intense en IRM permet d'obtenir des images de bonne qualité.
3. Un champ magnétique $B_0 = 1,6 \text{ T}$ correspond à
 $\frac{1,6}{5,3 \times 10^{-5}} = 3 \times 10^4$ la valeur du champ magnétique terrestre.
4. La « perte » d'énergie liée au passage du courant électrique dans un conducteur est appelée l'effet Joule.
5. Pour créer ce champ magnétique intense l'utilisation d'un alliage supraconducteur présente l'avantage d'éviter les pertes par effet Joule. La résistance électrique très faible, permet d'obtenir des intensités de courant élevée sans dégagement de chaleur.

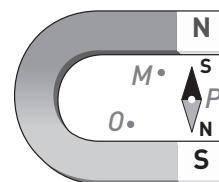
13. Avantages et inconvénients de l'IRM.

1. La formule chimique de l'eau est H_2O .
2. Les images des tissus formés d'eau ou de graisse sont de grande qualité parce qu'ils sont formés de molécules contenant des atomes d'hydrogène.
3. Les tissus osseux contiennent très peu d'atomes d'hydrogène, l'IRM ne sera pas adaptée pour des examens de ces tissus.
4. L'IRM ne nécessite pas d'injection de produit dans l'organisme, comme la scintigraphie. Les ondes électromagnétiques sont de faible énergie située dans les radiofréquences : elles sont sans danger pour les cellules contrairement aux ondes utilisées en radiographie.
5. L'IRM est contre-indiquée pour les patients munis de prothèses métalliques, de stimulateurs cardiaques, de défibrillateur cardiaque, de pompe à insuline...

14. La résonance magnétique nucléaire

1. a. Dans l'entrefer (ou entre les branches) d'un aimant en U, règne un champ magnétique uniforme. À l'intérieur d'un solénoïde parcouru par un courant électrique règne également un champ magnétique uniforme.
b. L'orientation d'une aiguille aimantée, SN, placée en P est :
c. Des aiguilles aimantées placées en M ou en O auront la même direction et le même sens que celle placée en P .
2. Un noyau d'atome d'hydrogène est composé d'un proton.
3. Placées dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}_0$, les aiguilles aimantées qui modélisent les noyaux des atomes d'hydrogène ont toutes la même direction : celle du champ magnétique uniforme $\vec{B}_0$.
4. La relation liant la fréquence et l'énergie est : $E_2 - E_1 = h \cdot \nu$.

$$\text{D'où } \nu = \frac{E_2 - E_1}{h} = \frac{2,8 \times 10^{-26}}{6,626 \times 10^{-34}} = 4,2 \times 10^7 \text{ Hz.}$$



7 Pourquoi la vitesse accroît-elle la gravité des accidents de la route ?

MATÉRIEL NÉCESSAIRE POUR LES ACTIVITÉS

Activité 3

Banc avec mobile autoporteur muni d'une plaque cartonnée. Sèche-cheveux.

Activité 5

- Table à enregistrement horizontale avec mobile autoporteur. Fil. Poulie. Masse marquée.
- Ordinateur avec logiciel tableur-grapheur.

RÉPONSES AUX QUESTIONS DES ACTIVITÉS

■ Activité 1

1. a. Pour 50 km/h, la distance parcourue en une seconde est : 13,9 m $\approx$ 14 m ; pour 90 km/h, elle est de 25 m et pour 130 km/h, elle est de 36,1 m $\approx$ 36 m.
b. Le temps de réaction est de 1 s.
2. Pour éviter un accident, il faut que le temps de réaction soit minimal, aussi faut-il être vigilant au volant, éviter les distractions et ne pas user de substances augmentant le temps de réaction.

■ Activité 2

1. Les deux grandeurs dont dépend l'énergie cinétique d'un véhicule sont sa masse et sa vitesse.
2. Lorsqu'un véhicule freine elle dissipe l'énergie cinétique...ainsi, la distance de freinage est proportionnelle à l'énergie cinétique à dissiper.

Pour les trois voitures, on calcule le rapport $\frac{\text{distance de freinage}}{\text{masse}}$ pour une vitesse donnée (130 km $\cdot$ h⁻¹) :

$$F1 : \frac{56}{640} = 0,09 ; \quad 207 : \frac{108}{1270} = 0,09 ; \quad V20 : \frac{142}{1665} = 0,09.$$

Pour vérifier on peut choisir différentes vitesses et vérifier que le rapport est constant.

3. L'énergie n'est pas proportionnelle à la vitesse, car les courbes de la distance de freinage en fonction de la vitesse ne sont pas des droites passant par l'origine du repère.
4. En traçant $d_f = f(v^2)$, on constate que l'on obtient des droites passant par l'origine du repère. d_f est donc proportionnelle à v^2 donc l'énergie cinétique est proportionnelle à v^2 .
5. La vitesse est un facteur aggravant car lorsque celle-ci est doublée, l'énergie cinétique du véhicule est quadruplée, l'énergie cinétique étant proportionnelle au carré de la vitesse.

■ Activité 3

Expérience 1

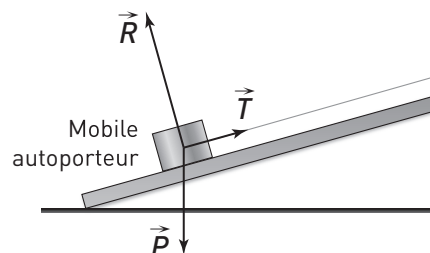
1. La poulie ne modifie que le sens et la direction d'une force, aussi, la valeur de la force $\vec{F}$ exercée par la masse m est égale au poids du mobile. Ainsi la masse m à accrocher est égale à la masse du mobile.
2. La poulie ne modifie que le sens et la direction d'une force ; donc la valeur de la force de traction $\vec{T}$ est égale au poids de la masse m' . Donc $T = m' \cdot g$.
3. Trois forces s'exercent sur le mobile : son poids $\vec{P}$, la réaction du support $\vec{R}$ et la force de traction $\vec{T}$.
(Voir ci-contre.)

4. Le mouvement s'effectuant très lentement, on peut considérer l'égalité vectorielle suivante :

$$\vec{P} + \vec{R} + \vec{T} = \vec{0}.$$

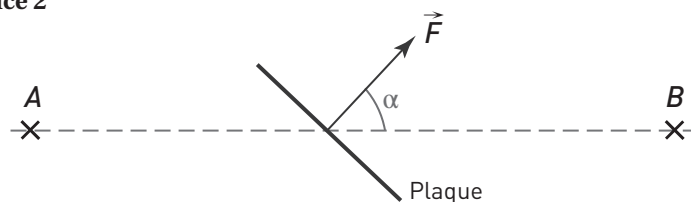
Les trois forces n'ont pas la même direction, ceci implique que $T < P$.

5. L'avantage du plan incliné est que pour élever une même masse d'une hauteur h , la force à appliquer est bien plus faible que pour le cas a.



Expérience 2

1.

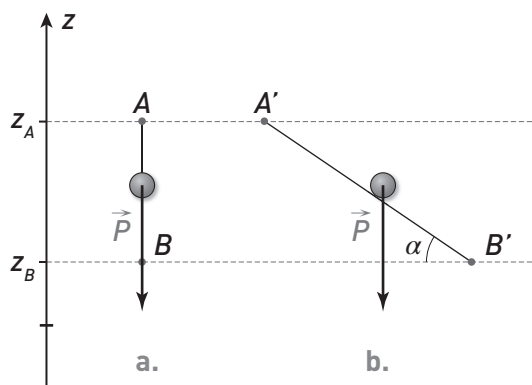


2. La position la plus « efficace » est lorsque la plaque est perpendiculaire à la direction AB soit $\alpha = 0^\circ$.

3. Le cavalier est immobile lorsque $\alpha = 90^\circ$.

■ Activité 4

1.



2. L'angle $\alpha = 0^\circ$ dans le cas **a**, $0 < \alpha < 90^\circ$ dans le cas **b**.

3. Pour le cas **a** : $W_{AB}(\vec{P}) = m \cdot g \cdot (z_A - z_B)$; pour le cas **b** $W_{A'B'}(\vec{P}) = m \cdot g \cdot A'B' \cdot \sin \alpha$ or $A'B' \cdot \sin \alpha = z_A - z_B$ donc

$$W_{A'B'}(\vec{P}) = m \cdot g \cdot (z_A - z_B).$$

Le travail du poids ne dépend pas du chemin suivi mais uniquement de l'altitude de départ et de l'altitude finale.

4. Dans le cas c, si on considère que le déplacement curviligne est une infinité de déplacements rectilignes très petits, alors l'affirmation de la question b s'applique et le travail :

$$W_{A''B''}(\vec{P}) = W_{A'B'}(\vec{P}) = W_{AB}(\vec{P}).$$

■ Activité 5

1. Les trois forces s'exerçant sur le mobile sont :

- son poids $\vec{P}$;
- la réaction du support $\vec{R}$;
- la force de traction du fil $\vec{F}$.

2. Le poids et la réaction du support ont un travail nul, car elles sont perpendiculaires au déplacement du mobile.

3. $F = m \cdot g$. En toute rigueur $m \cdot g - F = m \cdot a$ avec l'accélération $a = \frac{m \cdot g}{(m + M)}$. Il en résulte

$$F = m \cdot g \cdot \frac{M}{m + M} \text{ ou } F = m \cdot g \cdot \frac{1}{1 + \frac{m}{M}}.$$

Si m est très inférieur à M , alors $\frac{m}{M} \ll 1$ et $F = m \cdot g$.

Ce raisonnement nécessite des connaissances qui ne font pas partie du programme des élèves de ce niveau. On se contentera de l'approximation $F \approx m \cdot g$ citée dans l'énoncé.

4. Le travail du poids du mobile et le travail de la réaction $\vec{R}$ sont nuls car ces forces sont perpendiculaires au déplacement. Le travail de la force $\vec{F}$ est $F \cdot x$ pour un déplacement x .

On vérifie, dans l'expérience, que l'énergie cinétique acquise par le mobile, $\frac{1}{2} M \cdot v^2$ est égale à $F \cdot x = m \cdot g \cdot x$.

Le travail des forces appliquées au mobile pour un déplacement x est égal à la variation de l'énergie cinétique pour ce déplacement.

CORRECTION DES EXERCICES

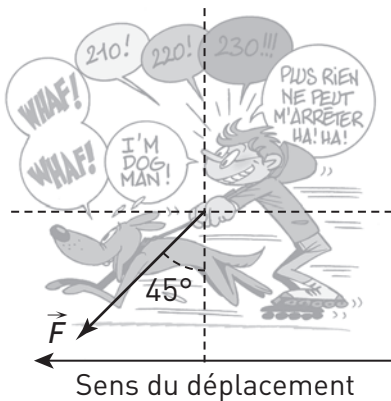
Tester ses compétences

1 Le concours de tir à la corde

1. $W_1(\vec{F}) = 0$ car le déplacement est nul.
2. a. $W_2(\vec{F}') = F' \cdot d \cdot \cos 0^\circ = F' \cdot d > 0$. Le travail est moteur.
b. $W_2(\vec{F}') = 920 \times 1,2 = 1104 \text{ J}$.
3. a. $W_3(\vec{F}') = F' \cdot d' \cdot \cos 180^\circ = -F' \cdot d' < 0$.
Le travail est résistant.
b. $W_3(\vec{F}') = -920 \times 4,3 = 3956 \text{ J}$.

2 Le mushing

1. Schéma de la situation



2. L'angle entre la force et le déplacement (horizontal) est de 45° :

$$W_{AB}(\vec{F}) = F \cdot AB \cdot \cos 45^\circ.$$

3. $W_{AB}(\vec{F}) = 90 \times 150 \times \cos 45^\circ = 9546 \text{ J}$.

3 Le planeur

2. Ascension du planeur :
 $W_1(\vec{P}) = m \cdot g \cdot (h_1 - h_2) = 450 \times 9,81 \times (1000 - 1520) = -2,29 \times 10^6 \text{ J}$.
3. Descente du planeur :
 $W_2(\vec{P}) = m \cdot g \cdot (h_2 - h_3) = 450 \times 9,81 \times (1520 - 450) = 4,72 \times 10^6 \text{ J}$.
4. Ensemble du vol : $W_3(\vec{P}) = W_1(\vec{P}) + W_2(\vec{P}) = 2,43 \times 10^6 \text{ J}$.
Ou encore :
 $W_3(\vec{P}) = m \cdot g \cdot (h_1 - h_3) = 450 \times 9,81 \times (1000 - 450) = 2,43 \times 10^6 \text{ J}$.

4 Randonnée pédestre

1. Dénivellation : $h = 400 \text{ m}$.
2. $W_{AB}(\vec{P}) = m \cdot g \cdot (z_A - z_B) = -m \cdot g \cdot h$.
3. L'unité du travail d'une force est le joule (J).
4. $W_{AB}(\vec{P}) = -80 \times 9,81 \times 400 = -3,1 \times 10^5 \text{ J}$.
5. Dans ce cas, $h = 0$ donc $W_{AB}(\vec{P}) = 0$.

5 Énergies cinétiques

1. $E_c = \frac{1}{2} \cdot m_M \cdot v_M^2 = \frac{1}{2} \times 2,4 \times 10^{-6} \times 9,7^2 = 1,1 \times 10^{-4} \text{ J}$.
2. $E_c = \frac{1}{2} \cdot m_V \cdot v_V^2 = \frac{1}{2} \times 890 \times 25^2 = 2,8 \times 10^5 \text{ J}$.

6 Chute libre

1. a. Vitesse au sol : $v(0) = \sqrt{46} = 6,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.
b. Altitude à laquelle la bille a été lâchée : $z_A = 2,35 \text{ m}$.
2. la droite représentant $v^2 = f(z)$ est une fonction affine, on peut en conclure que $v^2 = a \cdot z + b$.

3. Pour une bille en chute libre entre deux points A (où $v_A = 0$) et B d'altitudes z_A et z et en négligeant les frottements, on peut écrire :

$$E_c(B) - E_c(A) = m \cdot g \cdot (z_A - z)$$

avec $E_c(A) = 0$. Donc, soit

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = -m \cdot g \cdot z + m \cdot g \cdot z_A,$$

soit

$$v^2 = -2 \cdot g \cdot z + g \cdot z_A,$$

ce qui vérifie l'équation précédente avec $a = -2g$ et $b = g \cdot z_A$.

7 Distance d'arrêt et état du conducteur

1. La distance de freinage est la distance parcourue par le véhicule à partir de l'instant où les freins sont actionnés jusqu'à l'arrêt complet du véhicule.
2. La distance de réaction est la distance parcourue entre le moment où le conducteur aperçoit le danger et actionne les freins.
3. La distance d'arrêt d'un véhicule est la somme de la distance de freinage et de la distance de réaction.
4. Pour un véhicule roulant à $50 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, la distance de réaction est

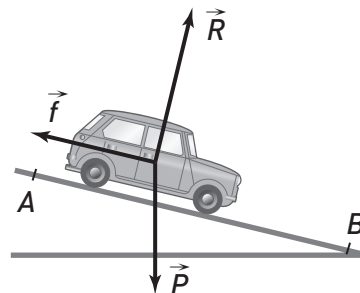
$$d_R = v \cdot t = \frac{50}{3,6} \times 1 = 13,9 \text{ m}.$$

5. La distance d'arrêt est donc $d_A = d_R + d_F = 13,9 + 23 = 36,9 \text{ m}$.
6. Les facteurs influençant la distance de réaction sont : l'alcool, les drogues, la fatigue, ...
Les facteurs influençant la distance de freinage sont : l'état de la route, des pneumatiques, des freins...

Utiliser ses connaissances

3 Frein à main oublié, une FIAT 500 dans la seine

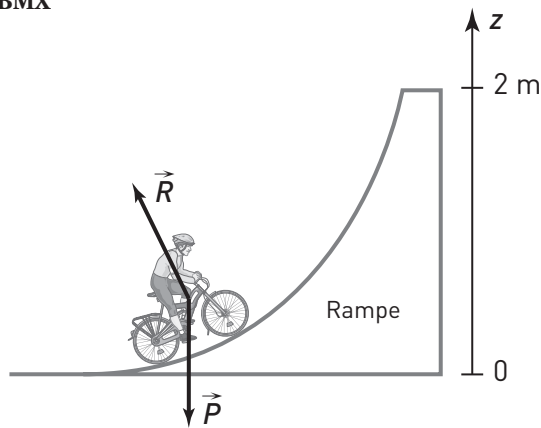
1. Schéma de la situation



2. $W_{AB}(\vec{R}) = 0$.
 $W_{AB}(\vec{P}) = m \cdot g \cdot AB \cdot \sin \alpha = 880 \times 9,81 \times 120 \times \sin 5^\circ = 90\,288 \text{ J}$.
 $W_{AB}(\vec{f}) = -f \cdot AB = -460 \times 120 = -55\,200 \text{ J}$.
3. $E_c(A) = 0$ car la vitesse en A est nulle.
4. Dans un référentiel terrestre, la variation de l'énergie cinétique d'un solide en mouvement de translation est égale à la somme des travaux des forces extérieures appliquées au solide lors d'un déplacement d'un point A vers un point B.
 $E_c(B) - E_c(A) = \sum W_{AB}(\text{forces})$
5. $W_{AB}(\vec{P}) + W_{AB}(\vec{f}) = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_B^2$,
$$v_B = \sqrt{\frac{2 \times (W_{AB}(\vec{P}) + W_{AB}(\vec{f}))}{m}}$$
6. $v_B = 8,9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 32 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$.

2. BMX

1.



2. $W_{AB}(\vec{R}) = 0$ car la force est perpendiculaire au déplacement.

$$W_{AB}(\vec{P}) = -m \cdot g \cdot h = -85 \times 9,81 \times 2,3 = -1,9 \times 10^3 \text{ J.}$$

3. Dans un référentiel terrestre, la variation de l'énergie cinétique d'un solide en mouvement de translation est égale à la somme des travaux des forces extérieures appliquées au solide lors d'un déplacement d'un point A vers un point B :

$$E_c(B) - E_c(A) = \sum W_{AB}(\text{forces})$$

4. $\frac{1}{2} m \cdot v^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_0^2 = W(\vec{R}) + W(\vec{P})$ ce qui donne :

$$\frac{1}{2} m \cdot v^2 - \frac{1}{2} m \cdot v_0^2 = W_{AB}(\vec{P})$$

puis $\frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{1}{2} m \cdot v_0^2 + W_{AB}(\vec{P})$, soit

$$v = \sqrt{v_0^2 + \frac{2W(\vec{P})}{m}}$$

ainsi $v = 9,1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$: il ne pourra pas réaliser sa figure.

10. L'accident de vélo

1. $\vec{F}_1$ est la réaction de la route sur le système et $\vec{F}_2$ est le poids du système.

2. Travail de $\vec{F}_2$ sur le trajet AB : $W_{AB}(\vec{F}_2) = m \cdot g \cdot (z_A - z_B)$.

3. A étant à la même hauteur que le point B, ce travail est nul.

4. $W_{AB}(\vec{F}_1) = 0$ car $\vec{F}_1$ est perpendiculaire au déplacement AB.

5. Dans un référentiel terrestre, la variation de l'énergie cinétique d'un solide en mouvement de translation est égale à la somme des travaux des forces extérieures appliquées au solide lors d'un déplacement d'un point A vers un point B.

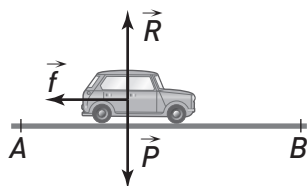
$$E_c(B) - E_c(A) = \sum W_{AB}(\text{forces})$$

6. $\frac{1}{2} m \cdot v_A^2 = W_{AB}(\vec{f}) = -f \cdot AB$,

$$f = \frac{m \cdot v_A^2}{2AB} = 206 \text{ N.}$$

11. Je hais les routes départementales

1.



2. Le poids et la réaction du support ont un travail nul puisqu'elles sont perpendiculaires au déplacement AB.

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

4. $E_c(B) = 0$.

5. $\frac{1}{2} m \cdot v_A^2 = -f \cdot AB$ avec $v_A = \frac{105}{3,6} = 29,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

$$\text{Donc } AB = \frac{m \cdot v_A^2}{2f} = \frac{1020 \times 29,2^2}{2 \times 5000} = 87 \text{ m.}$$

6. $d_R = v_A \cdot t = 29,2 \times 1 = 29,2 \text{ m.}$

7. $d_A = d_R + AB = 116,2 \text{ m.}$ La voiture percute le chevreuil.

8. À la vitesse réglementaire, $v_A = \frac{90}{3,6} = 25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. $A'B' = 63,7 \text{ m}$

et $d'_R = 25 \text{ m}$, soit $d_A = 88,7 \text{ m}$. L'accident n'a pas lieu.

12. Distance de sécurité

1. $v = \frac{130}{3,6} = 36,1 \text{ m.}$

$$d_s = 36,1 \times 2 = 72,2 \text{ m.}$$

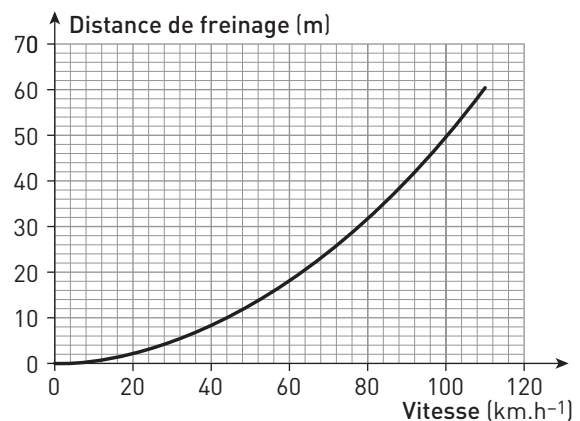
2. La distance indiquée sur les panneaux correspond à $2 \times 38 + 14 = 90 \text{ m}$, soit un petit peu au-dessus des recommandations.

13. Distance d'arrêt d'un cyclomoteur

1. $v = \frac{40}{3,6} = 11,1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

2. $d_R = 11,1 \times 1,2 = 13,3 \text{ m.}$

3. Distance de freinage, sur route sèche, en fonction de la vitesse.

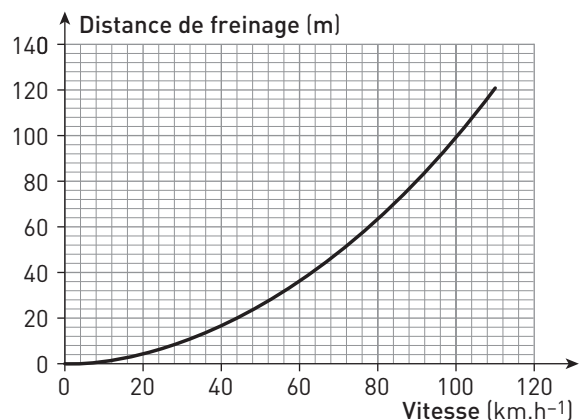


4. La distance de freinage n'est pas proportionnelle à la vitesse, car la courbe n'est pas une droite.

5. Pour $v = 40 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, $d_f = 9 \text{ m}$.

6. $d_A = d_R + d_f = 13,3 + 9 = 22,3 \text{ m.}$

7.



En suivant les mêmes étapes, on trouve $d_f = 18 \text{ m}$ à $40 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$.

$$d_A = d_R + d_f = 13,3 + 18 = 31,3 \text{ m.}$$

Il faut donc redoubler de prudence et modérer sa vitesse dès lors que la chaussée est humide.

8 Qu'est-ce qu'un acide α -aminé ?

MATÉRIEL NÉCESSAIRE POUR LES ACTIVITÉS

Activité 1

- Modèles moléculaires, feuille de papier blanc A4.

Activité 2

- Matériel nécessaire pour réaliser une chromatographie (cuve, plaque, capillaires), un sèche-cheveux.
- Produits : Solutions d'acide aspartique, de phénylalanine et d'alanine (on peut remplacer l'alanine par un autre acide aminé) : concentration environ 5 % en masse dans l'eau.
Solution d'aspartame obtenue par dissolution d'un comprimé d'aspartame (type sucrète) dans 100 mL d'eau.
Solution d'aspartame hydrolysée.
Solution de ninhydrine (0,2 g dans 95 mL de butanol et 5 mL d'acide acétique à 10 % dans l'eau) placée dans un pulvérisateur (la pulvérisation doit se faire sous hotte avec des gants).
- Hydrolyse de l'aspartame : L'hydrolyse de l'aspartame est réalisée grâce à un chauffage à reflux de 100 mL d'acide chlorhydrique à $12 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ et 0,5 g d'aspartame. Le chauffage est maintenu à reflux pendant 2 heures.

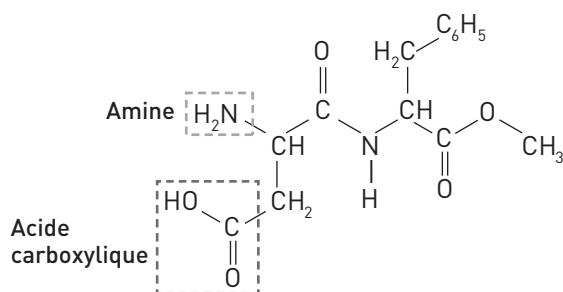
Activité 3

- Modèles moléculaires, miroir.

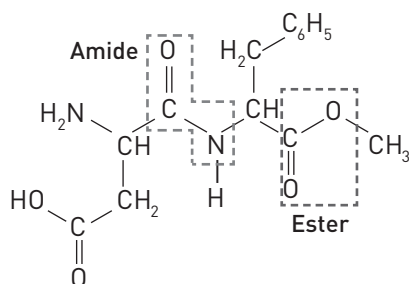
RÉPONSES AUX QUESTIONS DES ACTIVITÉS

■ Activité 1

1. Un édulcorant est une substance qui donne une saveur sucrée en apportant moins de calories que le sucre.
- 2.



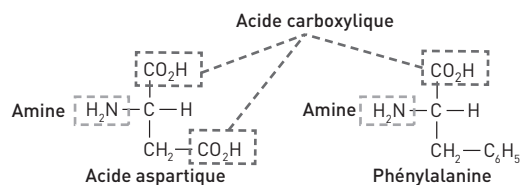
- 3.



■ Activité 2

1. Après révélation, il apparaît une seule tache rose pour le dépôt de la solution d'aspartame, alors qu'il y en a deux pour la solution d'aspartame hydrolysée.
On peut faire calculer le rapport frontal pour les différentes taches, ce qui permet d'identifier la phénylalanine et l'acide aspartique comme étant les acides aminés formés lors de l'hydrolyse.

2.



3. Ces deux molécules portent les fonctions amine et acide carboxylique, greffées sur le même atome de carbone.

4. La phénylalanine porte les fonctions amine et acide carboxylique.

Un acide α -aminé est une molécule qui porte, sur le même atome de carbone, un groupe amine et un groupe acide carboxylique.

■ Activité 3

1. Les molécules *A* et *B* ne sont pas superposables.

2. *B* et l'image de *A* sont identiques, donc superposables, comme *A* et l'image de *B*.

3. *A* et *B* ont la même formule brute et la même formule semi-développée, mais, l'organisation spatiale différente des quatre liaisons autour de l'atome central, fait qu'elles ne sont pas identiques.

4. Les deux mains ; les deux chaussures...

5. et 6. Les molécules *A'* et *B'* sont superposables, donc identiques.

■ Activité 4

1. On trouve sur la barre horizontale de la représentation de Fischer les groupes d'atomes suivants :
- H et - NH₂.

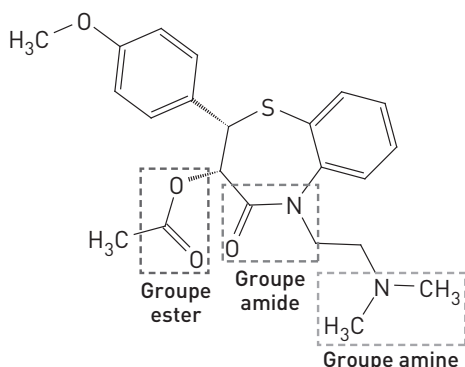
2. Les positions de ces substituants sont inversées sur les deux énantiomères.

CORRECTION DES EXERCICES

Tester ses compétences

1. Un médicament contre l'hypertension

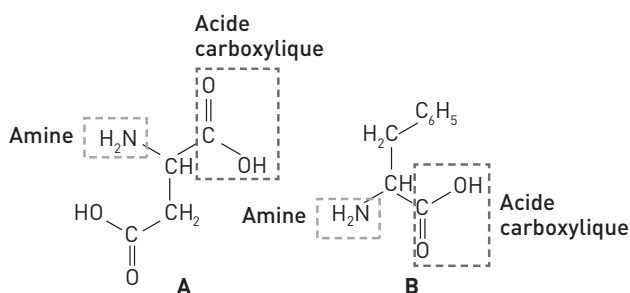
1.



2. On remarque aussi le groupe amine, ici une amine tertiaire.

2. Les produits de l'hydrolyse de l'aspartame

1. Les molécules A et B ont en commun d'avoir, rattaché sur un même atome de carbone, un groupe amine et un groupe acide carboxylique.

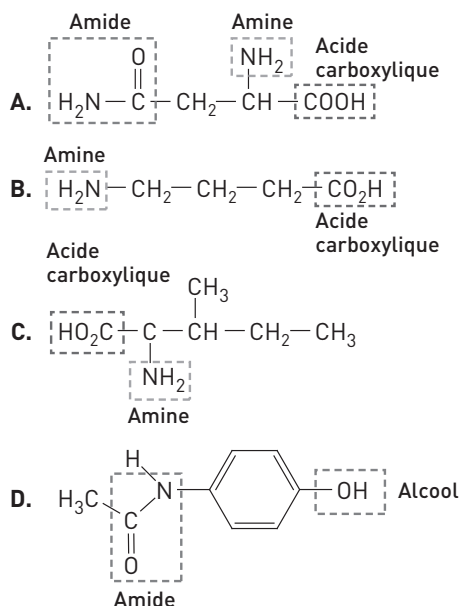


2. Les molécules A et B appartiennent à la famille des acides α-aminés.

3. La molécule C est un alcool, le méthanol.

3. Quel est l'acide aminé essentiel de la liste ?

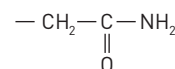
1.



2. Les molécules A, B et C portent à la fois un groupe amine et acides carboxyliques, ce sont des acides aminés. Ce n'est pas le cas de la molécule D.

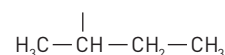
3. Les molécules A et C sont les seules à porter les groupes amine et acide carboxylique sur le même atome de carbone. Ce sont des acides α-aminés.

Le radical de la molécule A, – R, est :



A est l'asparagine, de code Asn.

Le radical de la molécule C, – R, est :



C'est l'isoleucine, de code Ile.

4. L'isoleucine est un acide α-aminé essentiel. Il n'est pas synthétisé par les mammifères.

4. Recherche d'une molécule chirale

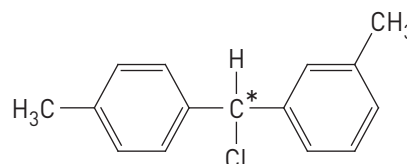
1. Un atome de carbone est asymétrique à la condition qu'il soit lié à quatre atomes, ou groupes d'atomes, différents.

2. L'atome de carbone central de la molécule A est lié à deux groupes identiques (–CH₃). Il n'est donc pas asymétrique.

Par contre l'atome de carbone central de la molécule B est lié à quatre groupes différents :

- un atome d'hydrogène ;
- un atome de chlore ;
- et deux noyaux benzéniques qui portent tous deux un groupe méthyle, mais qui n'est pas greffé à la même position sur le cycle. Ces deux groupes sont donc différents.

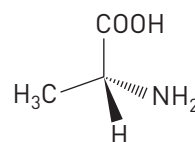
L'atome de carbone central de la molécule B est asymétrique.



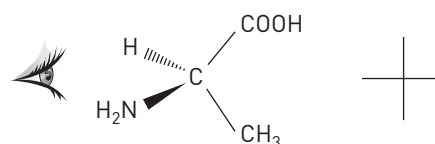
3. La présence d'un seul atome de carbone asymétrique dans une molécule est une condition suffisante de chiralité. La molécule B est donc chirale.

5. Représentation en 3D d'un acide aminé

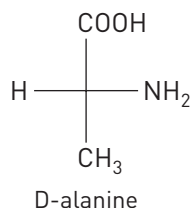
1.



2. Pour la projection de Fischer des acides α-aminés on place le groupe – COOH en haut et derrière, et – R en bas et derrière.



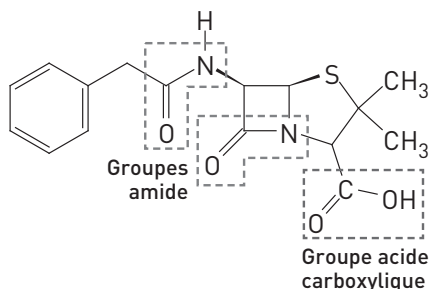
3. La représentation de Fischer montre que le modèle 3D de l'alanine est de configuration D.



Utiliser ses connaissances

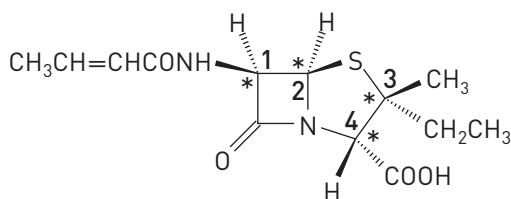
6. Les pénicillines

1. et 2.



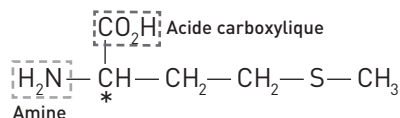
7. Atomes de carbone asymétriques d'une pénicilline

Cette molécule comporte quatre atomes de carbone asymétriques :

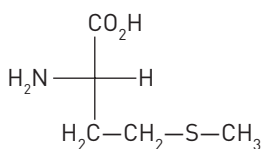


8. Un acide aminé dans les œufs

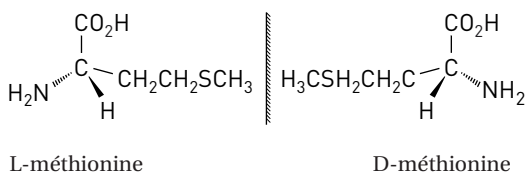
1. La molécule de méthionine contient le groupes acide carboxylique et le groupe amine :



2. La représentation de Fischer de la L-méthionine est la suivante :



3 et 4. La représentation de Cram de la méthionine est :

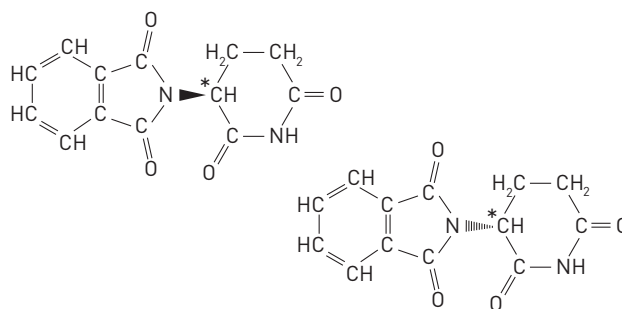


La L-méthionine est chirale, car son image dans un miroir plan ne lui est pas superposable.

Chimie et santé

9. Image dangereuse !

1 et 2.



3. Le terme tératogène signifie « qui produit des malformations congénitales », le médicament étant destiné aux femmes enceintes, il fut à l'origine de nombreuses malformations chez les nourrissons. On comprend pourquoi sa commercialisation a été arrêtée.

10. Aspartame et santé

1. L'aspartame peut être consommé par les personnes diabétiques, par contre les personnes souffrant de phénylcétonurie ne doivent pas en consommer, car c'est une source de phénylalanine.

2. Lors de l'hydrolyse de l'aspartame, il se forme du méthanol.

3. Le méthanol est un alcool (groupe caractéristique – OH), le méthanal est un aldéhyde (groupe caractéristique – CHO) et l'acide formique est l'acide méthanoïque (groupe caractéristique – CO₂H).

4. Le jus de tomate par exemple est une source de méthanol.

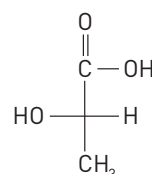
11. Le lactate d'éthyle

1. Le lactate d'éthyle contient une fonction alcool et une fonction ester.

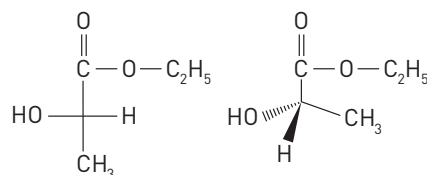
2. L'acide lactique est : CH₃ – C*(H)(OH) – CO₂H.

Il contient un atome de carbone asymétrique (repéré par l'astérisque).

3. Par analogie avec les acides aminés, la représentation de l'acide lactique de configuration L est :



4. Pour le L-lactate d'éthyle, on obtient :

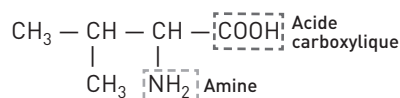


5. Le lactate d'éthyle présente plusieurs avantages pour l'environnement et le développement durable :

- il est moins toxique que les solvants qu'il peut remplacer ;
- il est biodégradable ;
- il peut être synthétisé à partir de ressources renouvelables.

12. La valine

1.



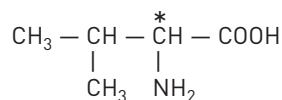
2. La notation α , indique que les groupes amine et carboxyle sont greffés sur le même atome de carbone. C'est le cas pour la valine.

Un acide aminé est dit essentiel lorsqu'il n'est pas synthétisé par l'organisme. Il doit alors être apporté par l'alimentation.

3. Formule brute : $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{O}_2\text{N}$.

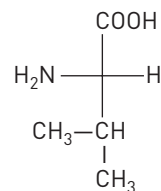
4. a. Un atome de carbone est asymétrique à la condition qu'il soit lié à quatre atomes, ou groupes d'atomes, différents.

b.



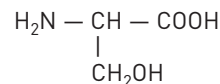
5. Une molécule est chirale si elle n'est pas superposable à son image donnée par un miroir plan. La présence d'un atome de carbone asymétrique dans la molécule suffit à la rendre chirale. C'est le cas de la valine.

6.

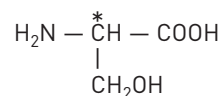


7. a. Lors de la formation du dipeptide il s'est formé un groupe amide, avec élimination d'une molécule d'eau.

b. L'acide aminé X est :



c. C'est acide aminé comporte un atome de carbone asymétrique :



La molécule X est donc chirale.

9 Comment les protéines sont-elles construites ?

MATÉRIEL NÉCESSAIRE POUR LES ACTIVITÉS

Activité 1

- Boîtes de modèles moléculaires.

Activité 2

- Papier cartonné de deux couleurs, ciseaux.
- Ordinateurs et logiciel de création de molécules 3D.

Activité 4

- Bécher, solution aqueuse d'hexane-1,6-diamine et solution de chlorure de sébaçoyle dans le dichlorométhane. Tige avec embout crocheté.

Activité 5

- Agitateur chauffant et barreau aimanté, erlenmeyer, éprouvettes de 10 mL et de 50 mL, balance, cristalliseur en pyrex, thermomètre, burette, dispositif de filtration sous vide (Buchner), banc Kofler.
- Produits : para-aminophénol, acide éthanoïque, anhydride éthanoïque, eau distillée.

RÉPONSES AUX QUESTIONS DES ACTIVITÉS

■ Activité 1

1. Les deux acides aminés comportent chacun un groupe amino et un groupe carboxyle.
2. C'est le groupe carboxyle de (a) qui réagit avec le groupe amino de (b).
3. Les atomes du nouveau groupe formé sont dans un même plan.
4. Les atomes rouges des molécules (a) et (b), un H et deux O, permettent de former une molécule d'eau.

■ Activité 2

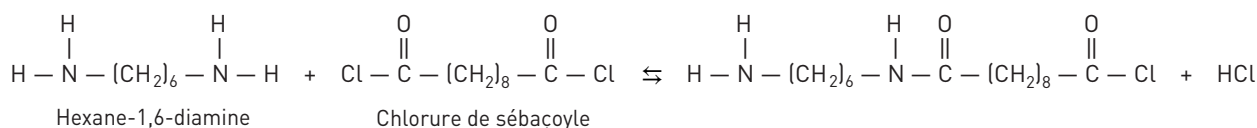
1. Avec deux acides aminés identiques on ne peut former qu'un seul dipeptide.
2. On peut former quatre dipeptides différents.

■ Activité 3

1. Les taches des dépôts sont incolores, il faut utiliser la ninhydrine pour les faire apparaître.
2. La protéine A contient les acides aminés suivants : gly, ser et phe.
3. Le dipeptide B est gly-ser ou ser-gly, puisque l'acide aminé aromatique, phe, a été éliminé par l'hydrolyse partielle de A.
4. L'hydrolyse sélective de B montre que la glycine est le premier acide aminé (celui comportant le groupe amine libre) du tripeptide A.
La protéine A est donc : gly-ser-phe.
5. L'hydrolyse sélective des protéines permet de connaître l'ordre dans lequel sont liés les acides aminés qui la constitue.

■ Activité 4

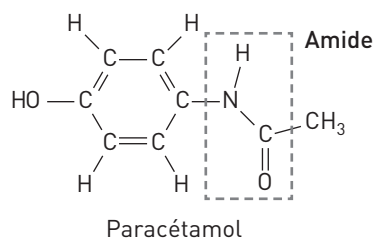
1.



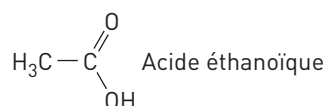
2. La molécule obtenue, lors de la réaction de la question 1, comporte à l'une de ses extrémités une fonction amine et à l'autre une fonction acide carboxylique. Ainsi la molécule peut continuer à réagir avec le diamide par son extrémité acide carboxylique et avec le diacide carboxylique par son extrémité amine.
3. Le lien entre deux molécules se fait par création d'une fonction amide, d'où le nom de polyamide, puisque le nylon se construit par formation de liaisons amides successives.

■ Activité 5

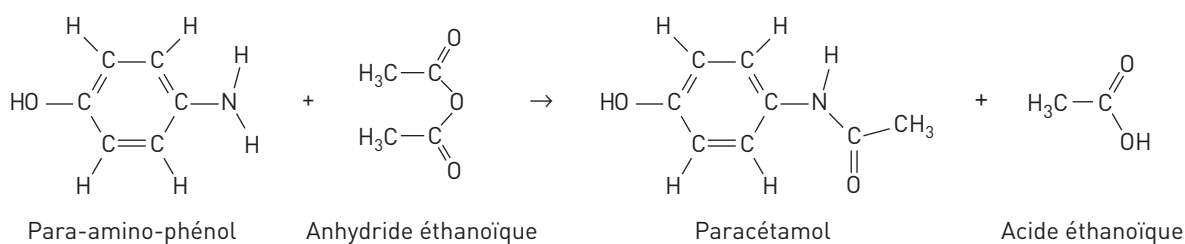
1.



2.



3.



5. La masse molaire du para-aminophénol est : $M = 109 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

La quantité de matière de para-aminophénol utilisée est donc :

$$n = \frac{5}{109} = 4,6 \times 10^{-2} \text{ mol.}$$

C'est la quantité de matière maximum de paracétamol maximum que l'on peut attendre.

Comme la masse molaire du paracétamol est égale à $151 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, la masse maximum de paracétamol qui peut être obtenue est :

$$m_{\text{max}} = 151 \times 4,6 \times 10^{-2} = 6,9 \text{ g.}$$

Le rendement de la réaction sera donné par le rapport :

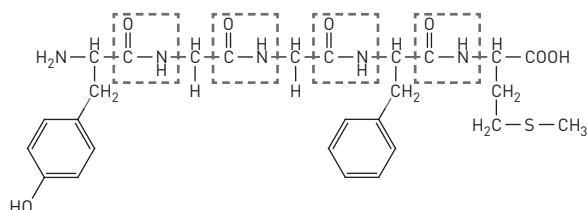
$$R = \frac{m_{\text{exp}}}{m_{\text{max}}}.$$

CORRECTION DES EXERCICES

Tester ses compétences

1 Recherche des liaisons peptidiques de la met-enképhaline

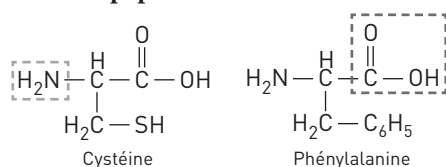
1. Ce peptide contient quatre liaisons peptidiques.



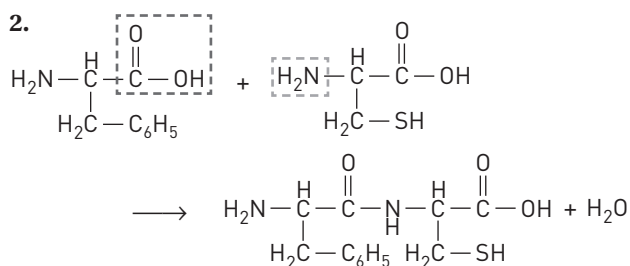
2. La liaison peptidique correspond à un groupe fonctionnel amide.

2 Synthèse d'un peptide

1.



2.



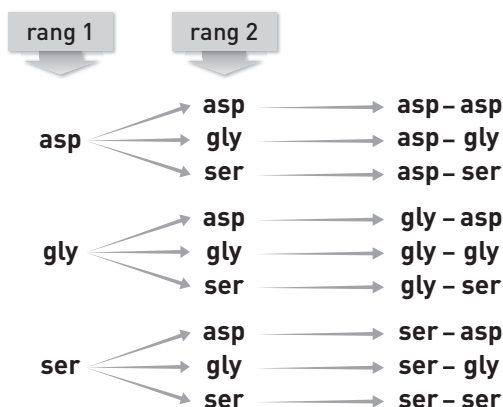
3. Le terme condensation est lié à la molécule d'eau qui se forme lors de cette réaction.

4. Ce peptide se nomme : phé-cys, car la lecture d'un peptide commence toujours par l'acide aminé dont le groupe amine est libre.

3 Combien de dipeptides possibles ?

1. Le premier acide aminé du dipeptide peut être asp ou gly, comme le second, il y a donc en tout quatre possibilités : asp-gly ; asp-asp ; gly-asp ; gly-gly.

2. Avec trois acides aminés, il y a trois possibilités pour choisir le premier, comme pour choisir le second, ce qui donne neuf dipeptides différents en combinant ces possibilités, comme indiqué ci-dessous.

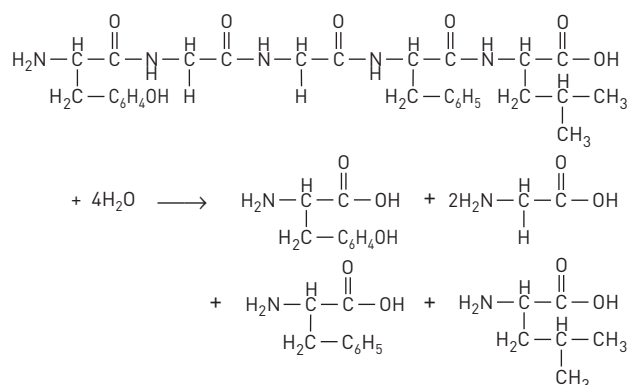


4 Les acides aminés de la leu-enképhaline

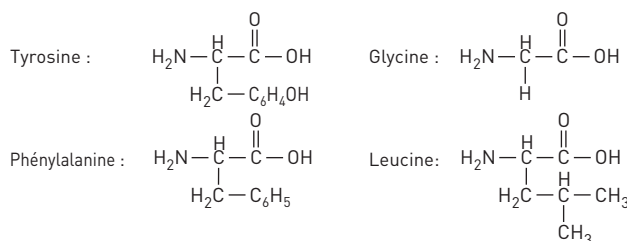
1. Ce peptide, qui comprend quatre liaisons peptidiques, est constitué par un enchaînement de cinq acides aminés.

2. Pour rompre les quatre liaisons peptidiques, quatre molécules d'eau sont nécessaires.

3.



4. Les noms des acides aminés sont :



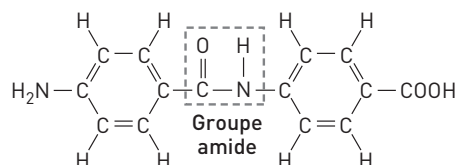
Il en résulte le nom du pentapeptide : tyr-gly-gly-phé-leu.

Utiliser ses connaissances

5 Le kevlar

1. La molécule A porte les groupes caractéristiques : acide carboxylique (-COOH) et amine (-NH2).

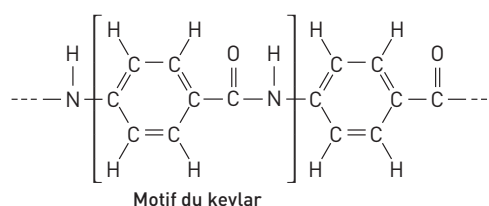
2. Une réaction de condensation entre le groupe -COOH d'une molécule A, et le groupe NH2 d'une autre, permet de lier les deux molécules par un groupe amide pour donner B :



3. La molécule B possède :

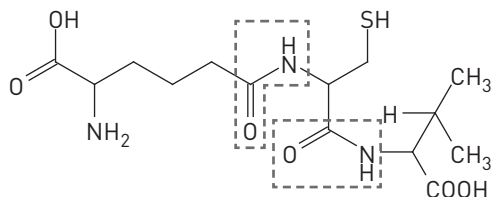
- à une de ses extrémités un groupe -COOH qui peut réagir avec le groupe -NH2 d'une molécule A ;
- et à l'autre extrémité un groupe -NH2 qui peut réagir avec le groupe -COOH d'une autre molécule A. La réaction peut ainsi se poursuivre et allonger la chaîne.

4.

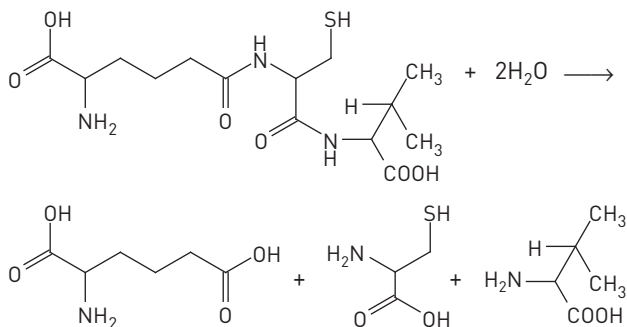


6. La pénicilline

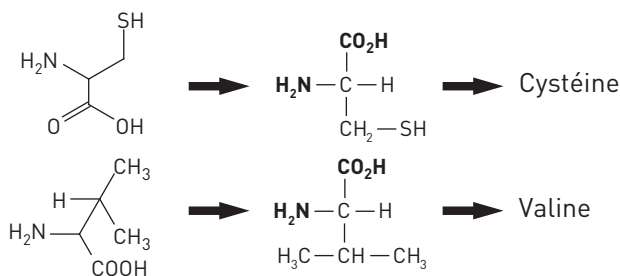
1. Le tripeptide contient deux liaisons peptidiques :



2. Pour rompre les deux liaisons peptidiques deux molécules d'eau sont nécessaires :



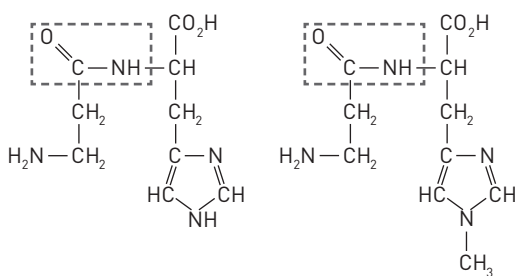
3. On reconnaît la cystéine (Cys) et la valine (Val) :



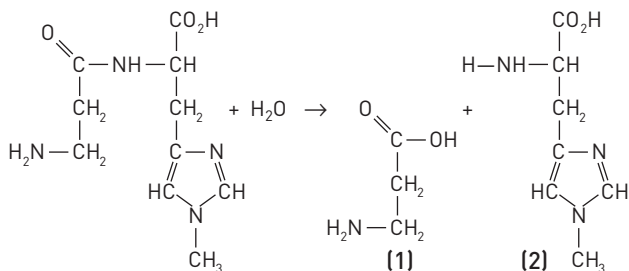
4. En commençant par l'extrémité du tripeptide qui comporte un groupe amine libre, son nom avec le code à trois lettres est : Aad-Cys-Val, d'où l'abréviation ACV.

7. La carnosine et l'ansérine

1.

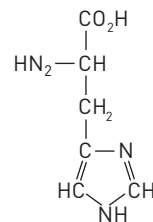


2. et 3. L'équation de la réaction d'hydrolyse s'écrit :



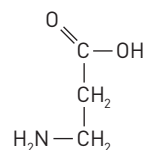
4. L'acide aminé (2) est différent de celui qui intervient dans la carnosine.

L'acide aminé différent qui intervient dans la carnosine a pour formule :



5. Parmi les acides aminés obtenus par hydrolyse de l'ansérine, un n'est pas un acide α -aminé ; en effet, dans cet acide aminé, les groupes $-NH_2$ et $-CO_2H$ sont séparés par 2 atomes de carbone et non pas un. C'est un acide β -aminé.

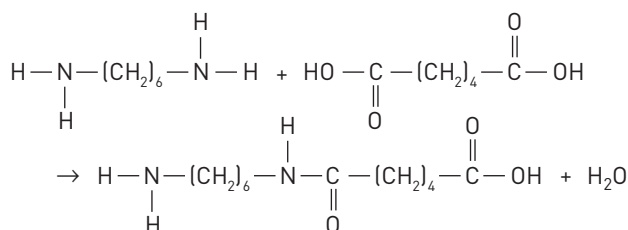
Il s'agit de l'acide aminé (1) :



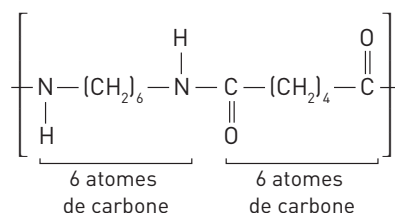
3. Les nylons

1. La réaction de polycondensation qui permet la synthèse du polymère lie les molécules par la formation de groupes amide. D'où le nom générique de ces polymères : polyamide.

2. Le motif du nylon 6-6 peut se trouver à partir de la réaction entre une molécule d'hexan-1,6-diamine et une molécule d'acide hexanedioïque :

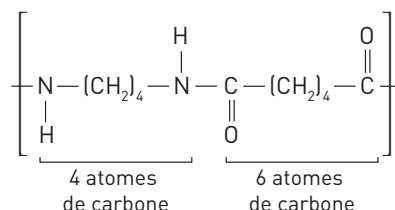


On constate sur la molécule obtenue que le motif de répétition du polymère est :



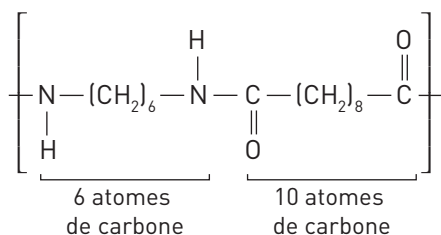
On l'appelle le nylon 6-6, car le motif contient une chaîne à 6 + 6 atomes de carbone.

3. a. On constate que pour le nylon 6-6, la molécule de diamine comme celle du diacide carboxylique ont des chaînes de six atomes de carbone, alors que pour le nylon 4-6, la molécule de diamine comporte une chaîne de quatre atomes de carbone et le diacide une chaîne de six atomes de carbone, comme indiqué ci-dessous.



Le premier chiffre indique donc le nombre d'atomes de carbone de la molécule de diamine et le deuxième celui du diacide.

b. En appliquant cette règle on obtient le motif du nylon 6-10 :



9. La synthèse peptidique de Merrifield

1. En mélangeant deux acides aminés, on obtient 4 dipeptides différents alors qu'avec la synthèse sur support solide, on obtient un seul dipeptide. Ceci permet d'éviter d'avoir à éliminer au fur et à mesure de l'ajout des acides aminés tous les peptides non voulus.

2. C'est l'extrémité acide carboxylique du premier acide aminé qui est fixée sur le support solide (matrice de polystyrène). C'est donc l'extrémité amine qui est libre et réactive.

3. La fonction acide carboxylique du deuxième doit réagir avec la fonction amine libre du premier. Il est alors nécessaire de protéger la fonction amine du deuxième acide aminé, pour éviter qu'elle ne réagisse, puis de la déprotéger avant de greffer le troisième acide aminé.

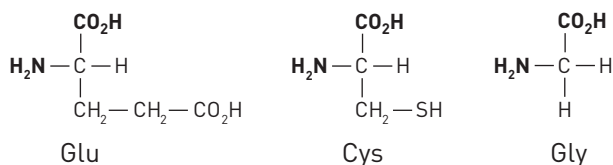
4. Avec trois acides aminés différents on peut fabriquer neuf dipeptides (3^2).

5. Un nonapeptide contient 8 liaisons peptidiques.

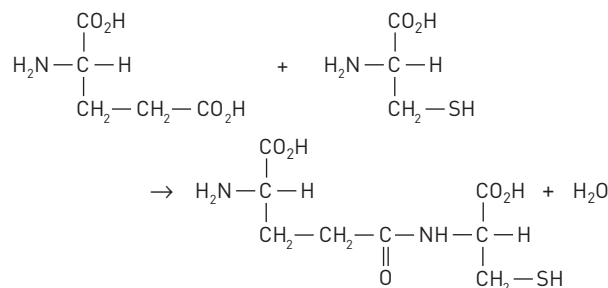
Chimie et santé

10. Le glutathion

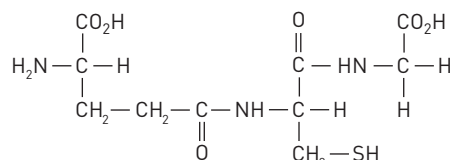
1. Les trois acides aminés constitutifs du glutathion sont :



2. La première liaison s'établit entre la fonction acide de la chaîne latérale de Glu et la fonction amine de Cys soit :



3. On peut en déduire la formule du glutathion :



11. Le glucagon

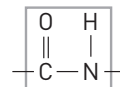
1. Le glucagon et l'insuline interviennent dans la régulation de la glycémie (taux de glucose dans le sang).

2. Le glucagon est constitué d'un enchaînement de 29 acides aminés : il contient donc 28 liaisons peptidiques.

3. C'est le diabète.

12. Le lactosérum

1. a. La liaison peptidique correspond à un groupe amide :



b. Cette liaison se crée lors de la réaction de condensation entre un groupe acide carboxylique et un groupe amine.

c. Les atomes de la liaison peptidique sont contenus dans un même plan.

2. C'est l'alanine (ala) qui porte le groupe $-\text{COOH}$ libre.

3. a et b. Ces deux acides aminés, qui constituent le dipeptide, peuvent être séparés par une réaction d'hydrolyse, par réaction du dipeptide avec de l'eau en milieu acide.

10 Comment synthétiser les arômes de fruits ?

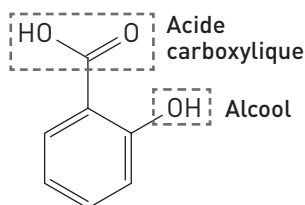
RÉPONSES AUX QUESTIONS DES ACTIVITÉS

■ Activité 1

1. **Antipyrétique** : Médicament destiné à combattre la fièvre.

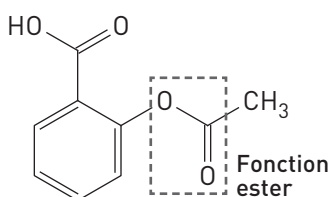
Antalgique : Médicament destiné à réduire les douleurs.

2.



3. La fonction alcool a subi une transformation chimique lors de la synthèse de l'aspirine.

4.



■ Activité 2

1. Le produit de la réaction mis en évidence est l'eau qui bleuit le sulfate de cuivre anhydre.

2. Tube 1 : odeur de banane. Tube 2 : odeur de lavande. Tube 3 : odeur de cerise.

3. Une molécule d'ester peut être synthétisée à partir d'une molécule d'acide carboxylique et d'une molécule d'alcool.

■ Activité 3

1. On maintient une température constante de 55 °C pour garder les réactifs dans le milieu réactionnel, cette température étant inférieure aux températures d'ébullition de l'acide méthanoïque et de l'éthanol.

2. On parvient à déplacer l'équilibre de la réaction d'estérification-hydrolyse en maintenant la température du milieu réactionnel au-delà de la température d'ébullition de l'ester que l'on souhaite former. Ainsi, l'ester s'évapore et est récupéré hors du milieu réactionnel après passage par le réfrigérant. En ôtant, dès qu'il se forme, l'ester du milieu réactionnel, on déplace alors l'équilibre dans le sens de l'estérification.

■ Activité 4

1. Un acide gras est un acide carboxylique dont la chaîne carbonée comporte plus de 4 atomes de carbone.

2. Acide linoléique : $C_{18}H_{32}O_2$.

Acide α -linoléique : $C_{18}H_{30}O_2$.

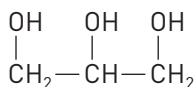
3. L'acide α -linoléique est classé dans la famille des « oméga 6 » car il possède une double liaison sur le 6^e atome de carbone de sa chaîne carbonée.

4. Autres sources d'acides gras « oméga 3 » : huile de noix, poissons gras, crustacés, tofu, algues...

■ Activité 5

1. Le triglycéride POS renferme 3 fonctions ester.

2. En plus des trois acides gras, l'hydrolyse du triglycéride POS fournit un composé de formule semi-développée :

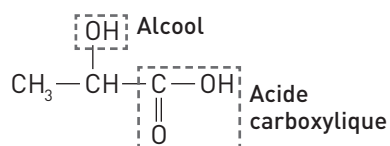


3. Le composé formé porte le nom de « glycérol », il possède trois fonctions alcool.

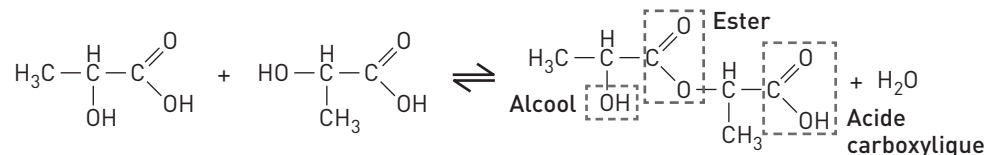
4. Un triglycéride est donc un triester d'acides gras et de glycérol.

■ Activité 6

1. Acide lactique :



2. L'acide lactique possède une fonction acide carboxylique et une fonction alcool. Il peut donc y avoir une réaction d'estérification entre la fonction acide carboxylique d'une molécule d'acide lactique et la fonction alcool d'une autre molécule d'acide lactique selon :



3. Le composé obtenu comporte une fonction alcool, une fonction acide carboxylique et une fonction ester.

4. Le composé obtenu peut, grâce aux fonctions chimiques présentes, réagir à nouveau avec une molécule d'acide lactique et ainsi de suite jusqu'à épuisement de l'acide lactique dans le milieu réactionnel.

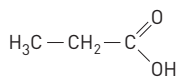
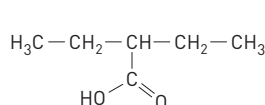
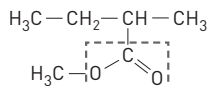
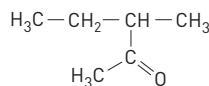
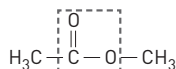
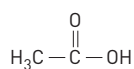
5. Un polymère est une macromolécule de masse molaire élevée constituée de monomères reliés entre eux par des liaisons de covalence. Ici, le monomère est l'acide lactique.

6. Le PLA est un matériau biodégradable, car chaque fonction ester peut réagir avec l'eau : il s'agit de la réaction d'hydrolyse d'un ester.

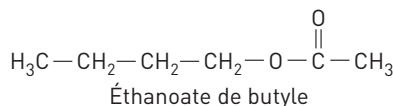
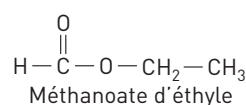
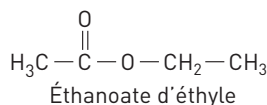
CORRECTION DES EXERCICES

Tester ses connaissances

1. Reconnaître la fonction ester

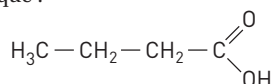


2. Nommer les esters suivants

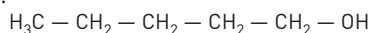


3. Odeur de l'abricot

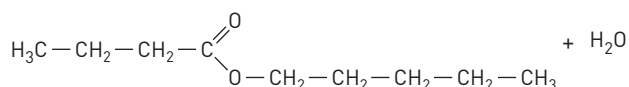
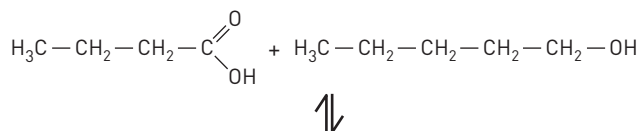
1. Acide butanoïque :



Pentan-1-ol :



2. Réaction d'estérification

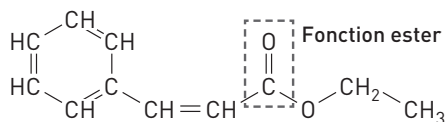


3. Le composé obtenu se nomme : butanoate de pentyle.

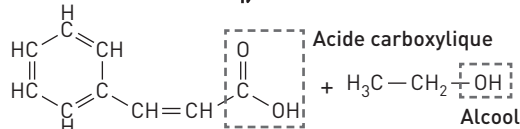
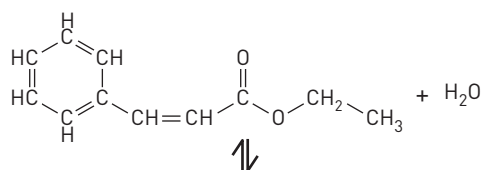
4. Cette réaction d'estérification est lente, limitée et réversible.

4. La cannelle

1.



2. Hydrolyse du cinnamate d'éthyle



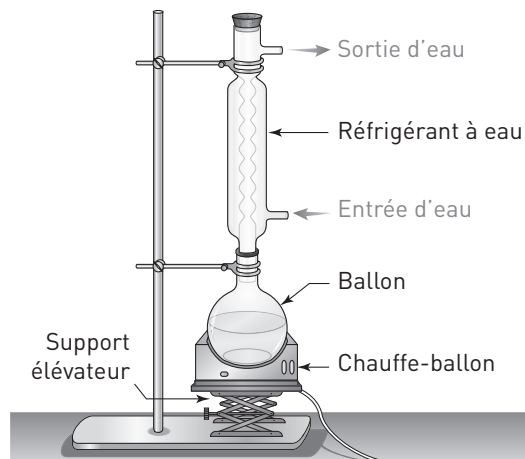
3. Fonctions chimiques (voir question 2).

4. L'alcool obtenu est l'éthanol.

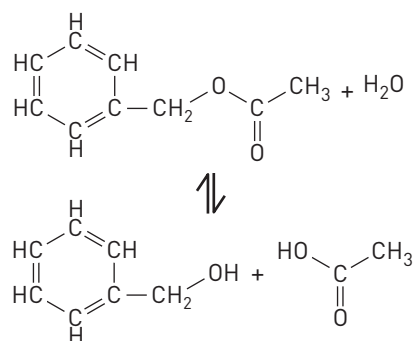
5. La réaction d'hydrolyse est lente, limitée et réversible.

5. Hydrolyse d'un extrait de jasmin

1.



2. Équation de la réaction d'hydrolyse :



3. L'hydrolyse d'un ester est une réaction lente, limitée et réversible.

4. Il faut chauffer le milieu réactionnel afin d'accélérer la réaction.

6. Acide palmitique

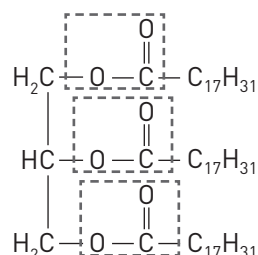
1. L'acide palmitique est un acide gras car il s'agit d'un acide carboxylique ayant une chaîne carbonée de plus de 4 atomes de carbone.

2. Il est saturé car il ne présente aucune double liaison entre deux atomes de carbone dans sa chaîne carbonée.

7. Triglycérides de la viande

1. La linoléine possède trois fonctions ester.

2. Les 3 fonctions ester de la linoléine :



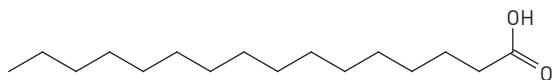
3. La linoléine est un triglycéride car elle est un triester d'acides gras et de glycérol.

3. le triglycéride POS

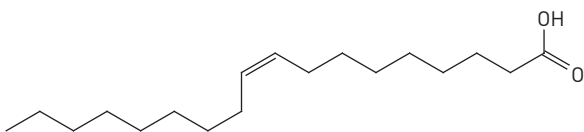
1. La molécule est un triglycéride car c'est un triester d'acides gras et de glycérol.

2. L'hydrolyse du triglycéride POS conduit à la formation de trois acides gras :

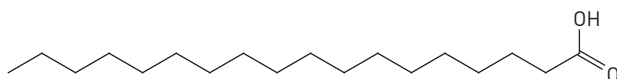
Acide 1 (saturé) :



Acide 2 (insaturé) :



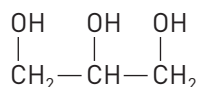
Acide 3 (saturé) :



3. Voir question précédente.

4. L'acide 2 est l'acide oléique, l'acide 3 est l'acide stéarique et enfin, l'acide 1 est l'acide palmitique.

5. L'autre produit de la réaction est le glycérol de formule :

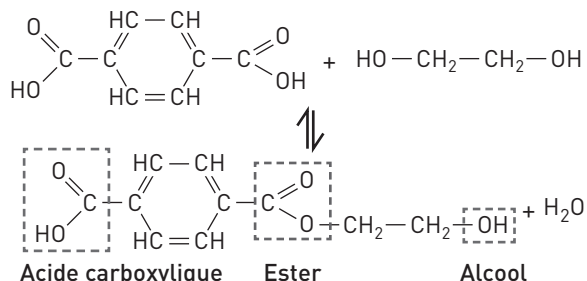


6. Le glycérol est soluble dans l'eau, du fait de la présence des trois fonctions alcools, des liaisons hydrogènes peuvent s'établir entre le glycérol et l'eau.

2. Le PET

1. Un polymère est une macromolécule de masse molaire élevée, constituée de monomères reliés entre eux par des liaisons de covalence.

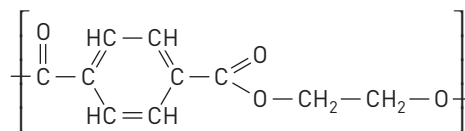
2. Réaction de condensation :



3. Voir question précédente.

4. Le composé obtenu possède une fonction acide carboxylique susceptible de réagir avec une fonction alcool de l'éthylène glycol mais aussi une fonction alcool susceptible de réagir avec une fonction acide carboxylique de l'acide téréphtalique. Ainsi, la réaction peut se poursuivre jusqu'à épuisement des réactifs.

5. Motif du polymère :

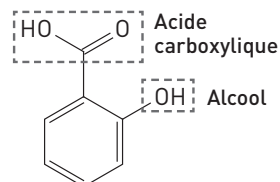


Utiliser ses connaissances

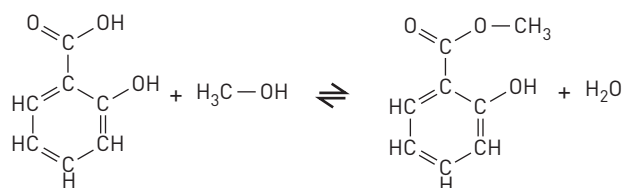
10. L'essence de Wintergreen

1. Le méthanol appartient à la famille des alcools.

2.



3. Réaction entre l'acide salicylique et le méthanol :



4. Cette réaction est une estérification.

5. Quantités initiales de réactifs :

– Pour l'acide salicylique : $n_1 = \frac{m_1}{M_1} = \frac{27,6}{138} = 0,2 \text{ mol}$.

– Pour le méthanol : $n_2 = \frac{m_2}{M_2} = \frac{16}{32} = 0,5 \text{ mol}$.

6. D'après l'équation bilan, on peut affirmer que l'acide salicylique est le réactif limitant de la réaction, aussi peut-on s'attendre à obtenir $n_W = 0,2 \text{ mol}$ d'essence de Wintergreen.

7. Calculons la quantité d'essence de wintergreen obtenue n'_W .

Masse molaire de l'essence de Wintergreen :

$$M_W = 8 \times M_C + 8 \times M_H + 3 \times M_O$$

$$M_W = 8 \times 12 + 8 \times 1 + 3 \times 16$$

$$M_W = 152 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

La quantité n'_W d'essence de Wintergreen alors obtenue est :

$$n'_W = \frac{m_W}{M_W} = \frac{20}{152} = 0,13 \text{ mol}$$

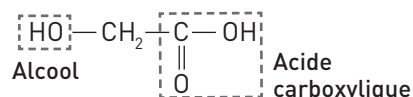
La réaction n'est donc pas totale, puisqu'on attendait 0,2 mol d'essence de Wintergreen.

8. Rendement r :

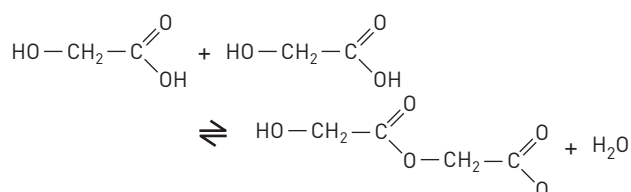
$$r = \frac{n'_W}{n_W} = \frac{0,13}{0,2} = 0,65, \quad r = 65 \%$$

11. Le PGA

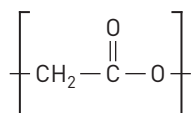
1. Fonctions chimiques de l'acide glycolique



2. Réaction de condensation :



3. Motif :



4. le PGA est un polymère ; l'acide glycolique en est le monomère.

12. La production de biodiésel en France

1. Formules brutes et masses molaires

- Huile de colza : $\text{C}_{57}\text{H}_{104}\text{O}_6$, masse molaire : $884 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$;
- Méthanol : CH_4O , masse molaire : $32 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$;
- Glycérol : $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$, masse molaire : $92 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$;
- EMHV : $\text{C}_{19}\text{H}_{36}\text{O}_2$, masse molaire : $296 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

2. Masse de méthanol

D'après l'équation bilan, pour chaque mole d'huile de colza consommée, 3 moles de méthanol réagissent.

$$\text{Quantité d'huile de colza : } n_{\text{H}} = \frac{10^6}{884} = 1131 \text{ mol}$$

ainsi $n_{\text{meth}} = 3393 \text{ mol}$, soit une masse

$$m_{\text{meth}} = 108\,576 \text{ g} \approx 109 \text{ kg}.$$

3. Masse de produits formés

Quantité de glycérol produite : $n_{\text{G}} = 1131 \text{ mol}$ soit une masse

$$m_{\text{G}} = 1131 \times 92 \approx 104 \text{ kg}.$$

Quantité de biodiésel produit : $n_{\text{D}} = 3393 \text{ mol}$ soit une masse

$$m_{\text{D}} = 3393 \times 296 \approx 1 \text{ t}$$

4. Surface nécessaire pour produire 2,5 millions de tonnes de biodiésel

Sachant qu'une tonne d'huile produit une tonne de biodiésel :

$$S = \frac{2,5 \times 10^6 \times 1000}{450 \times 3,8} = 1,45 \times 10^6 \text{ ha},$$

soit 7,8 % des terres agricoles arables.

5. Production de biodiésel

$$\text{Masse de diesel consommé : } m = \frac{100 \times 2,5 \times 10^6}{7} = 3,6 \times 10^7 \text{ t}.$$

Pour produire cette masse de diesel, il faudrait une surface de terres agricoles arables de :

$$S' = \frac{3,6 \times 10^7 \times 1\,000}{450 \times 3,8} = 2,1 \times 10^7 \text{ ha},$$

soit 114 % des terres agricoles arables. Il est donc impossible de produire le diesel nécessaire à notre consommation annuelle.

Chimie et santé

13. Taux de triglycérides dans le sang

1. Quantité de triglycérides dans 1 L de sang du patient :

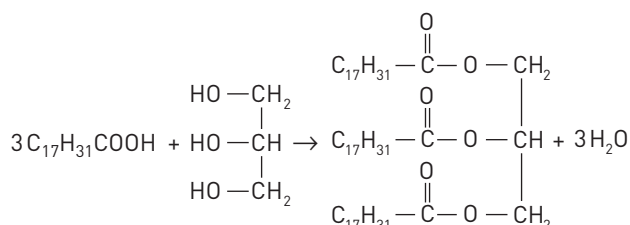
$$n_{\text{T}} = 1,27 \times 10^{-3} \text{ mol}.$$

2. Masse de triglycérides dans 1 L de sang du patient :

$$m_{\text{T}} = 1,27 \times 10^{-3} \times 878 = 1,12 \text{ g}.$$

3. Le patient a un taux de triglycérides tout à fait normal.

4. Équation de formation de la linoléine :



5. Cette réaction est une estérification.

6. En faisant réagir 1500 moles d'acide linoléique, d'après l'équation bilan, on doit obtenir 500 moles de linoléine.

7. Avec un rendement de 60 %, on obtiendra 300 moles de linoléine.

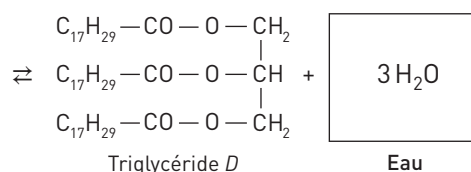
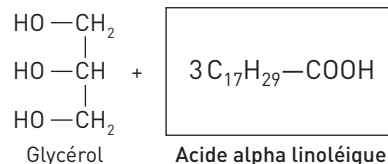
14. Des acides gras : les oméga 3

1. a.



b. L'acide alpha linoléique est un acide gras insaturé, en effet, un acide gras saturé a pour formule générale $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH}$, l'acide alpha linoléique possède donc 3 insaturations.

2. a.



b. Le composé D appartient à la famille des esters, il possède même 3 fonctions ester. La réaction est une estérification.

c. Caractéristiques de cette réaction : lente, limitée car réversible.

11 Quels sont les acides et les bases présents dans les milieux biologiques ?

MATÉRIEL NÉCESSAIRE POUR LES ACTIVITÉS

Activité 2

- Matériel : pH-mètre + solution tampon pH = 4 et 7.
- Produits : solutions d'acide chlorhydrique et d'acide éthanóïque à $10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Activité 3

- Matériel : pH-mètre + solution tampon pH = 4 et 7.
- Produits : solutions d'acide éthanóïque à 10^{-1} et $10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Activité 4

- Matériel : pH-mètre + solution tampon pH = 4 et 7 ; fiole de 2 L ; pipette jaugée de 20 mL ; burette ; agitateur en verre ; 10 béchers identiques (100 ou 150 mL).
- Produits : acide phosphorique à $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$; acide éthanóïque à $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$; acide borique à $0,10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$; eau distillée ; soude à $0,10 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$; solution de BBT à 0,5 g dans 1 litre d'éthanol.

RÉPONSES AUX QUESTIONS DES ACTIVITÉS

■ Activité 1

1. Les sources d'acide nucléique sont apportées à l'organisme par l'alimentation (acides nucléiques alimentaires) ou synthétisées par l'organisme à partir d'acides aminés (acides nucléiques organiques).
2. La concentration massique souhaitée en acide urique dans l'organisme est comprise entre 34 et $70 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$.
3. Une diurèse importante, c'est-à-dire une quantité d'urine importante, facilite l'élimination de l'acide urique qui passe du sang dans les urines au niveau des reins.
4. Les eaux riches en ions bicarbonate limitent les risques de lithiase car elles diminuent l'acidité des urines et empêchent ainsi la précipitation de l'acide urique.
5. La goutte est une maladie rhumatologique provoquée par la formation de cristaux d'acide urique au niveau articulaire.

■ Activité 2

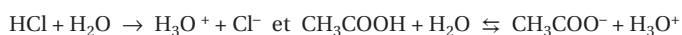
1. La quantité de matière initiale d'acide chlorhydrique et d'acide éthanóïque est $n_0 = 10^{-2} \text{ mol}$.
2. Le pH de la solution d'acide chlorhydrique est de 1, la concentration en ion hydronium est :

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Le pH de la solution d'acide éthanóïque est de 2,9, la concentration en ion hydronium est :

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-2,9} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} = 1,26 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

3. Les deux équations s'écrivent :



4. Le tableau d'avancement est identique pour les deux acides :

	Avancement	AH	+	H ₂ O	A ⁻	+	H ₃ O ⁺
État initial	0	n_0		excès	0		0
État intermédiaire	x	$n_0 - x$		excès	x		x
État final	x_f	$n_0 - x_f$		excès	x_f		x_f

Si la réaction est totale $x_{\text{max}} = n_0$.

5. $x_f = x_{\text{max}}$ dans le cas de l'acide chlorhydrique : la réaction est totale. Dans le cas de l'acide éthanóïque $x_f < x_{\text{max}}$: la réaction est partielle.

■ Activité 3

- 1 et 2. Le pH des deux solutions d'acide éthanóïque vaut respectivement 2,9 et 3,4. La concentration en ion hydronium vaut : $10^{-2,9}$ et $10^{-3,4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Considérons, dans les deux cas un volume de 100 mL de solution.

Les quantités de matière en ions hydronium sont respectivement égales à $10^{-3,9}$ et $10^{-4,4}$ mol. L'avancement final x_f a pour valeurs $10^{-3,9}$ et $10^{-4,4}$ mol.

3. On peut compléter le tableau d'avancement de l'activité 1 pour les deux concentrations :

- Solution d'acide éthanóïque de concentration $10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

	Avancement (en mol)	CH ₃ COOH + H ₂ O (quantités de matière en mol)	CH ₃ COO ⁻ + H ₃ O ⁺ (quantités de matière en mol)
État initial	0	$n_0 = 10^{-2}$	excès
État final	x_f	$n_0 - x_f = 10^{-2} - x_f$ $= 10^{-2} - 10^{-3,9}$ $= 9,9 \times 10^{-3}$	excès
Concentrations finales en mol · L ⁻¹		[CH ₃ COOH] $9,9 \times 10^{-2}$	[CH ₃ COO ⁻] $10^{-2,9} = 1,26 \times 10^{-3}$

- Solution d'acide éthanóïque de concentration $10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

	Avancement (en mol)	CH ₃ COOH + H ₂ O (quantités de matière en mol)	CH ₃ COO ⁻ + H ₃ O ⁺ (quantités de matière en mol)
État initial	0	$n_0 = 10^{-3}$	excès
État final	x_f	$n_0 - x_f = 10^{-3} - x_f$ $= 10^{-3} - 10^{-4,4}$ $= 9,60 \times 10^{-4}$	excès
Concentrations finales en mol · L ⁻¹		[CH ₃ COOH] $9,6 \times 10^{-3}$	[CH ₃ COO ⁻] $10^{-3,4} = 3,98 \times 10^{-4}$

4. Dans les deux cas, le quotient est proche de $10^{-4,8}$, c'est-à-dire K_a .

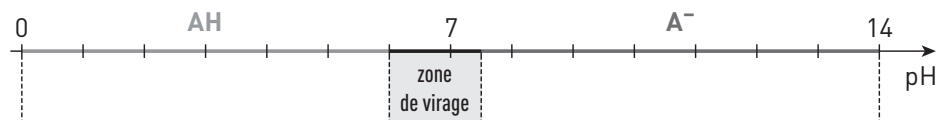
5. Cette constante est indépendante de la concentration initiale, elle ne dépend que de la température.

■ Activité 4

1. La forme acide AH est majoritaire pour un pH inférieur à 6.

2. La forme basique A⁻ est-elle majoritaire pour un pH supérieur à 7,5.

3.



4. On observe une teinte verte pour [AH] voisin de [A⁻].

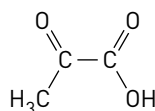
5. La zone de virage du BBT se situe pour un pH compris entre 6 et 7,5. Voir graphe.

Si $[HA]_f = [A^-]_f$ alors le pH est égal au pK_a du couple.

6. La valeur du K_a du couple du BBT est voisine de 10^{-7} donc le $pK_a = 7$.

■ Activité 5

1. Formule développée de l'acide pyruvique :



2. Groupes fonctionnels présents dans cette molécule : fonction cétone et acide carboxylique.

3. Formule du couple acide pyruvique / ion pyruvate : CH₃ - CO - COOH / CH₃ - CO - COO⁻

Demi-équation protonique : CH₃ - CO - COOH = CH₃ - CO - COO⁻ + H⁺.

Formule du couple acide lactique / ion lactate : CH₃ - CHOH - COOH / CH₃ - CHOH - COO⁻.

Demi-équation protonique : CH₃ - CHOH - COOH = CH₃ - CHOH - COO⁻ + H⁺.

3. L'acide pyruvique se trouve dans le sang sous forme d'ions pyruvate.

4. L'acide lactique se trouve dans l'organisme sous forme d'ions lactate.

5. Un effort physique peut s'accompagner de courbatures si le dioxygène n'est pas en quantité suffisante car, alors, l'acide pyruvique se transforme en acide lactique qui s'accumule dans les cellules et provoque dans les muscles des douleurs (courbatures).

CORRECTION DES EXERCICES

Tester ses compétences

1 Acides et bases de Bronsted

- Définition d'une base de Bronsted : une base est une molécule ou un ion qui en solution capte des ions H^+ .
- Bases de Bronsted : $HO^-(aq)$; $H_2O(l)$ et $C_6H_5COO^-(aq)$.
- Acides conjugués et couples acide-base correspondants :
 - $HO^-(aq)$ a pour conjugué l'acide $H_2O(l)$, on a alors le couple $H_2O(l) / HO^-(aq)$.
 - $H_2O(l)$ a pour conjugué l'acide $H_3O^+(aq)$; on a alors le couple $H_3O^+(aq) / H_2O(l)$.
 - $C_6H_5COO^-(aq)$ a pour conjugué l'acide $C_6H_5COOH(aq)$; on a alors le couple $C_6H_5COOH(aq) / C_6H_5COO^-(aq)$.

2 Acide fort ou faible

- Une solution d'acide fort de concentration $0,1 \text{ mol} \cdot L^{-1}$ a un pH de 1. L'acide éthanoïque est un acide faible.
- L'équation de la réaction s'écrit :

$$CH_3COOH + H_2O \rightleftharpoons CH_3COO^- + H_3O^+$$

3 Base forte ou base faible

- Une base forte réagit totalement avec l'eau pour former des ions hydroxyde et son acide conjugué. La concentration en hydroxyde serait alors $[OH^-] = 0,1 \text{ mol} \cdot L^{-1}$ et donc $[H_3O^+] = 10^{-13} \text{ mol} \cdot L^{-1}$, soit $pH = 13$. Le pH de 11,1 prouve que l'ammoniac est une base faible.
- L'équation de la réaction s'écrit : $NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$

4 L'acide hypochloreux

- La formule et le nom de la base conjuguée de l'acide hypochloreux sont ClO^- , l'ion hypochlorite.
- Équation de la réaction de l'acide hypochloreux avec l'eau :

$$HClO + H_2O \rightleftharpoons ClO^- + H_3O^+$$

Expression de la constante d'acidité K_a du couple acide-base correspondant :

$$K_a = \frac{[H_3O^+]_f \cdot [ClO^-]_f}{[HClO]_f}$$

5 L'acide formique

- La base conjuguée de l'acide formique est l'ion formiate $HCOO^-$.
- Le diagramme de prédominance du couple est :

$HCOOH \quad \quad \quad HCOO^-$

3,8

pH
- À $pH = 2$, la forme prédominante est la forme acide $HCOOH$.

Utiliser ses compétences

6 Corriger un exercice

Les solutions S_1 et S_4 sont acides, les solutions S_2 et S_3 basiques. La concentration en ions H_3O^+ a été calculée par la formule : $[H_3O^+] = 10^{-pH}$ et la concentration en ions OH^- par la formule $[OH^-] = 10^{-14}/[H_3O^+]$.

	Avancement (en mol)	CH_3COOH + H_2O (quantités de matière en mol)	CH_3COO^- + H_3O^+ (quantités de matière en mol)
État initial	0	$n_0 = 10^{-3}$	excès
État final	x_f	$n_0 - x_f = 10^{-3} - x_f$	excès

Un acide est fort si $[H_3O^+] = C$, sinon l'acide est faible.

Une base est forte si $[OH^-] = C$, sinon la base est faible.

Solution	S_1	S_2	S_3	S_4
C ($\text{mol} \cdot L^{-1}$)	$5,0 \times 10^{-2}$	$2,0 \times 10^{-2}$	$1,0 \times 10^{-3}$	$2,0 \times 10^{-3}$
pH	3,0	12,3	10,9	2,7
$[H_3O^+]$ ($\text{mol} \cdot L^{-1}$)	$1,0 \times 10^{-3}$	5×10^{-13}	$1,3 \times 10^{-11}$	$2,0 \times 10^{-3}$
$[OH^-]$ ($\text{mol} \cdot L^{-1}$)	10^{-11}	$2,0 \times 10^{-2}$	$7,7 \times 10^{-4}$	$0,5 \times 10^{-11}$
Nature du soluté	Acide fort	Base forte	Base faible	Acide fort

7 Comparaison de deux acides

- Proposition exacte. L'acide de la solution S_1 est plus fort que l'acide de la solution S_2 car à même concentration son pH est plus faible.
- Proposition fausse. Si l'on dilue 100 fois un acide fort de concentration c ,

$$pH' = -\log(C/100) = -\log C + 2 = pH + 2.$$
 Seul l'acide S_1 est fort car $pH' = 2 + 2 = 4$. Seul l'acide S_2 est faible.
- Proposition exacte. La concentration C de la solution d'acide fort S_1 est donc

$$C = 10^{-pH} = 10^{-2} = 0,01 \text{ mol} \cdot L^{-1}.$$
- Proposition exacte. À égale concentration et forte dilution, le pH des solutions des deux acides est la même, il tend vers 7.

8 La solution aqueuse d'ammoniac.

- $n_0 = \nu / V_m = 0,24 / 24 = 0,01 \text{ mol}$.
- Une base selon Bronsted est une molécule ou un ion qui, en solution, capte des ions H^+ .
- $$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$
- Quantité de matière d'ions hydroxyde présents dans la solution S :

$$[H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-10,6}.$$
 Or $[H_3O^+] \cdot [OH^-] = K_e$, $[OH^-] = K_e / [H_3O^+]$,
 $[OH^-] = 10^{-14} / 10^{-10,6} = 10^{-3,4}$;
 $[OH^-] = 4 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot L^{-1}$.
- Si l'ammoniac était une base forte, elle serait totalement dissociée et $[OH^-] = 10^{-2} \text{ mol} \cdot L^{-1}$: l'ammoniac est donc une base faible puisque $[OH^-] < 10^{-2} \text{ mol} \cdot L^{-1}$.

9 Constante d'acidité du couple acide éthanoïque-ion éthanoate

- Équation de la réaction modélisant la transformation chimique de l'acide éthanoïque avec l'eau :

$$CH_3COOH + H_2O \rightleftharpoons CH_3COO^- + H_3O^+$$
- Quantité de matière initiale d'acide éthanoïque :

$$n_0 = c \cdot v = 10^{-2} \times 0,1 = 10^{-3} \text{ mol}.$$
- Tableau d'avancement :

4. Valeur de l'avancement x_f de la réaction de l'acide éthanóïque sur l'eau :

$$x_f = [\text{H}_3\text{O}^+] \cdot \nu = 10^{-\text{pH}} \cdot \nu = 10^{-3,4} \times \nu = 4 \times 10^{-4} \times 0,1 = 4 \times 10^{-5} \text{ mol.}$$

5. Quantités de matière en acide éthanóïque, en ions éthanóate en fin de réaction :

$$n_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 10^{-3} - 4 \times 10^{-5} \approx 10^{-3} \text{ mol.}$$

$$n_{\text{CH}_3\text{COO}^-} = 4 \times 10^{-5} \text{ mol.}$$

6. Concentrations en acide éthanóïque, en ions éthanóate et en ions hydronium

$$[\text{CH}_3\text{COOH}]_f = n_{\text{CH}_3\text{COOH}}/\nu = 10^{-3}/0,1 = 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-]_f = n_{\text{CH}_3\text{COO}^-}/\nu = 4 \times 10^{-5}/0,1 = 4 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+]_f = 10^{-3,4} = 4 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}.$$

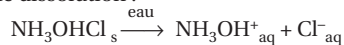
7. Expression de la constante d'acidité K_a du couple :

$$K_a = [\text{H}_3\text{C} - \text{COO}^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+] / [\text{H}_3\text{C} - \text{COOH}]$$

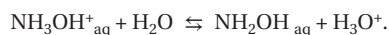
$$K_a = 10^{-3,4} \times 10^{-3,4} / 10^{-2} = 10^{-4,8}.$$

10. Le chlorure d'hydroxylammonium

1. Équation de dissolution :

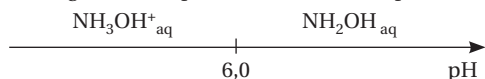


2. Équation de la réaction entre l'ion hydroxylammonium et l'eau :



3. Domaine de prédominance de chaque espèce du couple.

Le diagramme de prédominance du couple est :



Chimie et santé

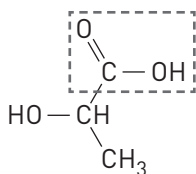
11. L'aspirine

1. Formule de la base conjuguée de l'acide acétylsalicylique : $\text{C}_9\text{H}_7\text{O}_4^-$.

2. Dans l'estomac le pH est voisin de 1 ($< \text{p}K_a$), c'est donc l'acide acétylsalicylique qui prédomine. Dans l'intestin grêle, le pH est voisin de 6 ($> \text{p}K_a$), c'est donc la base conjuguée qui prédomine.

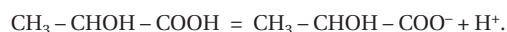
12. L'acide lactique

1. Le groupe caractéristique responsable de l'acidité de la molécule est le groupe acide carboxylique :

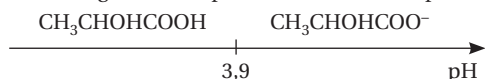


2. Un acide AH est une espèce chimique susceptible de céder un ion H^+ .

3. Demi-équation protonique relative au couple acide lactique / ion lactate :



4. Le diagramme de prédominance du couple est :

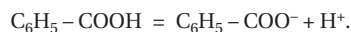


5. Lors d'un effort, le pH du sang vaut 6,9, l'espèce prédominante est l'ion lactate, car le pH est supérieur à 3,9.

13. L'acide benzoïque

1. Un acide AH est une espèce chimique susceptible de céder un ion H^+ .

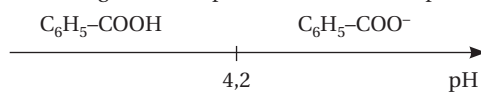
2. Demi-équation protonique mettant en jeu l'acide benzoïque :



3. Équation de la réaction de l'acide benzoïque avec l'eau :



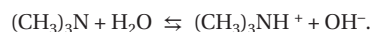
4. Le diagramme de prédominance du couple est :



L'espèce prédominante dans la solution S est la forme acide $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ car le pH est inférieur au $\text{p}K_a$.

14. La triméthylamine.

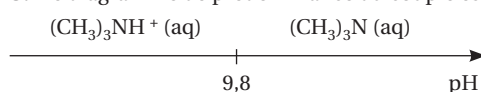
1. Équation de la réaction entre la triméthylamine et l'eau :



2. Expression de la constante d'acidité de ce couple :

$$K_a = [(\text{CH}_3)_3\text{N}] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+] / [(\text{CH}_3)_3\text{NH}^+].$$

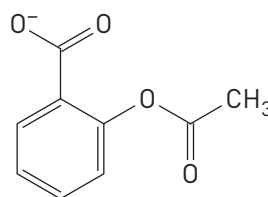
3. Le diagramme de prédominance du couple est :



À pH = 10,9, la forme prédominante est la forme basique $(\text{CH}_3)_3\text{N}$.

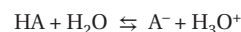
15. L'aspirine en solution aqueuse

1. Base conjuguée :



2. AH est un acide faible car le pH de la solution est supérieur à $-\log C = 2,55$.

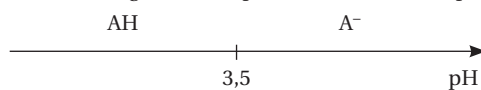
3. Équation de réaction de l'aspirine HA avec l'eau :



4. Constante d'acidité dans l'eau K_a :

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]_f \cdot [\text{A}^-]_f}{[\text{AH}]_f}.$$

5. a. Le diagramme de prédominance du couple est :



b. L'espèce qui prédomine dans la solution S est la forme acide car $\text{pH} < \text{p}K_a$.

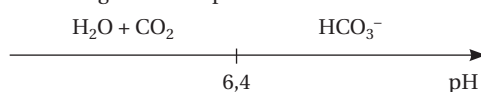
6. a. L'espèce qui prédomine dans la solution S' est la forme basique car $\text{pH} > \text{p}K_a$.

b. L'acide acétylsalicylique est plus dissocié que dans la solution S puisque c'est la forme basique qui prédomine.

16. Le dioxyde de carbone et le pH du sang

1. L'équation de réaction est $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{H}_3\text{O}^+$.

2. Le diagramme de prédominance est :



3. Si pH = 7,4, l'espèce prédominante est HCO_3^- .

4. La solution de dioxyde de carbone est acide, le pH diminue par acidification du milieu.

17 La méthanimine

1. Concentration de la solution en ions oxonium :

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-12} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}.$$

Concentration en ions hydroxyde :

$$[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-] = K_e, \text{ d'où } [\text{OH}^-] = K_e / [\text{H}_3\text{O}^+]$$

$$[\text{OH}^-] = 10^{-14} / 10^{-12} = 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}.$$

2. La méthanimine est une base.

État	Avancement	$\text{CH}_3\text{NH}_2 \text{ (aq)}$	+	H_2O	$\text{CH}_3\text{NH}_3^+ \text{ (aq)}$	+	$\text{HO}^- \text{ (aq)}$
initial	0	n_0		excès	0		0
équilibre	x_{eq}	$n_0 - x_e$		excès	x_{eq}		x_{eq}

D'après le tableau d'avancement : $x_{\text{eq}} = n_{\text{eq}}(\text{CH}_3\text{NH}_3^+) = n_{\text{eq}}(\text{HO}^-)$.

D'où :

$$[\text{HO}^-]_{\text{eq}} = [\text{CH}_3\text{NH}_3^+]_{\text{eq}} = 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}.$$

$$[\text{CH}_3\text{NH}_2]_{\text{eq}} = n_{\text{eq}}(\text{CH}_3\text{NH}_2) / V = (n_0(\text{CH}_3\text{NH}_2) - x_{\text{eq}}) / V$$

$$= C - x_{\text{eq}} / V = C - [\text{HO}^-]_{\text{eq}} = 0,2 - 0,01 = 0,19 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}.$$

5. Expression de la constante d'acidité K_a du couple faisant intervenir la méthanimine :

$$K_a = ([\text{CH}_3\text{NH}_2]_{\text{eq}} \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}}) / [\text{CH}_3\text{NH}_3^+]_{\text{eq}}$$

$$K_a = 0,19 \times 10^{-12} / 0,01 = 0,19 \times 10^{-10} \text{ d'où } \text{p}K_a = 10,7.$$

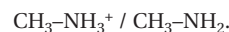
6. Plus le $\text{p}K_a$ est élevé, plus la base du couple est forte, donc la base la plus forte est la méthanimine.

18 La vitamine C

1. Concentration molaire en soluté apporté de la solution d'acide ascorbique :

$$C = n/v \text{ avec } n = m/M = 0,44/176 = 2,5 \times 10^{-3} \text{ mol}.$$

Le couple acide-base dans lequel elle intervient est :



La demi-équation protonique de ce couple s'écrit :



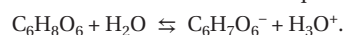
3. Équation de la réaction de la méthanimine avec l'eau :



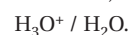
4. Tableau d'avancement :

$$C = 2,5 \times 10^{-3} / 0,5 = 5 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}.$$

2. Équation de la réaction de l'acide ascorbique avec l'eau :



En dehors du couple acide ascorbique / ion ascorbate, cette réaction met en jeu le couple acide-base,



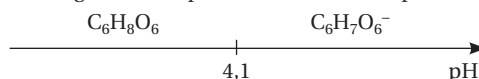
3. L'acide ascorbique est un acide faible car

$$\text{pH} = 3,2 > -\log C = 2,3.$$

Constante d'équilibre K_a du couple $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6 / \text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6^-$:

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_6^-]}{[\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6]}$$

4. Diagramme de prédominance du couple :



L'espèce prédominante dans la solution préparée est l'acide ascorbique.

12 Quelles sont les propriétés des réactions acido-basiques ?

MATÉRIEL NÉCESSAIRE POUR LES ACTIVITÉS

Activité 2

- Matériel : tube à essais, tube à dégagement, bécher.
- Produits : solution d'hydrogénocarbonate de sodium ($\text{Na}^+ + \text{HCO}_3^-$) de concentration $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$; solution d'acide chlorhydrique à $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, eau de chaux.

Activité 3

- Matériel : bécher, burette, dispositif de suivi pH-métrique, tableur.
- Produits : solution d'acide chlorhydrique de concentration inconnue ; bleu de bromothymol ; eau distillée ; solution d'hydroxyde de sodium de concentration $10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Activité 4

- Matériel : bécher, burette, pipette jaugée, dispositif de suivi pH-métrique, tableur.
- Produits : solution S de Destop, bleu de bromothymol, eau distillée, solution d'acide chlorhydrique de concentration $C_A = 2,0 \times 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Activité 5

- Matériel : bécher, burette, pipette jaugée, fiole jaugée de 500,0 mL, dispositif de suivi pH-métrique, tableur.
- Produits : comprimé d'aspirine, phénolphtaléine, solution de soude de concentration $C_B = 0,050 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, solution de perfusion, hélianthine, solution d'acide chlorhydrique de concentration $C_A = 0,4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Activité 6

- Matériel : pH-mètre.
- Produits : comprimé d'aspirine tamponnée effervescent, solution d'acide chlorhydrique à $10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, solution de soude à $10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

RÉPONSES AUX QUESTIONS DES ACTIVITÉS

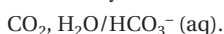
■ Activité 1

1. Une solution tampon amortit les variations de pH lorsqu'il y a une perturbation de l'équilibre acide-base.
2. Les liquides des organismes vivants doivent être des systèmes « tampons » pour maintenir leur pH constant afin que de multiples réactions enzymatiques dépendantes du pH des milieux extracellulaire et intracellulaire puissent se dérouler.
3. La dissolution du dioxyde de carbone dans une solution aqueuse provoque une baisse du pH.
Le sang veineux transporte le dioxyde de carbone alors que le sang artériel transporte l'oxygène, son pH est donc inférieur à celui du sang artériel.
4. Le pH du sang est maintenu constant par la présence de systèmes tampons.

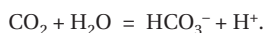
■ Activité 2

1. Le produit caractérisé par l'eau de chaux est le dioxyde de carbone de formule CO_2 .

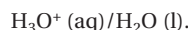
2. Le couple acido-basique auquel appartient le dioxyde de carbone est :



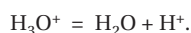
La demi-équation protonique correspondante s'écrit :



3. Le couple acido-basique auquel appartiennent les ions hydronium de l'acide chlorhydrique est :



La demi-équation protonique correspondante s'écrit :



4. Les deux ions réactifs sont l'ion hydrogénocarbonate qui joue le rôle de base et l'ion oxonium qui est l'acide.

■ Activité 3

1. Réaction acido-basique entre l'acide chlorhydrique et l'hydroxyde de sodium :



(les ions spectateurs Na^+ et Cl^- ne figurent pas dans l'équation).

2. La valeur pH_E du pH lorsque l'acide et la base sont introduits dans les proportions stœchiométriques est égal à 7.

3. La valeur V'_{BE} du volume de soude correspondant à pH_E est égale à V_{BE} et au volume pour lequel $\text{dpH}/\text{d}V_B$ est maximum.

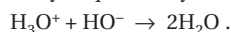
4. Tableau d'avancement :

Équation de la réaction		H_3O^+	+	HO^-	$\rightarrow$	$2\text{H}_2\text{O}$
État du système	Avancement	Expressions des quantités de matière				
initial	$x = 0$	$n_A = C_A \cdot V_A$		$n_B = C_B \cdot V_B$		excès
En cours de réaction	x	$C_A \cdot V_A - x$		$C_B \cdot V_B - x$		excès
À l'équivalence	x_E	$C_A \cdot V_A - x_E = 0$		$C_B \cdot V_{BE} - x_E = 0$		excès

La dernière ligne du tableau permet d'écrire $x_E = C_A \cdot V_A = C_B \cdot V_{BE}$.

■ Activité 4

1. Réaction acido-basique entre l'acide chlorhydrique et l'hydroxyde de sodium :



2. $V'_{AE} = V_{AE} = 15 \text{ mL}$.

3. À l'équivalence, la quantité d'ions H_3O^+ ajoutée est égale à la quantité d'ions OH^- initialement présents.

$$n(\text{H}_3\text{O}^+) = n(\text{OH}^-) \text{ soit } C_A \cdot V_{AE} = C' \cdot V_i$$

où C' est la concentration de la solution diluée et V_i le volume dosé ($V_i = 10,0 \text{ mL}$). D'où :

$$C' = \frac{C_A \cdot V_{AE}}{V_i}.$$

Application numérique : $C' = 0,3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. $C = 20 \times C'$, $C = 6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

■ Activité 5

Expérience 1

1. La solution initiale est acide, le pH est de l'ordre de 3,1.

4. À l'équivalence :

a. la valeur V'_{BE} de soude versée est égale à la valeur mesurée V_{BE} ;

b. la valeur du pH_E est supérieure à 7.

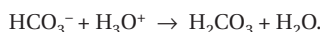
5. À $V_{BE}/2$, la valeur du pH est proche de celle du pK_a . On constate que le pH varie alors très peu.

Expérience 2

1. Pour prélever avec précision les 25 mL de solution il faut utiliser une pipette jaugée.

3. Le volume à l'équivalence est de l'ordre de 10,5 mL, le pH est alors acide.

4. La réaction entre les ions hydrogénocarbonate et les ions hydronium est



5. La quantité de matière en ions hydrogénocarbonate contenue initialement dans le bécher est :

$$n(\text{HCO}_3^-)_0 = C_B \cdot V_B$$

où C_B est la concentration cherchée en ions hydrogénocarbonate et $V_B = 25 \text{ mL}$.

Lors de l'équivalence la quantité de matière en ions hydronium apportée par l'acide chlorhydrique est égale à $n(\text{HCO}_3^-)_0$. Cette quantité de matière est égale à $C_A \cdot V_A$, avec $C_A = 0,4 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ et $V_A = 10,5 \text{ mL}$ (volume d'acide versé à l'équivalence).

Nous obtenons la relation $C_A \cdot V_{AE} = C_B \cdot V_B$.

$$C_B = C_A \cdot \frac{V_{AE}}{V_B}$$

$$\text{Donc } C_B = 0,4 \times \frac{10,5}{25} = 0,17 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}.$$

Le titre massique en ions hydrogénocarbonate est $t_B = C_B \cdot M = 0,17 \times 84 = 14 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$.

Dans 100 mL de solution, c'est-à-dire 100 g, car la masse volumique vaut $1 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$, la masse d'ions hydrogénocarbonate est de 1,4 g, ce qui correspond à un pourcentage massique de 1,4 %.

■ Activité 6

1. Dans le cas de la solution tamponnée, le pH reste très proche de 5,9. Il y a de très faibles variations (de l'ordre de 0,1 unité de pH) lors de l'ajout des différents produits.

Ceci n'est plus du tout vrai avec l'eau.

2. La solution dont le pH varie le moins lors des différents ajouts est la solution d'aspirine tamponnée.

CORRECTION DES EXERCICES

Tester ses compétences

1 Étude d'un détartrant

1. Les couples acide-base qui interviennent lors de la réaction sont :



Les demi-équations protoniques sont :



2. L'équation de réaction entre la soude et le détartrant s'écrit :



3. La solution diluée est :

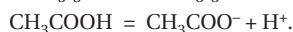
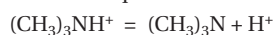
$$C_A = C' \cdot \frac{V'}{V} = 0,1 \times \frac{9,2}{20} = 4,6 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}.$$

La concentration en acide chlorhydrique dans le détartrant est :

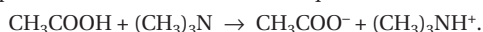
$$4,6 \times 10^{-2} \times 50 = 2,3 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}.$$

2 Pourquoi ajoute-t-on du vinaigre à l'eau de cuisson d'un poisson ?

1. Demi-équation acido-basique associée à chaque couple :



2. L'équation de la réaction acido-basique s'écrit :



3. Lorsqu'on ajoute du vinaigre dans l'eau de cuisson du poisson au court-bouillon, il se forme des ions éthanoate et triméthylammonium dépourvus d'odeur.

3 Dosage de l'acide lactique dans le lait

1. Le pH initial est égal à 2,9 et $V_{BE} = 12 \text{ mL}$.

2. À l'équivalence, les réactifs sont introduits dans les proportions stœchiométriques.

3. La relation entre C_A , V_A , C_B et V_{BE} s'écrit $C_A \cdot V_A = C_B \cdot V_{BE}$.

$$4. C_A = C_B \cdot \frac{V_{BE}}{V_A} = 0,05 \times \frac{12}{20} = 3,0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}.$$

5. Masse d'acide lactique dans le lait dosé :

$$m = M \cdot n = 90 \times 3,0 \times 10^{-2} = 2,7 \text{ g}.$$

6. Acidité du lait dosé : 2,7/0,1 = 27 degrés Dornic.

7. Le lait étudié n'est pas frais car son acidité est supérieure à 18 °D.

4 Solutions tampon

1. Le pH d'une solution tampon :

– ne varie pas lors d'une faible dilution ;

– varie peu lors de l'addition d'une quantité modérée d'acide fort ou de base forte.

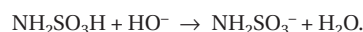
2. Les conditions expérimentales de la préparation de la solution sont telles que le mélange est à la demi-équivalence.

3. Le pH de cette solution tampon est égal au $\text{p}K_a$ du couple acide-base (acide éthanoïque/ion éthanoate) = 4,8.

Utiliser ses connaissances

5 Analyse d'un détartrant pour cafetière

1. Équation de réaction :



2. Concentration molaire d'acide sulfamique dans la solution S_0 :

$$C_A = C_B \cdot \frac{V_{BE}}{V_A} = 0,10 \times \frac{15,3}{10} = 1,53 \times 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}.$$

3. Masse d'acide sulfamique dans un sachet de détartrant.

Masse molaire de l'acide :

$$M = M_N + 3 \cdot M_H + M_S + 3M_O = 14 + 3 + 32 + 16 \times 3 = 97 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

On sait que $C = n/V$ or $n = m/M$ donc $C = m/(V \cdot M)$ il vient

$$m = C \cdot V \cdot M.$$

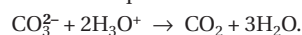
Le sachet a été dilué dans 1,00 L d'eau, donc $V = 1,00 \text{ L}$,

$$m = 1,53 \times 10^{-1} \times 1,00 \times 97 = 14,8 \text{ g}.$$

4. Les ions carbonate ont des propriétés basiques.

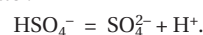
L'acide sulfamique est un acide fort, donc totalement dissocié dans l'eau.

L'équation de la réaction de la transformation chimique qui se produit entre l'acide sulfamique et le tartre s'écrit :



6 PH d'une eau de piscine

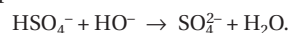
1. Demi-équation acido-basique associée au couple ion hydrogènesulfate/ion sulfate :



2. Un acide AH est une espèce chimique susceptible de céder un ion H^+ alors qu'une base est une espèce chimique susceptible de capter un ion H^+ .

L'acide est l'ion hydrogènesulfate et la base, l'ion sulfate.

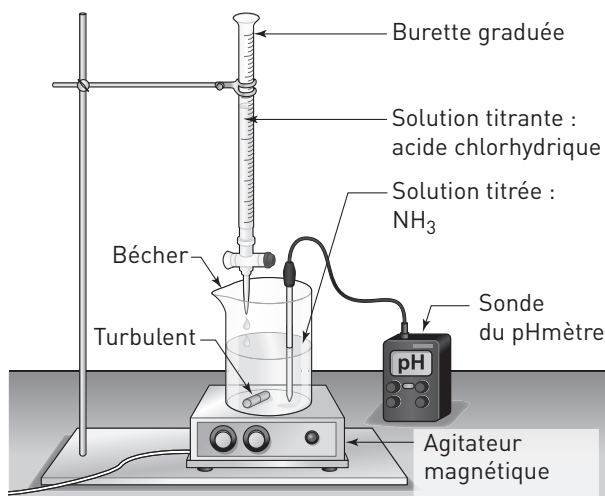
3. L'équation de la réaction acido-basique que l'on peut envisager entre les couples s'écrit :



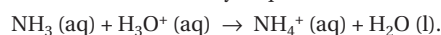
4. L'hydrogènesulfate de sodium abaisse le pH des eaux de piscine car il réagit avec les ions hydroxyde.

7 Dosage d'une solution d'ammoniac par une solution d'acide chlorhydrique

1. Schéma du dispositif de dosage



2. Réaction entre l'acide chlorhydrique et l'ammoniac :



3. Concentration de la solution d'ammoniac :

$$C_B = C_A \cdot \frac{V_A}{V_B}$$

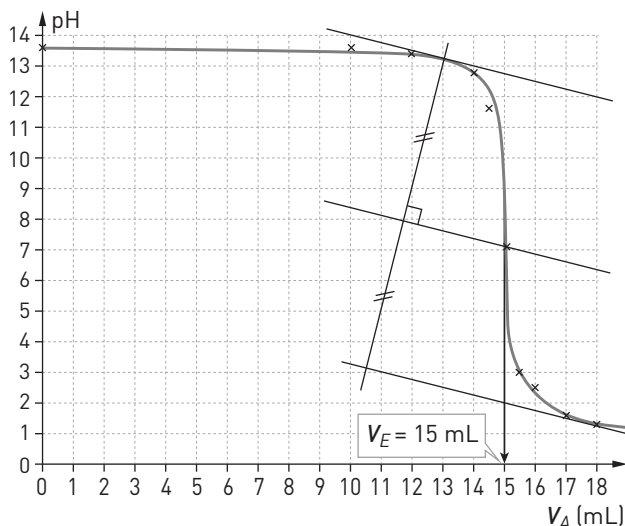
Donc $C_B = 0,01 \times \frac{20}{10} = 0,02 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

4. La solution dans le bécher à l'équivalence est acide.

5. Le pH à la demi-équivalence du dosage est égal au pK_a du couple ion ammonium/ammoniac.

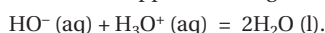
3 Titrage d'un produit déboucheur d'évier

1. Courbe $\text{pH} = f(V_A)$.



On détermine le volume équivalent par la méthode des tangentes : $V_E = 15 \text{ mL}$.

2. Équation de la réaction support de titrage :



3. À l'équivalence les quantités de matière des réactifs sont en proportions stœchiométriques. Avant l'équivalence, l'un des réactifs est en excès, après l'équivalence, l'autre réactif est en excès.

$$C_A \cdot V_E = V \cdot C$$

$$C = C_A \cdot V_E / V = 0,10 \times 15 / 5 = 0,30 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

4. Concentration molaire C_0 de l'hydroxyde de sodium dans le produit ménager :

$$C_0 = 20 C = 20 \times 0,30 = 6,0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

5. Masse d'hydroxyde de sodium par litre de solution.

Masse molaire de l'hydroxyde de sodium :

$$M = 23 + 1 + 16 = 40 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\text{Masse } m = C_0 \cdot M \cdot V = 6 \times 40 \times 1 = 240 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$$

6. Pourcentage massique d'hydroxyde de sodium dans le produit ménager :

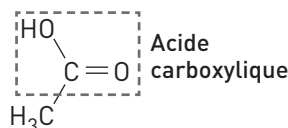
$$\text{Masse d'1 L de produit ménager : } 1 \times \rho = 1\,230 \text{ g}$$

1 L contient 240 g d'hydroxyde de sodium d'où le pourcentage est égal à :

$$240 / 1\,230 = 0,195 = 19,5 \%$$

2 Dosage de l'acide éthanóïque par l'hydroxyde de sodium.

1. Groupe caractéristique :

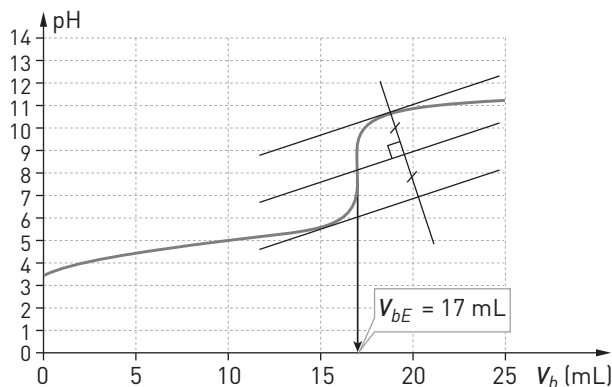


2. Un acide AH est une espèce chimique susceptible de céder un ion H^+ .

3. a. On utilise la pipette jaugée (schéma n° 2).

b. Le réglage est mauvais, la partie inférieure du ménisque doit affleurer le trait du zéro.

4. a.



Le volume versé à l'équivalence est $V_{bE} = 17,0 \text{ mL}$.

b. À l'équivalence, les quantités de matière des réactifs sont en proportions stœchiométriques : $n_a = n_{bE}$

c. Concentration C_a de l'acide éthanóïque dans la solution diluée :

$$C_a \cdot V_a = C_b \cdot V_{bE}$$

$$C_a = C_b \cdot V_{bE} / V_a = 0,10 \times 17,0 / 10,0 = 0,17 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

5. Masse d'acide éthanóïque dans 1 L de solution :

La concentration de l'acide éthanóïque dans la solution est : $0,17 \times 10 = 1,7 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Masse molaire de l'acide éthanóïque :

$$M = 2 \times 12 + 4 + 2 \times 16 = 60 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$m = n \cdot M = 1,7 \times 60 = 102 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$$

Le dosage a permis de trouver une valeur proche de celle indiquée sur l'étiquette.

Chimie et santé

10. Problème de crampe ?

1. Le pH d'une solution tampon :
 - ne varie pas lors d'une faible dilution ;
 - varie peu lors de l'addition d'une quantité modérée d'acide fort ou de base forte.

2. Demi-équation associée au couple acido-basique acide carbonique/ion hydrogénocarbonate :



3. Équation de la réaction de l'acide carbonique avec l'eau :



4. Expression de la constante d'acidité K_a associée à ce couple :

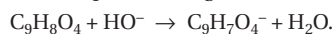
$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]_f \cdot [\text{HCO}_3^-]_f}{[\text{H}_2\text{CO}_3]_f}.$$

5. Quand l'acide lactique passe dans le sang, le pH diminue.
6. Quand l'acide lactique passe dans le sang, il réagit avec les ions hydrogénocarbonate donc le pH augmente.

7. L'ion hydrogénocarbonate dans le sang permet de maintenir constante la valeur du pH.

11. Dosage de l'acide acétylsalicylique dans un comprimé d'aspirine

1. Équation acido-basique du dosage :



2. Quantité de matière n d'acide acétylsalicylique dosé :

$$n = C \cdot v.$$

3. Expression de la quantité de matière n_B d'hydroxyde de sodium versé à l'équivalence :

$$n_B = C_B \cdot v_B.$$

4. $C \cdot v = C_B \cdot v_B$.

5. Concentration C de la solution S :

$$C = C_B \cdot v_B / v = 0,01 \times 10,5 / 20,0 = 5,25 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}.$$

6. Quantité de matière d'aspirine contenue dans le comprimé :

$$n = C \cdot v = 5,25 \times 10^{-3} \times 0,5 = 2,62 \times 10^{-3} \text{ mol}.$$

Masse m d'acide acétylsalicylique contenu dans le comprimé :

$$m = n \cdot M = 180 \times 2,62 \times 10^{-3} = 0,472 \text{ g} = 472 \text{ mg}.$$

13 Comment fabrique-t-on le savon ?

MATÉRIEL NÉCESSAIRE POUR LES ACTIVITÉS

Activité 2

- Matériel : montage à reflux (ballon, colonne réfrigérante, chauffe-ballon), filtre Buchner.
- Produits : solution de soude concentrée, bouteille d'huile d'olive, solution saturée de chlorure de sodium, grains de pierre ponce.

Activité 3

- Matériel : tubes à essai.
- Produits : solutions de chlorure de calcium et de chlorure de magnésium, eau de Volvic, eau d'Hépar et savon liquide.

Activité 4

- Matériel : tubes à essai, morceau de tissu.
- Produits : savon liquide, huile.

RÉPONSES AUX QUESTIONS DES ACTIVITÉS

■ Activité 1

1. Les réactifs de la transformation chimique qui produit du savon sont le gras des salissures et la potasse des cendres. C'est pendant le chauffage et au cours de la macération qu'a lieu la transformation chimique.
2. Une réaction de saponification consiste à fabriquer du savon.
3. Pour obtenir du savon, il faut réaliser un mélange huile-soude que l'on chauffe.

■ Activité 2

1. L'éthanol permet d'homogénéiser le milieu réactionnel, l'huile y est plus soluble que dans l'eau.
2. Le chauffage à reflux permet de condenser dans le milieu réactionnel les vapeurs qui se forment. Un tel dispositif évite les pertes de réactifs.
3. L'équation de la réaction s'écrit :
$$\text{triglycéride} + 3(\text{Na}^+, \text{HO}^-) \rightarrow 3(\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COO}^-, \text{Na}^+) + \text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}_2-\text{OH} \text{ (glycerol)}.$$

■ Activité 3

Expérience 1

1. La mousse est plus abondante dans le tube 1 contenant l'eau distillée.
2. Il se forme un précipité dans les tubes 2 (solution de chlorure de calcium) et 3 (solution de chlorure de magnésium).
3. Dans les eaux dures, le savon est peu efficace, car il se forme un précipité par réaction entre les ions carboxylate et les ions calcium et/ou les ions magnésium.

Expérience 2

4. L'eau qui contient le plus le plus d'ions calcium est l'eau d'Hépar. L'eau la plus dure est l'eau d'Hépar.
5. L'eau la moins dure est l'eau distillée.
6. Le savon se dissout le mieux dans l'eau distillée.

■ Activité 4

1. Le liquide constitué d'eau et de savon est le plus mouillant.
2. Il y a une émulsion stable dans le tube contenant le savon liquide.

■ Activité 5

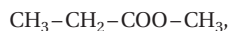
1. Dans les micelles, les ions carboxylate enrobent l'huile, les têtes hydrophiles étant orientées vers l'eau (extérieur).
Dans les liposomes, les substances hydrosolubles sont piégées à l'intérieur du liposome.
2. Les têtes hydrophiles se positionnent dans le milieu aqueux.
3. Les liposomes permettent de faire passer à travers la membrane cellulaire des substances sans affinité pour celle-ci.

CORRECTION DES EXERCICES

Tester ses compétences

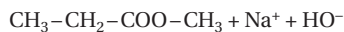
1. Réaction de saponification

1. Le propanoate de méthyle a pour formule



la soude : $\text{Na}^+ + \text{OH}^-$.

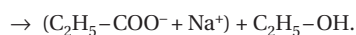
L'équation de la réaction s'écrit :



2. L'alcool obtenu est le méthanol, l'anion carboxylate est l'ion propanoate.

2. Rendement

1. La réaction de saponification s'écrit :



2. Le nombre de moles d'ester introduit est :

$$n_1 = 6/102 = 0,058 \text{ mole}.$$

Le nombre de moles de soude introduit est $n_2 = 6/40 = 0,15 \text{ mole}$.

L'ester est donc le réactif limitant.

La quantité de propanoate de sodium attendue est donc n_1 .

3. La masse de propanoate de sodium attendue est donc :

$$m = 0,058 \times 96 = 5,6 \text{ g}.$$

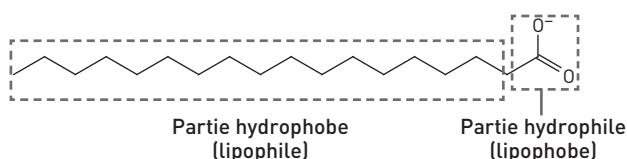
Le rendement de la réaction est de $5/5,6 = 0,89 = 89 \%$.

3. L'oléine

- Le groupe fonctionnel est le groupe ester.
- Le nom de la transformation chimique est « saponification ». La réaction de saponification est une réaction totale et lente.
- Le savon obtenu a pour formule : $\text{C}_{17}\text{H}_{33} - \text{COO}^-$, Na^+ : oléate de sodium.

4. Structure des savons

- Hydrophobe : peur de l'eau. Hydrophile : amie de l'eau.
-



3. Dans le béccher l'eau est à la partie inférieure et l'huile au-dessus.

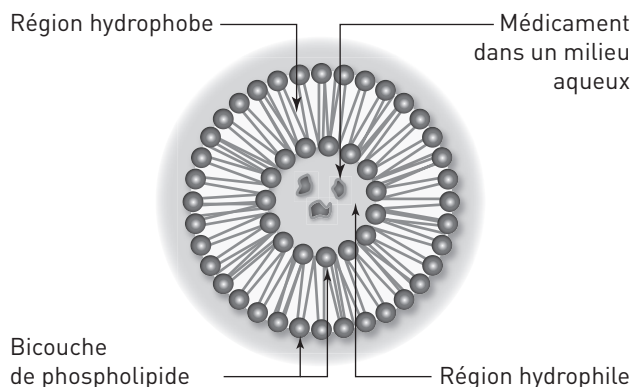
5. Savons et qualité de l'eau

- Un précipité se forme dans une eau dure.
- L'équation de la réaction s'écrit : $\text{RCOO}^- + \text{H}_3\text{O}^+ = \text{RCOOH} + \text{H}_2\text{O}$.
- Les savons sont moins efficaces en milieu acide, car il y a perte de leur partie hydrophile.

6. Action d'un savon

- Les structures A et B sont des micelles.
- Dans le cas B, le centre de la structure est de l'eau et dans le cas A, de l'huile.

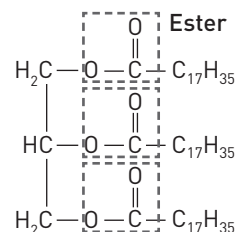
7. Structure d'un liposome



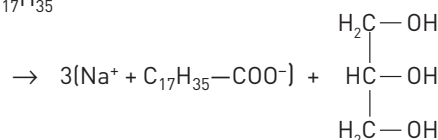
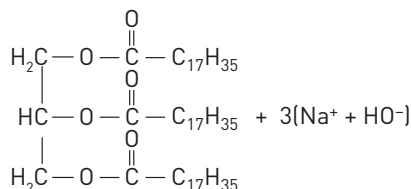
Utiliser ses connaissances

3. Synthèse d'un savon

- Un triglycéride est un triester du glycérol.
-



3. a. L'équation de la réaction de saponification s'écrit :



- b. Quantité de matière n de stéarate de sodium

$$n = m/M = 4\,600/306 = 15 \text{ mol}.$$

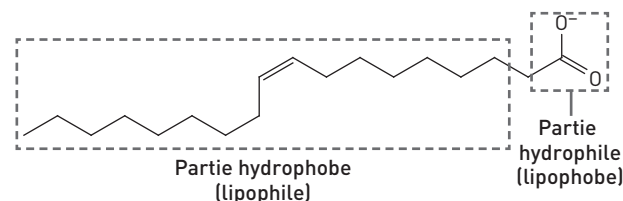
Quantité n' de stéarine à utiliser : $n' = 15/3 = 5 \text{ mol}$.

Masse de stéarine nécessaire.

$$m = n' \cdot M_{\text{stéarine}} = 5 \times 890 = 4\,450 \text{ g} = 4,45 \text{ kg}.$$

2. Action d'un savon

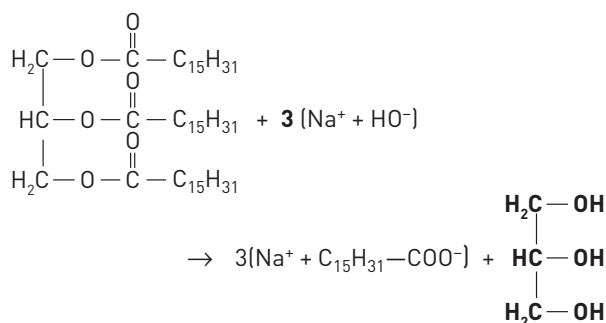
- 1.



2. Le schéma n° 1 est correct, car les parties hydrophobes sont dans la tache grasse.

10. Obtention d'un savon au palmitate de sodium

- Il s'agit d'une réaction de saponification, elle est totale.
- Équation de réaction :



- a. La masse du triglycéride TR saponifié est égale à :

$$916 \times 0,44 = 403 \text{ kg.}$$

- b. Masse molaire du triglycéride de formule $\text{C}_{51}\text{H}_{98}\text{O}_6$:

$$M = 51 \times 12 + 98 + 6 \times 16 = 806 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

- c. Quantité de matière triglycéride TR saponifié :

$$n = m/M = 403 \times 1\,000/806 = 500 \text{ mol.}$$

D'après les coefficients stœchiométriques de l'équation précédente, la quantité de matière de savon obtenu est :

$$n_{\text{savon}} = 3 \times n_{\text{triglycéride}} = 3 \times 500 = 1\,500 \text{ mol.}$$

4. Masse de savon obtenu :

$$M_{\text{savon}} = 278 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

$$m = n_{\text{savon}} \times M_{\text{savon}} = 1\,500 \times 278 = 4,17 \times 10^5 \text{ g} = 417 \text{ kg.}$$

11. Préparation d'un savon

- Nom des 3 éléments du montage : 1 : réfrigérant à eau ; 2 : ballon ; 3 : milieu réactionnel ; 4 : chauffe-ballon.
- La réaction est lente à température ambiante ; en travaillant à température plus élevée, on accélère la réaction chimique.
- Les deux parties (a) et (b) du montage représentent : (b) : arrivée de l'eau ; (a) : sortie de l'eau.
- a. L'équation de la réaction s'écrit :

$$\text{C}_{57}\text{H}_{110}\text{O}_6 + 3\text{HO}^- \rightarrow 3\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COO}^- + \text{C}_3\text{H}_8\text{O}.$$
- b. La réaction entre la stéarine et la solution de potasse est une saponification.
- c. Il se forme aussi du glycérol ou propan-1, 2, 3-triol de formule :



- d. La stéarine est un triglycéride de formule $\text{C}_{57}\text{H}_{110}\text{O}_6$.

Masse molaire M_s de la stéarine :

$$M_s = 57 \times 12 + 110 + 6 \times 16 = 890 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

- e. Quantité de matière n_s de stéarine introduite lors de la fabrication du savon :

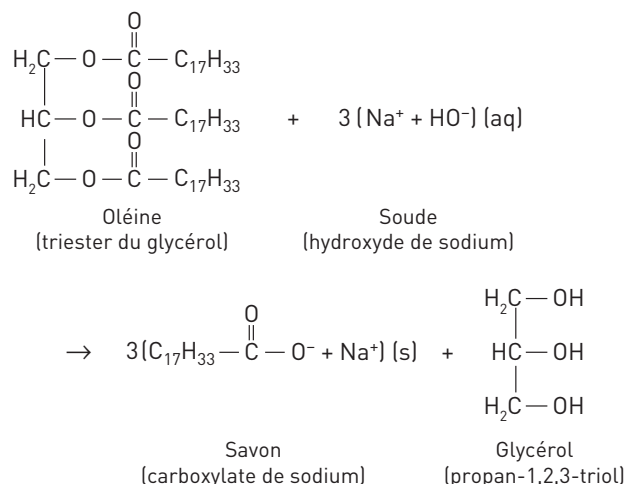
$$n_s = m/M_s = 50,0/890 = 5,618 \times 10^{-2} \approx 5,62 \times 10^{-2} \text{ mol.}$$

D'après les nombres stœchiométriques de l'équation :

$$n = 3n_s = 3 \times 5,618 \times 10^{-2} = 1,6854 \times 10^{-1} \approx 0,169 \text{ mol.}$$

12. Savon de Marseille

1. et 2. L'équation de la réaction de saponification de l'oléine par l'hydroxyde de sodium s'écrit :



3. Masse d'oléine nécessaire pour obtenir un pain de savon de 150 g.

Un pain de savon de 150 g contient une masse d'oléate de sodium

$$m = 150 \times 30/100 = 45 \text{ g.}$$

Masse molaire M de l'oléate de sodium :

$$M = 18 \times 12 + 33 + 2 \times 16 + 23 = 304 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

Nombre de moles n dans 45 g d'oléate de sodium :

$$n = 45/304 = 0,15 \text{ mol.}$$

Une mole d'oléine donne 3 moles d'oléate de sodium. Si le rendement était de 100 % il faudrait 0,05 mol d'oléine. Avec un rendement de 80 %, il faut

$$n' = 0,05/0,8 = 0,063 \text{ mol d'oléine.}$$

Masse molaire M' de l'oléine :

$$M' = (18 \times 12 + 33 + 2 \times 16) \times 3 + 3 \times 12 + 5 = 884 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

Masse d'oléine nécessaire :

$$n' \times M' = 0,063 \times 884 = 55 \text{ g.}$$

4. Masse de glycérol obtenu lors de cette réaction.

Une mole d'oléine produit 1 mole de glycérol. Il se forme donc 0,063 mol de glycérol.

$$\text{Masse molaire du glycérol : } 3 \times 12 + 8 + 3 \times 16 = 92 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

$$\text{Masse de glycérol obtenu : } 0,063 \times 92 = 5,8 \text{ g.}$$

5. L'efficacité du savon de Marseille est réduite en présence d'une eau dure, car un précipité se forme.

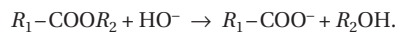
Chimie et santé

13. L'oséltamivir

1. Le groupe caractéristique encadré est un groupe ester.

La formule semi-développée du groupe R_2 est CH_3-CH_2-

2. Réaction entre l'oséltamivir et l'ion hydroxyde :



3. Cette réaction est une saponification.

4. L'hydrolyse basique d'un ester ou saponification est lente et totale.

5. Masse molaire M de l'ion carboxylate $R_1-\text{COO}^-$:

$$M(\text{oséltamivir}) + M_{(\text{OH}^-)} = M + M_{(R_2\text{OH})}$$

$$M = M(\text{oséltamivir}) + M_{(\text{OH}^-)} - M_{(R_2\text{OH})}$$

$$M = 312 + (16 + 1) - (12 \times 2 + 5 \times 1) = 300 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

Quantité d'oséltamivir = quantité d'ions carboxylate obtenue = 75/312 mol.

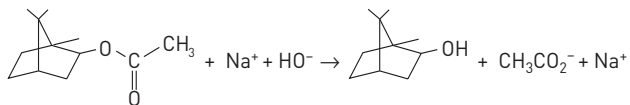
Masse d'ions carboxylate :

$$300 \times 75/312 = 72 \text{ g.}$$

14. Le camphre

1. L'acétate d'isobornyle est un ester qui réagit avec la soude selon une réaction de saponification.

2. Lors d'une réaction de saponification, il se forme un alcool et un ion carboxylate. Dans le cas présent l'alcool est l'isobornéol et le carboxylate est l'ion éthanoate (ou acétate). La réaction s'écrit :



3. a. La masse molaire de l'acétate d'isobornyle est :

$$M = 12 \times 12 + 20 \times 1 + 2 \times 16 = 196 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

La quantité d'acétate d'isobornyle introduite est donc :

$$n = \frac{6}{196} = 0,03 \text{ mol}.$$

Si la réaction est totale, il se formera $n = 0,03$ mole d'isobornéol.

La masse molaire de l'isobornéol est :

$$M = 10 \times 12 + 18 \times 1 + 1 \times 16 = 154 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

On en déduit la masse théorique d'isobornéol :

$$m = 154 \times 0,03 = 4,6 \text{ g}.$$

b. On définit le rendement comme le rapport de la masse obtenue expérimentalement par la masse théorique soit :

$$r = \frac{3,7}{4,6} = 0,80.$$

14 Comment appliquer l'oxydoréduction aux dosages ?

MATÉRIEL NÉCESSAIRE POUR LES ACTIVITÉS

Activité 2

- Matériel : tubes à essai, bain-marie.
- Produits : solutions de propanal, de propanone, de propanol, de glucose.
- Réactifs de Fehling, solution de DNPH.

Activité 3

- Matériel : tubes à essai.
- Produits : solutions de butan-1-ol, de butan-2-ol, de 2-méthylpropan-2-ol, d'acide sulfurique ($6 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$), de permanganate de potassium ($0,1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$).
- Réactifs de Fehling, solution de DNPH.

Activité 4

- Matériel : montage de suivi colorimétrique (erlenmeyer, agitateur magnétique, burette).
- Produit : solution d'eau iodée à 1 %, solution de thiosulfate de sodium ($2,5 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$), thiodène.

Activité 5

- Matériel : verrerie pour la dilution, montage de suivi colorimétrique.
- Produit : eau oxygénée à 10 volumes, eau distillée, acide sulfurique à $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, permanganate de potassium de concentration $C_2 = 2,00 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

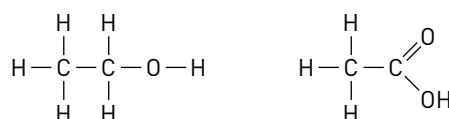
Activité 6

- Matériel : pipette graduée, ballon, bain-marie, tube à essai.
- Produits : acide lactique (produit commercial à 85 %), solution de permanganate de potassium à $1,0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$, acide sulfurique à $0,5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ environ, solution d'hydroxyde de sodium ($1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$), solution de 2,4-DNPH, liqueur de Fehling.

RÉPONSES AUX QUESTIONS DES ACTIVITÉS

■ Activité 1

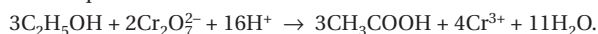
1. Formules développées de l'éthanol et de l'acide éthanóïque :



Elles diffèrent par la présence d'un atome d'oxygène.

2. L'éthanol est oxydé en acide éthanóïque. Le dichromate est réduit en ions chrome III.

3. Équation d'oxydoréduction qui a lieu dans la cellule de l'alcootest :



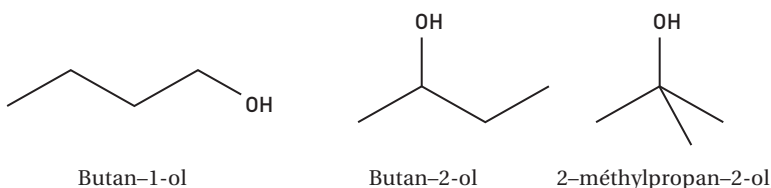
4. Le principe de dosage de l'alcool dans le sang est une réaction d'oxydoréduction entre l'alcool et le dichromate de potassium.

■ Activité 2

1. Il y a formation d'un précipité orange dans les tubes contenant le propanal et la propanone.
2. La DNPH réagit avec le groupe carbonyle.
3. Dans le tube contenant le propanal, il se forme un précipité rouge brique caractéristique des aldéhydes.
4. Il se forme un précipité rouge brique, le glucose possède des groupes aldéhydes.

■ Activité 3

1. Formules semi-développées des alcools :



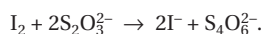
2. Il se forme deux phases, une aqueuse et une organique. La phase aqueuse est moins colorée que la solution de permanganate de départ.

3. Dans les phases organiques issues du butan-1-ol et du butan-2-ol, après ajout de DNPH, il se forme un précipité jaune orangé caractéristique du groupe carbonyle. Dans le troisième tube contenant initialement l'alcool tertiaire, le précipité ne se forme pas.

4. Le réactif de Fehling, caractéristique du groupe aldéhyde, ne réagit qu'avec la solution provenant de l'alcool primaire.

■ Activité 4

1. Équation chimique de la réaction :



2. Il se forme un complexe bleu entre le diiode et le thiodène. L'équivalence est atteinte lorsque tout le diiode a été transformé en ions iodure. À ce moment-là, la solution est devenue incolore.

3. Valeur V_e du volume correspondant à la décoloration persistante du thiodène : $V_e \approx 16 \text{ mL}$ si l'on a dilué 5 fois la solution de diiode à 1 %.

4. Quantité de matière de thiosulfate de sodium versée au moment de la décoloration persistante :

$$n(\text{S}_2\text{O}_3^{2-})_{\text{ajoutée}} = 2n(\text{I}_2)_{\text{présente dans le prélèvement}}$$

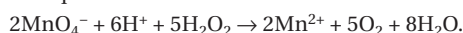
$$C_2 \cdot V_{\text{eq}} = 2C_1 \cdot V_1$$

■ Activité 5

1. Schéma annoté du dispositif de dosage :

2. a. Le peroxyde d'hydrogène est le réducteur au cours du titrage.

b. Équation de la réaction :

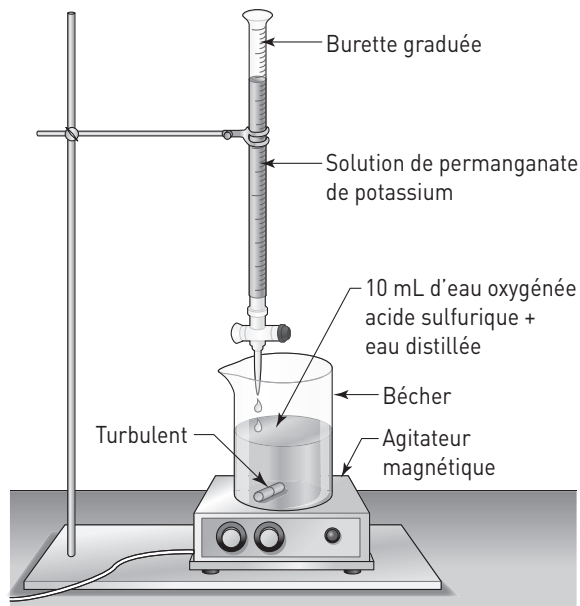


3. a. Avant l'équivalence, la solution est incolore, car tous les ions permanganate introduits réagissent et se transforment en ions manganèse incolore. Après l'équivalence, il n'y a plus de molécules de peroxyde d'hydrogène et les ions permanganate colorent alors la solution qui devient violette.

b. Le réactif limitant avant l'équivalence est l'eau oxygénée ; après l'équivalence c'est le permanganate de potassium.

4. La valeur V_{2e} du volume correspondant à la coloration rose persistante est voisine de 17,5 mL.

5. La quantité de matière de permanganate de potassium qui a été versée au moment de la persistance de la coloration rose est égale à $C_2 \cdot V_{2e}$.

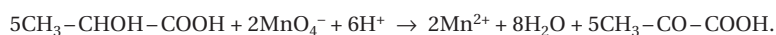


■ Activité 6

1. Lors du chauffage la solution se décolore rapidement.

2. Le test à la 2,4-DNPH est positif, celui à la liqueur de Fehling négatif car l'acide pyruvique possède une fonction cétone.

3. Équation de la réaction :

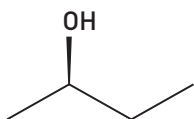


CORRECTION DES EXERCICES

Tester ses compétences

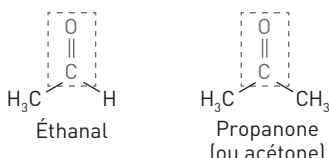
1. Butan-2-ol

Formule semi développée du butan-2-ol :



Il s'agit d'un alcool secondaire.

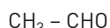
2. Aldéhyde et cétone



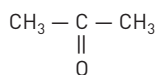
Le groupe caractéristique commun aux aldéhydes et aux cétones est le groupe carbonyle.

3. Produits d'oxydation

a. $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH}$, alcool primaire, s'oxyde en aldéhyde :



b. $\text{CH}_3 - \text{CHOH} - \text{CH}_3$, alcool secondaire, s'oxyde en cétone :



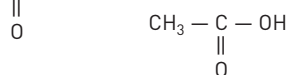
c. $\text{CH}_3 - \text{C}(\text{O}) - \text{CH}_3$, cétone : ne s'oxyde pas.



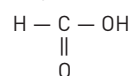
d. $\text{CH}_3 - \text{C}(\text{OH})(\text{CH}_3)_2$, alcool tertiaire : ne s'oxyde pas.



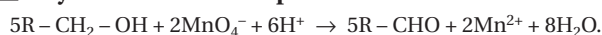
e. $\text{CH}_3 - \text{C}(\text{O}) - \text{H}$, aldéhyde, s'oxyde en acide carboxylique :



f. $\text{H} - \text{CHO}$, aldéhyde, s'oxyde en acide carboxylique :

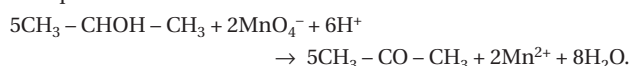


4. Oxydation d'un alcool primaire



5. Oxydation ménagée du propan-2-ol

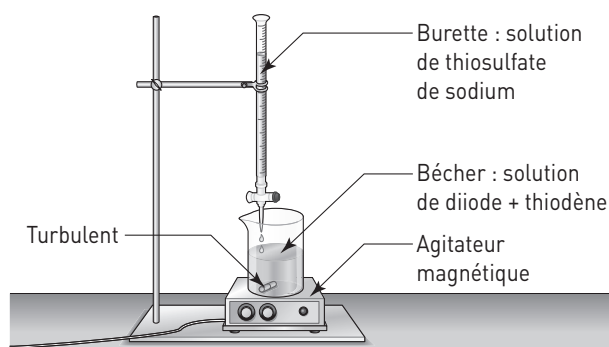
1. Équation de la réaction :



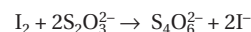
2. Le nom du composé organique obtenu est la propanone.

6. Dosage et dilution

1. Schéma du montage :



2. Équation de la réaction et tableau d'avancement.



	Avancement	I_2	+	$2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$	$\rightarrow$	$\text{S}_4\text{O}_6^{2-}$	+	2I^-
État initial	0	$C_1 \cdot V_1$		$C_2 \cdot V_2$		0		0
À l'équivalence	x_e	$C_1 \cdot V_1 - x_e$		$C_2 \cdot V_2 - 2x_e$		x_e		$2x_e$

– C_1 est la concentration de la solution de diiode, initialement dans le bécher ;

– V_2 désigne le volume de thiosulfate de sodium versé.

3. Volume de thiosulfate de sodium :

À l'équivalence : $2C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_{2e}$ d'où $V_{2e} = 2C_1 \cdot V_1 / C_2$ soit :

$$V_{2e} = 2 \times 1 \times 20 / 0,1 = 400 \text{ mL} !$$

C'est beaucoup trop grand.

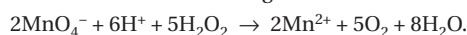
4. Quantité de matière de diiode souhaitée : $n = 20 \times 10^{-3} \times 1/20 = 10^{-3} \text{ mol}$, il faut donc prélever à l'aide d'une pipette jaugée 1 mL

de la solution, verser dans une fiole jaugée de 20 mL et compléter jusqu'au trait avec de l'eau distillée.

5. Le volume de thiosulfate de sodium sera 20 fois plus petit soit $400/20 = 20 \text{ mL}$.

7. Dosage de l'eau oxygénée

1. Équation de la réaction de dosage :



2. Tableau d'avancement :

	Avancement	2MnO_4^-	+	6H^+	+	$5\text{H}_2\text{O}_2$	$\rightarrow$	2Mn^{2+}	+	5O_2	+	$8\text{H}_2\text{O}$
État initial	0	$c_2 \cdot V_2$				$c_1 \cdot V_1$		0		0		
État intermédiaire	x	$c_2 \cdot V_2 - 2x$			Excès	$c_1 \cdot V_1 - 5x$		$2x$		$5x$		Excès
À l'équivalence	x_e	$n_{1e} = c_2 \cdot V_2 - 2x_e = 0$			Excès	$n_{2e} = c_1 \cdot V_1 - 5x_e = 0$		$2x_e$		$5x_e$		Excès

3. Concentration en peroxyde d'hydrogène de la solution diluée

À l'équivalence du dosage, les deux réactifs sont limitants soit :

$$c_1 \cdot V_1 - 5x_e = 0 \quad \text{et} \quad c_2 \cdot V_{2e} - 2x_e = 0$$

où V_{2e} est le volume V_2 de permanganate versé à l'équivalence.

On en déduit la relation à l'équivalence :

$$2c_1 \cdot V_1 = 5c_2 \cdot V_{2e}$$

À l'aide de cette relation, on peut calculer la concentration molaire c_1 en peroxyde d'hydrogène dans la solution diluée :

$$c_1 = 0,088 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

La solution commerciale est 10 fois plus concentrée donc

$$c_0 = 0,88 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

4. On en déduit $x = \frac{22,4c_0}{2} = 9,8$ volumes.

Utiliser ses connaissances

3. Identification d'un alcool

1. La formule brute $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$ peut correspondre aux :

- Propan-1-ol : $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$;
- Propan-2-ol : $\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}_3$.

2. Puisque B réagit avec la DNPH, B possède un groupe carbonyle.

L'oxydation du propan-1-ol fournit du propanal, l'oxydation du propan-2-ol de la propanone. Le propanal et la propanone possèdent un groupe carbonyle, ce test ne permet pas de conclure sur la nature de A .

3. Seul le propanal (aldéhyde) réagit avec la liqueur de Fehling. Le composé A est le propan-1-ol oxydé en B : propanal.

2. Éthylotest

1. La présence du groupe $-\text{CH}_2\text{OH}$ met en évidence un alcool primaire.

2. L'oxydation ménagée d'un alcool ne modifie pas le squelette carboné ; l'éthanol compte 2 atomes de carbone, (3) en compte trois ; il ne convient donc pas. L'oxydation ménagée d'un alcool primaire donne un aldéhyde (2) puis un acide carboxylique (1).

3. La molécule 1 est l'acide éthanóïque.

4. Le groupe encadré dans la molécule 2 est le groupe aldéhyde.

5. À chaud, la liqueur de Fehling de couleur bleue, donne en présence d'aldéhyde, un précipité rouge brique.

6. a. Masse molaire de l'éthanol $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$:

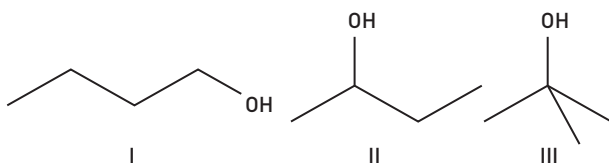
$$M = 12 \times 2 + 6 + 16 = 46 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}, \text{ d'où :}$$

$$m = M \cdot n = 46 \times 3,0 \times 10^{-5} = 1,38 \times 10^{-3} \approx 1,4 \times 10^{-3} \text{ g}.$$

b. Masse d'alcool présente par litre de sang chez le conducteur : $1,38 \times 10^{-3} \times 2\,000 \approx 2,8 \text{ g}$ d'alcool par litre de sang, supérieure à $0,5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$.

10. Oxydation des alcools

1. Il existe 3 classes d'alcool.



- I : Butan-1-ol (primaire)
- II : Butan-2-ol (secondaire)
- III : 2-Méthylpropan-2-ol (tertiaire)

2. Les alcools tertiaires ne réagissent pas lors d'une oxydation ménagée.

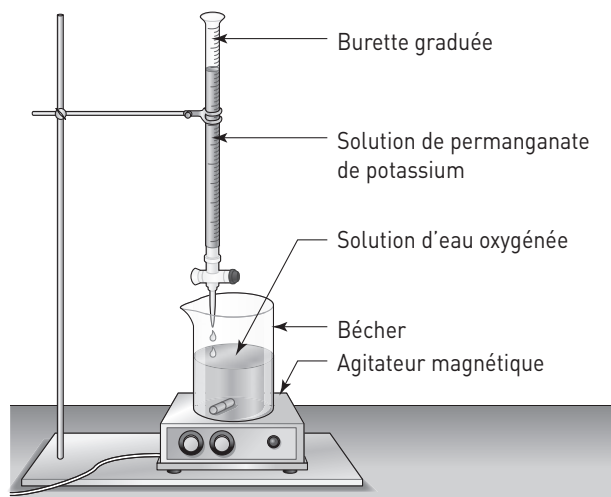
3. a. Il s'agit d'une fonction aldéhyde.

b. Cette fonction est caractérisée par le test à la liqueur de Fehling.

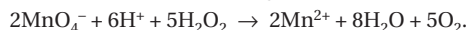
4. Il s'agit de l'éthanol. Par oxydation il peut se former de l'éthanal (4) puis l'acide éthanóïque (2).

11. Eau oxygénée à 10 volumes

1. Schéma :



2. Équation de la réaction du dosage :



3. a. Relation entre C_1 , C_2 , V_2 et V_e à l'équivalence :

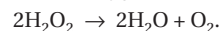
$$n_{\text{H}_2\text{O}_2} = C_2 \cdot V_2 ; n_{\text{MnO}_4^-} = C_1 \cdot V_e \text{ et } n_{\text{H}_2\text{O}_2} = 2,5 n_{\text{MnO}_4^-} \text{ d'où :}$$

$$C_2 \cdot V_2 = 2,5 C_1 \cdot V_e$$

b. $C_2 = 2,5 C_1 V_e / V_2 = 2,5 \times 1,0 \times 10,8 / 10 = 2,7 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

4. Relation entre le titre T et la concentration molaire C :

Le titre est le volume de dioxygène mesuré en litre que peut théoriquement dégager 1 L d'eau oxygénée selon la réaction



Pour une eau oxygénée de concentration $C \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ de peroxyde d'hydrogène, 1 L d'eau peut dégager $C/2$ mol de dioxygène, c'est à dire un volume en L de $22,4 \times C/2 = 11,2C = T$.

On en déduit

$$T = 11,2 \times 2,7 = 30,24 \approx 30 \text{ volumes.}$$

Cette eau oxygénée n'était donc pas à 10 volumes comme le pensait l'utilisateur.

12. Dosage d'oxydoréduction

(bac ST2S Nlle Calédonie 2010)

1. Le réactif jouant le rôle d'oxydant dans la réaction de dosage est : a. I_2 .

2. Un oxydant est une espèce chimique capable de :

b. capter un électron.

3. Le couple oxydant / réducteur mettant en jeu le diiode est :

a. I_2 / I^- .

4. $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ subit une oxydation, ce qui correspond à :

a. une perte d'électrons.

5. Pour prélever avec précision le volume $V(\text{I}_2) = 10,0 \text{ mL}$, on utilise : b. une pipette jaugée.

6. Au cours du dosage la solution de thiosulfate est contenue dans : c. une burette graduée.

7. À l'équivalence du dosage, les réactifs sont introduits :

a. dans les proportions stœchiométriques.

8. La relation liant les quantités de matière à l'équivalence du dosage est : a. $n(\text{I}_2) = \frac{1}{2} n(\text{S}_2\text{O}_3^{2-})$.

En effet, une mole de diiode réagit avec 2 moles de $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$.

$n(\text{I}_2)$ de diiode réagit avec $2n(\text{I}_2)$ moles de thiosulfate :

$$2n(\text{I}_2) = n(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) ; n(\text{I}_2) = \frac{1}{2} n(\text{S}_2\text{O}_3^{2-})$$

9. La valeur de la concentration $C(\text{I}_2)$ solution dosée de diiode est : c. $6,5 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

En effet :

$$C(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} ; V(\text{I}_2) = 10,0 \text{ mL} ; V_{\text{eq}} = 13 \text{ mL}.$$

$$C(\text{I}_2) = \frac{1}{2} C(\text{S}_2\text{O}_3^{2-}) \cdot V_{\text{eq}} / V(\text{I}_2) = 0,5 \times 1,0 \times 10^{-2} \times 13 / 10 \\ = 6,5 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}.$$

10. La concentration de la solution commerciale C_0 de diiode est : **c.** $10C(\text{I}_2)$.

Chimie et santé

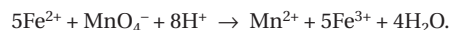
13. Lait de soja (d'après bac 2012)

1. a. Lors du test positif avec la 2,4-DNPH on observe un précipité orangé ; avec la liqueur de Fehling on observe la formation d'un précipité rouge brique d'oxyde de cuivre (I).

b. Le groupe caractéristique présent dans la molécule de lactose est le groupe caractéristique des aldéhydes – CHO.

c. Ce test négatif indique l'absence du groupe carbonyle, donc sans doute l'absence de lactose. Le lait de soja convient donc aux personnes présentant une intolérance au lactose.

2. a. Équation de la réaction :



b. Le schéma 1 est le montage qui convient pour le dosage.

3. a. Verrerie nécessaire pour prélever de façon précise 50,0 mL de lait : on utilise une pipette jaugée de 50 mL pour mesurer un volume précis.

b. À l'équivalence les quantités de matière des réactifs sont en proportions stœchiométriques. Avant l'équivalence, l'un des réactifs est en excès, après l'équivalence, l'autre réactif est en excès.

c. À l'équivalence :

$$n_2 = V_{2E} \cdot C_2 = 6,0 \times 10^{-3} \times 2,0 \times 10^{-4} = 1,2 \times 10^{-6} \text{ mol}.$$

d. D'après les nombres stœchiométriques de l'équation de dosage,

$$n_1 = 5n_2 = 5 \times 1,2 \times 10^{-6} = 6,0 \times 10^{-6} \text{ mol}.$$

e. Concentration C_1 en ion fer(II) du lait de soja :

$$C_1 = n_1 / V_1 = 6,0 \times 10^{-6} / (50,0 \times 10^{-3}) = 1,2 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}.$$

4. Ce lait de vache ne contient pratiquement pas d'ion fer(II).