

C

Corrigés de la séquence 5

Physique

Corrigés des activités

Activité 1 Unités de pression :

- ▶ le Pascal (Pa);
- ▶ le bar : $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$;
- ▶ le mm de Hg (millimètre de mercure) : $1,00 \text{ mm Hg} \approx 133 \text{ Pa}$.

Pression en bar	3,00	$3,99 \cdot 10^{-1}$	1,02	2,30
Pression en mm Hg	$2,26 \cdot 10^3$	300	767	$1,73 \cdot 10^3$
Pression en Pa	$3,00 \cdot 10^5$	$3,99 \cdot 10^4$	$1,02 \cdot 10^5$	$2,30 \cdot 10^5$

Activité 2

Conditions météorologiques	Tempête (dépression)	Temps ensoleillé (anticyclonique)
Pression atmosphérique	980	1050

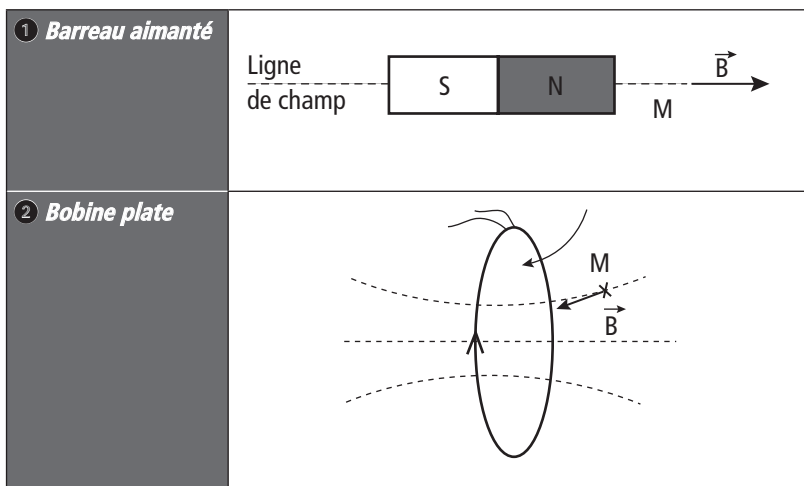
- Activité 3**
- ❶ La ligne de champ se trouvant au niveau de la ville de Strasbourg est notée « 1005 ».
 - ❷ La pression atmosphérique était de 1005 mbar.
 - ❸ L'unité de pression dans le système international (SI) est le Pascal (Pa).

Activité 4 La différence de température entre la Côte d'azur et l'Alsace le 4 mai 2011 à 00 h était d'environ 10°C .

Activité 5 Le vent soufflait avec la plus grande vitesse dans les régions méditerranéennes ainsi que dans la vallée du Rhône. Sa direction est nord-ouest / sud-est et son sens va du nord-ouest vers le sud-est. Il souffle vers le sud-est. Ses caractéristiques font penser au Mistral.

Activité 6 Le physicien danois Hans-Christian Oersted a observé le déplacement d'une aiguille aimantée à proximité d'un fil conducteur parcouru par un courant électrique en 1919.

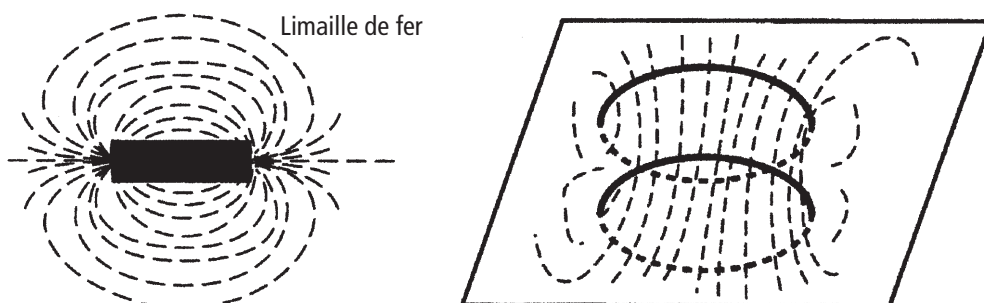
Activité 7 Le vecteur champ magnétique est représenté en M sur chaque schéma ; le vecteur champ magnétique est tangent à la ligne de champ ; son sens est le sens Sud-Nord de l'aiguille aimantée placée en M.



Activité 8 Ordres de grandeur des valeurs de champ magnétique :

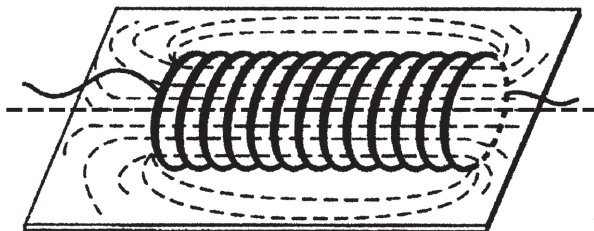
aiguille aimantée	$1,0 \cdot 10^{-4} \text{ T}$
aimant ordinaire à sa surface	$1,0 \cdot 10^{-2} \text{ T}$
gros électroaimant industriel	2 T
électroaimant à supraconducteur	20 T

Activité 9 Lorsque le champ magnétique est uniforme, les lignes de champ sont parallèles, ce qui n'est pas le cas sur les schémas suivants.

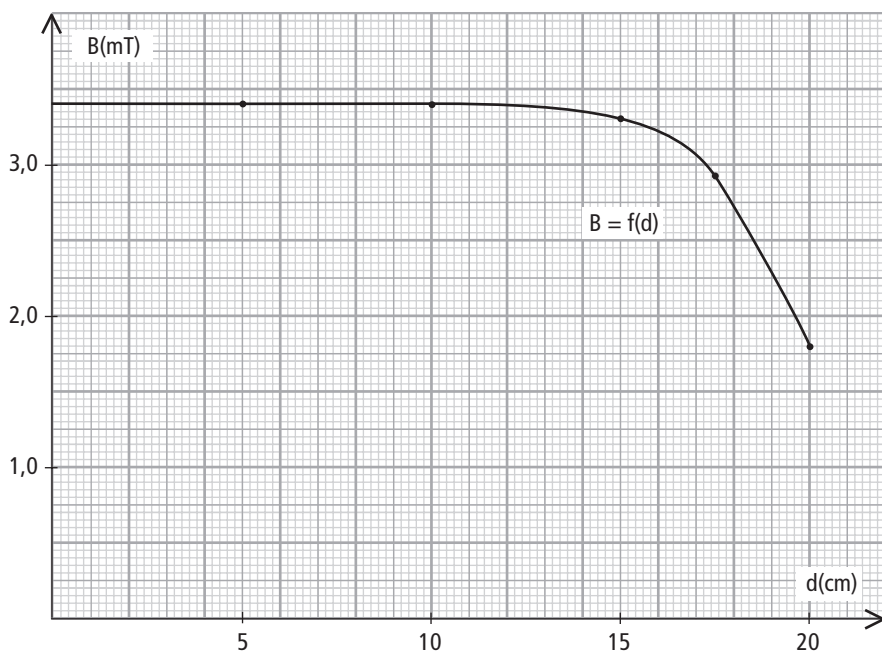


Activité 10

- ① Ces spectres ont la même forme à l'extérieur.
- ② L'étude du spectre montre que les lignes de champ sont parallèles à l'intérieur d'un solénoïde; la direction du vecteur champ magnétique est donc parallèle à l'axe du solénoïde.



Activité 11 Uniformité du champ magnétique



Le champ n'est uniforme que sur 25 cm ($2 \times 12,5$) (en prenant B à 1,5 % près).

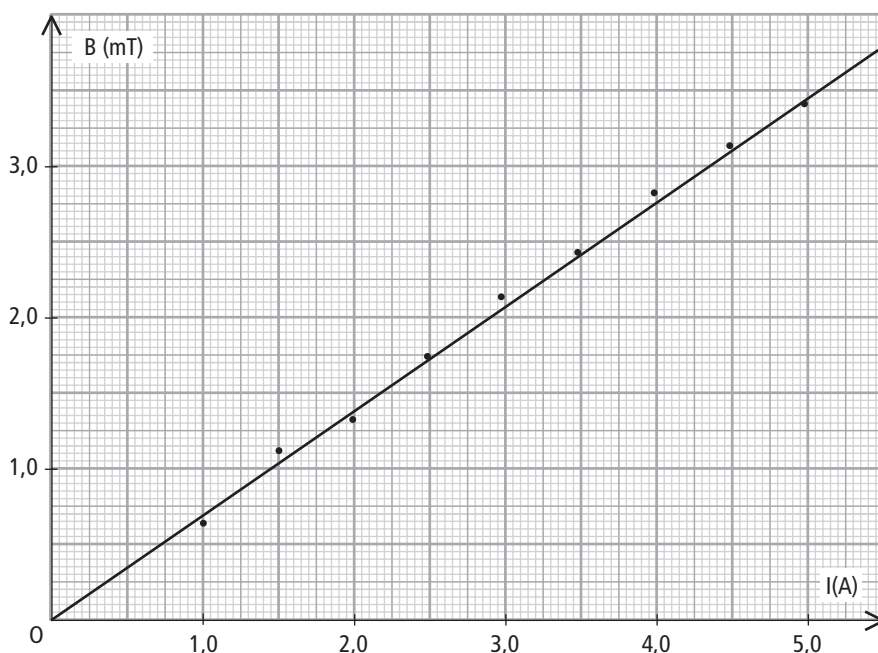
Près des extrémités ($d = 20$ cm), les valeurs deviennent très différentes de la valeur au centre.

La valeur du champ magnétique reste constante à l'intérieur du solénoïde si l'on ne se rapproche pas trop des bords; plus le solénoïde est long et plus on pourra négliger les effets observés sur les bords.

Le champ magnétique est uniforme à l'intérieur du solénoïde pour un solénoïde dont la longueur est très grande par rapport à son rayon.

Activité 12 Valeur du champ magnétique créé au centre de la bobine.

- ❶ Aux erreurs d'expérience près, la valeur du champ magnétique est proportionnelle à I (droite passant par l'origine). $B = a \times I$



- ❷ La valeur de B est proportionnelle à N .
❸ On en déduit que: $B = kNI$.

Activité 13 Expérience simple

- ❶ Les petits bouts de papier sont attirés par une règle en plastique frottée.
❷ Lorsqu'un morceau de papier est placé près d'une règle en plastique frottée, un excès de charges négatives apparaît en surface à une de ses extrémités, l'autre extrémité étant alors de charge positive ; le morceau de papier est globalement électriquement neutre, mais il existe une interaction due à la répartition des charges.

Le fait de frotter la règle modifie les propriétés de l'espace situé autour de la règle.

Les actions à distance qui se manifestent dans une région de l'espace sont liées à l'existence d'un champ, le champ électrostatique.

Activité 14 Électrophorèse

La méthode de l'électrophorèse est basée sur le déplacement d'ions sous l'effet d'un champ électrique obtenu par un générateur de courant continu. Du fait de leurs caractéristiques propres et en fonction des conditions de l'électrophorèse



ces ions auront des vitesses de migration différentes, ils vont donc se séparer les uns des autres.

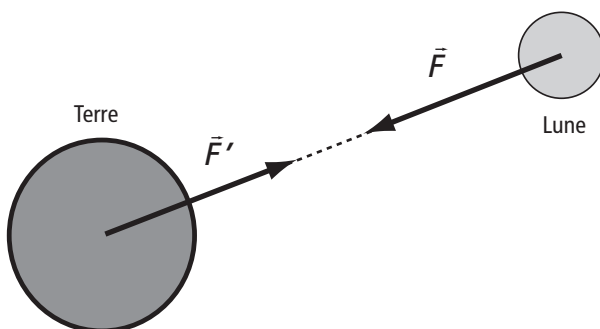
L'électrophorèse est utilisée en biologie pour la séparation et la caractérisation des molécules.

Elle est principalement utilisée en biochimie ou biologie moléculaire pour la séparation des protéines ou celle des acides nucléiques.

On peut séparer différents acides aminés par électrophorèse.

Lorsque des acides aminés sont placés dans un champ électrique, ils migrent vers l'électrode de polarité opposée, les molécules neutres ne migrant pas.

Activité 15 La force gravitationnelle $\vec{F}$ exercée par la Lune sur la Terre a même direction et même valeur que la force exercée par la Terre sur la Lune mais un sens opposé; elle est représentée par un vecteur $\vec{F}'$ appliqué au centre de la Terre.



Activité 16 La Terre et la Lune peuvent être considérées comme des corps à symétrie sphérique.

La valeur de la force gravitationnelle exercée par la Terre sur la Lune s'exprime

donc par :
$$F = G \frac{M_T M_L}{d^2}$$

$$F = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{7,34 \cdot 10^{22} \times 5,98 \cdot 10^{24}}{(3,84 \cdot 10^8)^2} = 1,99 \cdot 10^{20} \text{ N} = 2,0 \cdot 10^{20} \text{ N}$$

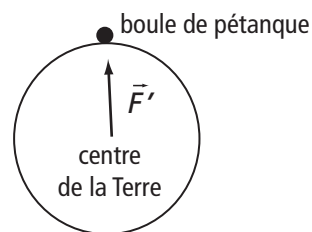
Activité 17

- ❶ D'après la loi de la gravitation universelle, la valeur de la force gravitationnelle

exercée par la Terre sur la boule de pétanque s'exprime par: $F = G \frac{m M_T}{R_T^2}$.

Application numérique: $F = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{0,700 \times 5,98 \cdot 10^{24}}{(6,38 \cdot 10^6)^2} = 6,86 \text{ N}.$

- ❷ La valeur F' de la force gravitationnelle exercée par la boule de pétanque sur la Terre est identique à celle trouvée dans la question 1. Elle s'exerce au centre de la Terre.



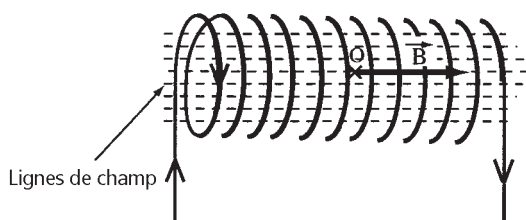
- ❸ La valeur P du poids de la boule de pétanque est égale à : $P = mg$.

Application numérique: $P = 0,700 \cdot 9,81 = 6,87 \text{ N}.$

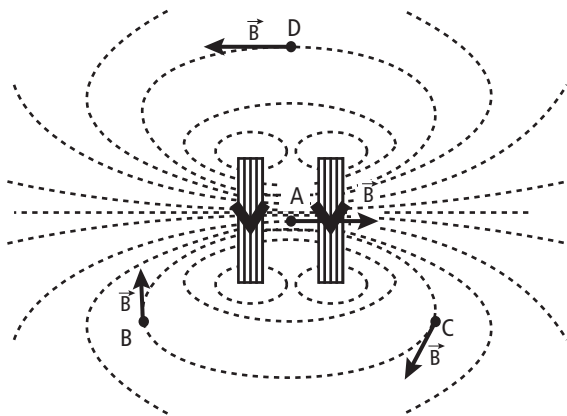
- ❹ On obtient pratiquement la même valeur 6,9 N.

Exercice 1 Vrai ou faux

- ① Vrai : dans un champ magnétique uniforme, les lignes de champ sont parallèles.
- ② Faux : les lignes de champ passent toutes par le centre de la Terre et ne sont pas parallèles. La valeur du champ est uniforme mais sa direction ne l'est pas.

Exercice 2 Lignes de champ à l'intérieur d'un solénoïde

- ① Les lignes de champ, à l'intérieur du solénoïde, sont parallèles.
- ② Le vecteur champ magnétique a pour direction l'axe du solénoïde et un sens donné par la règle de la main droite.

Exercice 3 Bobines de Helmholtz

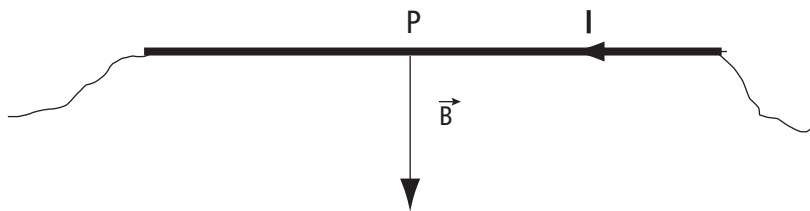
- ① D'après l'aspect des lignes de champ qui sont parallèles, le champ magnétique peut être uniforme à l'intérieur des deux bobines. Pour qu'il soit vraiment uniforme, la valeur du champ magnétique doit être constante ce que l'on peut vérifier avec un tesla-mètre.
- ② En un point donné, le vecteur champ magnétique est tangent à la ligne de champ; pour trouver le sens, il suffit de prendre le sens de l'aiguille aimantée placée en ce point.

La ligne de champ est toujours orientée dans le même sens ; si l'on connaît son sens en une partie de l'espace (entre les bobines par exemple) on le connaît partout.

Exercice 4 Champ magnétique

- ① Le vecteur champ magnétique a même direction et même sens que l'aiguille aimantée placée en ce point.

Représentation du vecteur champ magnétique $\vec{B}$ détecté par l'aiguille au point P.



- ② L'unité du Système International employée pour exprimer le champ magnétique est le Tesla (T)

L'ordre de grandeur de la valeur du champ magnétique terrestre est :
 $B_T = 4,0 \cdot 10^{-5} \text{ T}$.

$B/B_T = 40 \cdot 10^{-6} / 4,0 \cdot 10^{-5} = 1$; les deux valeurs des champs sont du même ordre de grandeur.

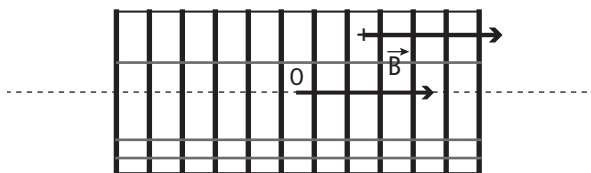
Exercice 5 Valeur du champ au centre du solénoïde

- ① La valeur du champ magnétique à l'intérieur du solénoïde se mesure avec un teslamètre muni d'une sonde à effet Hall.
- ② Le solénoïde peut être considéré comme « infini » ; en effet, le rayon des spires est très faible par rapport à la longueur du solénoïde (1 cm par rapport à 40 cm) ; la valeur du champ magnétique à l'intérieur du solénoïde s'exprime

par : $B = \mu_0 \frac{N}{\ell} I$. Application numérique : $B = 3,1 \cdot 10^{-3} \text{ T}$.

Exercice 6 Aiguille aimantée au centre du solénoïde

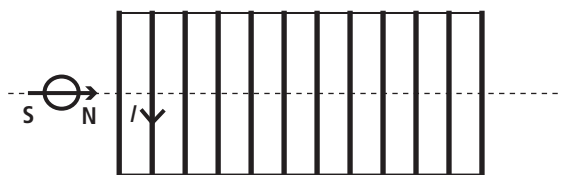
- ① ② À l'intérieur du solénoïde, le vecteur champ magnétique est parallèle à l'axe du solénoïde ; pour trouver le sens, il suffit de prendre le sens de l'aiguille aimantée placée en ce point. Le champ en P est identique avec celui en O.



Exercice 7 Aiguille aimantée à l'extérieur du solénoïde

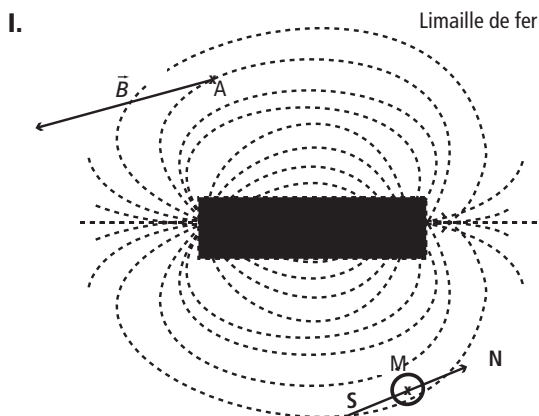


- ❶ Le vecteur champ magnétique a même direction et même sens que l'aiguille aimantée placée en ce point.
- ❷ Si l'on inverse le sens du courant, les lignes de champ changent de sens ; l'aiguille aimantée tourne de 180° .



- ❸ Ce champ magnétique ne correspond pas aux champs magnétiques très intenses qui peuvent atteindre 20 T mais il est tout de même 75 fois plus important que le champ magnétique terrestre.

Exercice 8 Champs magnétiques



- ❶ Le sens du vecteur champ magnétique correspond au sens sud-nord de l'aiguille aimantée.
- ❷ L'unité correspondant à la lettre T est le Tesla.
Au point A, le vecteur champ magnétique $\vec{B}$ a une longueur de 2,5 cm.

II. ❶ La valeur du champ magnétique à l'intérieur du solénoïde s'exprime par :

$$B = \mu_0 \frac{N}{L} I \Rightarrow I = \frac{BL}{\mu_0 N}$$

Application numérique : $I = 3,0 \text{ A}$.

❷ L'ordre de grandeur de la valeur du champ magnétique terrestre est :
 $B_T = 4,0 \cdot 10^{-5} \text{ T}$.

Le champ magnétique intérieur du solénoïde a une valeur supérieure à la valeur du champ magnétique terrestre.

Exercice 9 Champ créé par un solénoïde

Expérience I

❶ Le graphique montre que la valeur du champ magnétique est constante sur l'axe du solénoïde entre les plans d'abscisses respectives -14 cm et $+14 \text{ cm}$; la manipulation est donc suffisante pour pouvoir affirmer qu'à l'intérieur du solénoïde, la valeur du champ magnétique est uniforme sur l'axe du solénoïde entre les plans d'abscisses respectives -14 cm et $+14 \text{ cm}$.

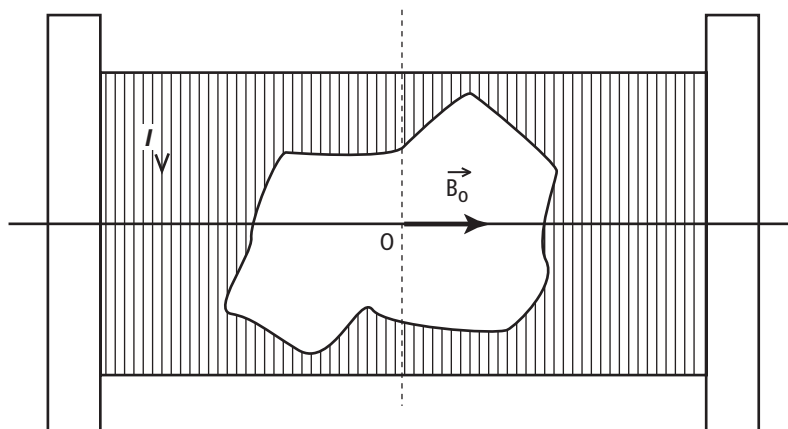
Par contre, elle n'est pas suffisante pour pouvoir affirmer qu'à l'intérieur du solénoïde, le champ magnétique est uniforme entre les plans d'abscisses respectives -14 cm et $+14 \text{ cm}$. Il faut montrer que les lignes de champ sont parallèles.

Il faudrait aussi placer la sonde de Hall dans toute la zone considérée et vérifier que le champ magnétique est constant même en dehors de l'axe du solénoïde.

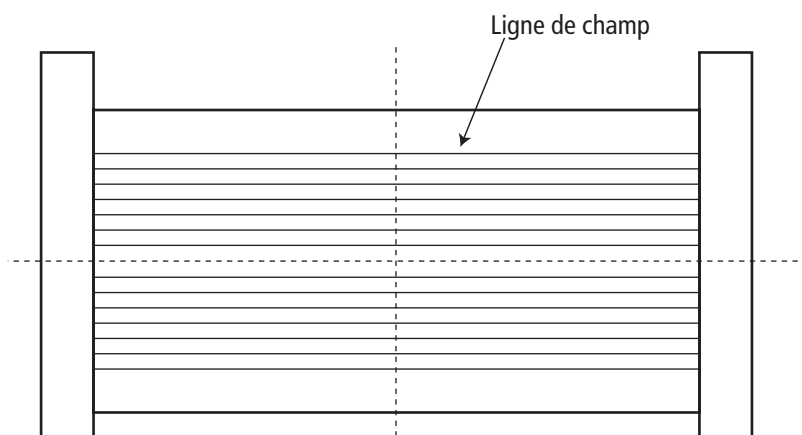
❷ D'après le graphe, la valeur du vecteur champ magnétique au point O est de $2,3 \cdot 10^{-3} \text{ T}$.

Le vecteur a donc une longueur de $1,15 \text{ cm}$.

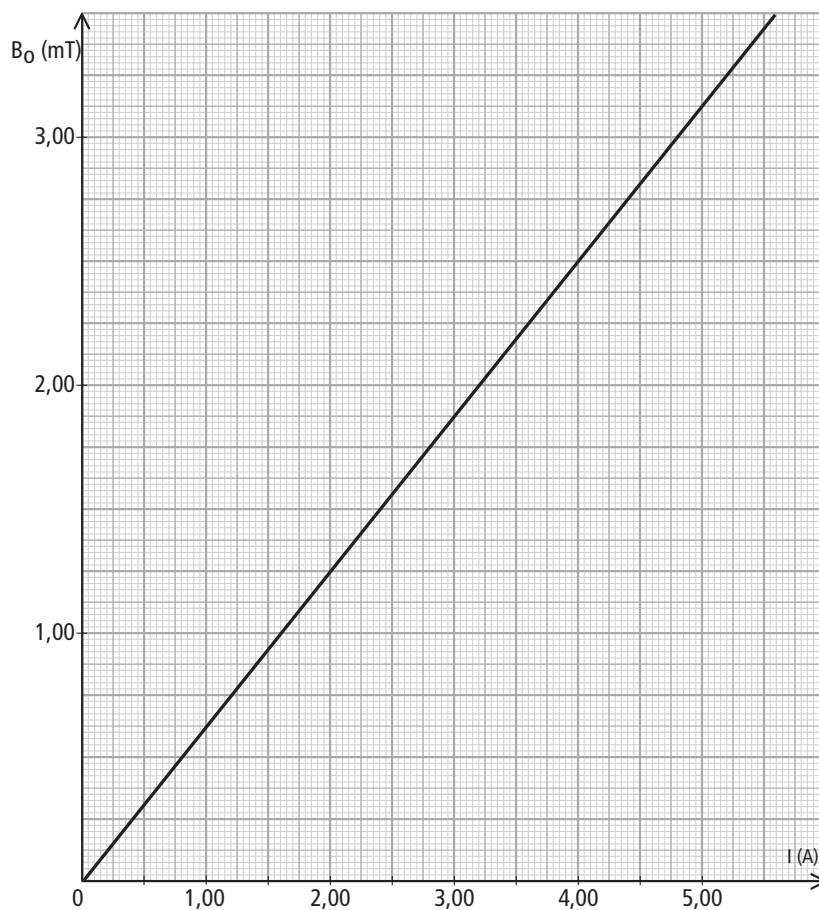
On utilise la règle de la main droite pour trouver le sens du vecteur champ magnétique en O.



❸ Lignes de champ à l'intérieur du solénoïde : elles sont parallèles puisque le champ est uniforme.



Expérience II Graphe de la fonction $B_0 = f(I)$:



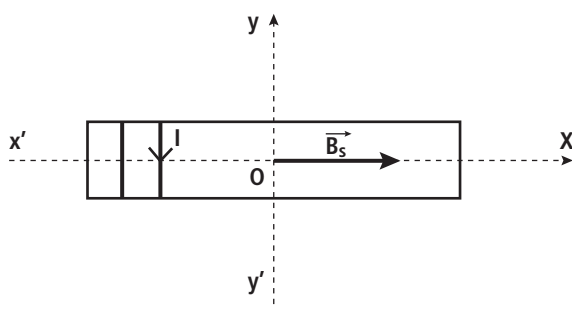
Le graphe obtenu avec B_0 en ordonnée et I en abscisse est une droite passant par l'origine nous avons donc $B_0 = k I$.

On retrouve bien : $B_0 = \mu_0 n I$; $k = \mu_0 n$.

Vérification : le coefficient directeur de la droite est $k = 0,63 \cdot 10^{-3} \text{ T.A}^{-1}$ ce qui correspond bien à :

$$\mu_0 n = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{200}{0,40} = 0,63 \cdot 10^{-3} \text{ T.A}^{-1}.$$

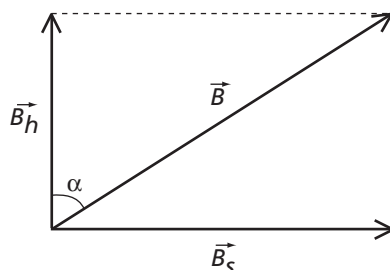
Exercice 10 Superposition de deux champs magnétiques



❶ Recherchons quelles sont les caractéristiques du vecteur champ magnétique $\vec{B}_S$ en O :

- direction : celle de l'axe $x'Ox$
- sens : la règle de la main droite donne le sens de $\vec{B}_S$; c'est celui de l'axe $x'Ox$
- valeur : $B_S = \mu_0 \frac{N}{\ell} I = 2,67 \cdot 10^{-5} \text{ T}$.

Soit $\vec{B}_h$ la composante horizontale du champ magnétique terrestre en O, soit $\vec{B}_S$ le champ magnétique créé en O par le solénoïde. En O, les champs magnétiques s'ajoutent vectoriellement, le vecteur champ magnétique total $\vec{B}$ est donné par : $\vec{B} = \vec{B}_S + \vec{B}_h$. Les caractéristiques du vecteur champ magnétique total $\vec{B}$ s'obtiennent à partir de la construction graphique ci-dessous :



- direction et sens : voir la construction graphique ;
- valeur : $B^2 = B_S^2 + B_h^2$ (les vecteurs forment un triangle rectangle) ; application numérique : $B = 3,3 \cdot 10^{-5} \text{ T}$
- La valeur de α s'obtient à partir de $\tan \alpha = \frac{B_S}{B_h}$ ce qui donne : $\alpha = 53^\circ$.

Exercice 11 Vrai ou faux

- ❶ Vrai ; le champ créé entre deux plaques parallèles chargées positivement et négativement est uniforme.
- ❷ Vrai ; l'unité de la valeur du champ électrique est le V.m^{-1} .

- ③ Faux ; dans un condensateur plan, le sens du vecteur champ électrostatique va de l'armature positive vers l'armature négative.
- ④ Vrai ; la force électrique et le champ électrique ont même direction quel que soit le signe de la charge ; par contre, le sens des vecteurs peut être différent.

Exercice 12 Champ créé par un condensateur plan

- ① Le vecteur champ électrique $\vec{E}$ entre les armatures a une direction perpendiculaire aux plaques, son sens va de l'armature positive vers l'armature négative et sa valeur E est donnée par : $E = \frac{U}{d}$.
A.N. : $E = 5,0 \cdot 10^4 \text{ V.m}^{-1}$.
- ② La force exercée par le champ électrique sur ce proton s'écrit : $\vec{F} = e\vec{E}$; elle a même direction et même sens que le champ $\vec{E}$ et sa valeur F est donnée par : $F = eE$.
A.N. : $F = 8,0 \cdot 10^{-15} \text{ N}$.

Exercice 13 Champ créé par 4 charges

- ① Expression du champ électrostatique créé par cette charge en un point M :

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \vec{u}$$

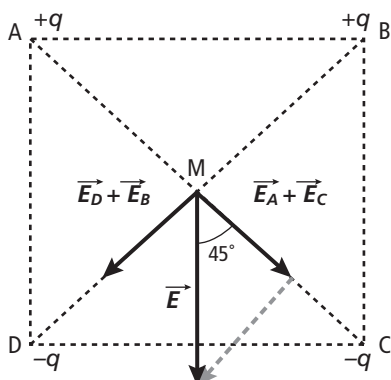
- ② a. La charge ponctuelle (+q) placée en A crée en M le champ électrosta-

$$\text{tique : } \vec{E}_A = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{\left(\frac{a\sqrt{2}}{2}\right)^2} \vec{u}_{AM} \quad \text{soit : } \vec{E}_A = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{q}{a^2} \vec{u}_{AM}.$$

- b. Les quatre charges électriques créent en M un champ électrique. Selon le principe d'additivité des champs électriques : $\vec{E} = \vec{E}_A + \vec{E}_B + \vec{E}_C + \vec{E}_D$.

$$\vec{E}_B = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{q}{a^2} \vec{u}_{BM}, \quad \vec{E}_C = -\frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{q}{a^2} \vec{u}_{CM}, \quad \vec{E}_D = -\frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{q}{a^2} \vec{u}_{DM}.$$

Les vecteurs $\vec{E}_A$ et $\vec{E}_C$ ont même direction et même sens ; de même les vecteurs $\vec{E}_B$ et $\vec{E}_D$ ont même direction et même sens.



Le champ électrique total $\vec{E}$ est représenté sur la figure ci-

contre : $E = 4 \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{q}{a^2} \cos(45^\circ)$ ce qui donne : $E = \frac{\sqrt{2}}{\pi\epsilon_0} \frac{q}{a^2}$.

Exercice 14 Champ créé par 2 charges

- ❶ Expression du champ électrostatique créé par cette charge en un point M :

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \vec{u}.$$

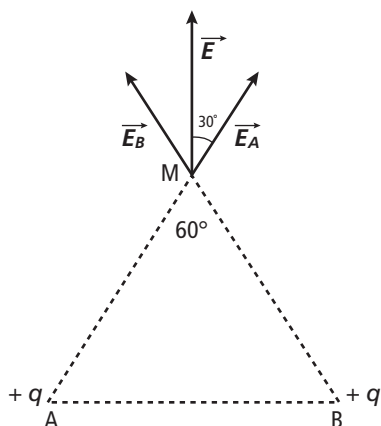
- ❷ Expression du champ gravitationnel créé par cette masse en un point M :

$$\vec{g} = -G \frac{m}{r^2} \vec{u}.$$

- ❸ Analogie mathématique : les deux champs sont en $\frac{1}{r^2} \vec{u}$.

Cette analogie entre gravitation et interaction électrostatique n'est cependant pas totale puisque le champ gravitationnel est attractif alors que le champ électrostatique est attractif ou répulsif.

- ❹ La charge ponctuelle (+q) placée en A crée en M le champ électros-



tatique : $\vec{E}_A = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{a^2} \vec{u}_{AM}$; la charge ponctuelle

(+q) placée en B crée en M le champ électrostatique :

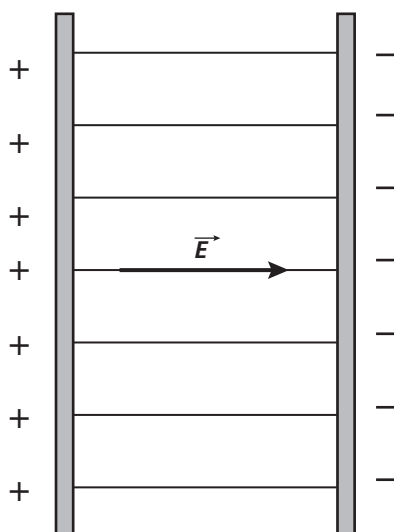
$\vec{E}_B = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{a^2} \vec{u}_{BM}$; Le champ créé en M s'exprime

par : $\vec{E} = \vec{E}_A + \vec{E}_B = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{a^2} \vec{u}_{AM} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{a^2} \vec{u}_{BM}.$

Le champ électrique est représenté sur la figure ci-contre (direction : la médiatrice de AB).

$E = 2 \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{a^2} \cos(30^\circ)$ soit : $E = \frac{\sqrt{3}}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{a^2}.$

Exercice 15 Champ créé par un condensateur



❶ Lignes de champ dans le condensateur :

❷ Le champ électrostatique est uniforme dans le condensateur.

Caractéristiques

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Direction : perpendiculaire aux plaques} \\ \text{Sens : des charges positives vers les charges négatives} \\ \text{Valeur : } E = \frac{U_{PN}}{d} = 7,00.10^3 \text{ V.m}^{-1} \end{array} \right.$$

❸ La force électrostatique exercée sur un électron placé dans le champ $\vec{E}$ s'écrit : $\vec{F} = -e\vec{E}$; elle a même direction que le champ $\vec{E}$, un sens opposé et sa valeur F est donnée par : $F = eE$. A.N. : $F = 1,1.10^{-15} \text{ N}$.

❹ La force exercée sur un électron placé dans le champ de pesanteur $\vec{g}$ s'écrit : $\vec{P} = m\vec{g}$.

A.N. : $P = 8,9.10^{-30} \text{ N}$. Le poids est négligeable par rapport à la force électrique.

Exercice 16 Champ gravitationnel créé par la Lune

D'après la loi de la gravitation universelle, la valeur de la force gravitationnelle exercée par la Lune sur un corps de masse m s'écrit : $F = G \frac{m M_L}{R_L^2}$.

Le champ gravitationnel sur la Lune s'exprime donc par : $\mathcal{G}_L = G \frac{M_L}{R_L^2}$.

La valeur numérique de l'intensité de la pesanteur sur la Lune est égale à :

$$\mathcal{G}_L = 6,67.10^{-11} \frac{7,34.10^{22}}{(1738.10^3)^2} = 1,62 \text{ N.kg}^{-1}.$$

$$g / \mathcal{G}_L = 9,81 / 1,62 = 6$$

Le champ gravitationnel à la surface de la Lune est 6 fois moins intense que celui à la surface de la Terre.

Exercice 17 Interaction entre le Soleil et la planète Mars

La force de gravitation exercée par le Soleil sur Mars s'exprime

$$\text{par : } \vec{F}_{S \rightarrow M} = -\frac{GM_S M_M}{r^2} \vec{u}.$$

Le champ de gravitation est défini par :

$$\text{Caractéristiques du champ gravitationnel } \vec{\mathcal{G}} : \begin{cases} \text{Direction : celle de } \vec{u} \text{ (droite Soleil.Mars)} \\ \text{Sens : opposé à } \vec{u} \text{ (vers le Soleil)} \\ \text{Valeur : } \mathcal{G} = G \frac{M_S}{r^2} \end{cases}$$

La valeur du champ s'exprime par : $\mathcal{G} = \frac{GM_S}{r^2}$ (r en m; M_S en kg) ; cette valeur

$$\text{est égale à : } \mathcal{G} = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{1,99 \cdot 10^{30}}{(2,28 \cdot 10^{11})^2} = 2,55 \cdot 10^{-3} \text{ N.kg}^{-1}.$$

Exercice 18 Interaction entre la Terre et la Lune

- ❶ a. La loi de gravitation universelle appliquée à un objet de masse m situé à l'altitude z s'écrit :

$$\vec{F} = -m \frac{GM_T}{(R_T + z)^2} \vec{u}.$$

À l'altitude $z = 0$, la force gravitationnelle et le poids sont pratiquement identiques : $\vec{F} = \vec{P} = m\vec{g}_{T0}$; la valeur du champ de pesanteur, s'exprime donc par : $g_{T0} = \frac{GM_T}{R_T^2}$.

Application numérique : $g_{T0} = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$. Cette valeur est bien égale à la valeur donnée.

- b. La loi de gravitation universelle appliquée à un objet de masse m situé à l'altitude z par rapport à la Lune s'écrit : $\vec{F} = -m \frac{GM_L}{(R_L + z)^2} \vec{u}$.

La valeur du champ de pesanteur lunaire, à l'altitude $z = 0$, s'exprime donc par : $g_{L0} = \frac{GM_L}{R_L^2}$.

- ❷ La force de gravitation exercée par la Terre sur la Lune s'exprime par : $\vec{F}_{T \rightarrow L} = -\frac{GM_L M_T}{d^2} \vec{u}$.

Application numérique : $F_{T \rightarrow L} = 2,00 \cdot 10^{20} \text{ N}$

Appliquons la loi de la gravitation universelle ; les forces $\vec{F}_{T \rightarrow L}$ et $\vec{F}_{L \rightarrow T}$ ont même direction, même valeur et des sens opposés.

L'intensité $F_{L \rightarrow T}$ de la force de gravitation exercée par la Lune sur la Terre est donc égale à : $2,00 \cdot 10^{20} \text{ N}$.

Exercice 19 Télescope Hubble

Le champ gravitationnel en un point situé à l'altitude z s'écrit : $\vec{\mathcal{G}} = \frac{GM}{(R+z)^2} \vec{u}$.

À l'altitude $z = 0$, $g_0 = \frac{GM}{R^2}$ d'où $g_0 R^2 = GM$.

Donc $\vec{\mathcal{G}} = \frac{g_0 \cdot R^2}{(R+z)^2} \vec{u} = \mathcal{G} \vec{u}$.

Application numérique : $\mathcal{G}(z_M) = 8,18 \text{ N.kg}^{-1}$; $\mathcal{G}(z_G) = 0,22 \text{ N.kg}^{-1}$.

Activité 1 Un oxydant est une espèce chimique capable de capter un ou plusieurs électrons : $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$.

Un réducteur est une espèce chimique capable de céder un ou plusieurs électrons : $\text{Cu}(\text{s})$.

Le couple correspondant s'écrit : $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) / \text{Cu}(\text{s})$.

Une demi-équation redox : $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- = \text{Cu}(\text{s})$.

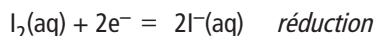
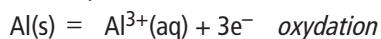
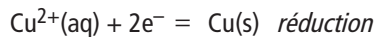
Activité 2

oxydant	$\text{H}^+(\text{aq})$	$\text{I}_2(\text{aq})$	$\text{Ag}^+(\text{aq})$
Réducteur conjugué	$\text{H}_2(\text{g})$	$\text{I}^-(\text{aq})$	$\text{Ag}(\text{s})$

Activité 3 $\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^- = \text{Ag}(\text{s})$; $\text{Ni}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- = \text{Ni}(\text{s})$

Activité 4 Lors d'une réduction, il y a consommation d'un ou plusieurs électrons.

Lors d'une oxydation, il y a formation d'un ou plusieurs électrons.



Activité 5 ① Une réaction d'oxydo-réduction est une réaction impliquant un transfert d'électrons entre les réactifs : **VRAI**.

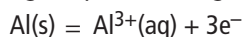
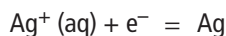
② Un oxydant est une espèce chimique capable de gagner un ou plusieurs protons : **FAUX**.

Un oxydant est une espèce chimique capable de gagner un ou plusieurs électrons.

③ Deux entités chimiques qui se transforment l'une en l'autre lors d'un transfert d'électrons forment un couple ox/red : **VRAI**.

④ Une réaction d'oxydo-réduction engage toujours deux couples oxydant/réducteur : **VRAI**.

Activité 6 Demi-équations associées à la réaction entre les ions Ag^+ et le métal aluminium Al :



Activité 7 Équation d'oxydo-réduction de la réaction entre les ions $\text{Ag}^+(\text{aq})$ et $\text{Al}(\text{s})$:

$$3 \text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{Al}(\text{s}) \rightarrow 3 \text{Ag}(\text{s}) + \text{Al}^{3+}(\text{aq})$$

Activité 8 La tension mesurée est positive, elle correspond donc à la force électromotrice E de la pile.

Le pôle + de la pile est relié à la borne « V » : c'est l'électrode d'argent et le pôle – correspond à l'électrode d'aluminium.

Activité 9 Comme l'électrode d'argent d'une pile argent-aluminium constitue le pôle + de la pile, le courant électrique sort de la pile par cette électrode et les électrons y arrivent pour être consommés :

À l'électrode d'argent : $\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^- = \text{Ag}(\text{s})$

L'électrode d'aluminium est le pôle- : le courant électrique arrive à la pile par cette électrode et les électrons en partent car ils sont formés :

À l'électrode d'aluminium : $\text{Al}(\text{s}) = \text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^-$

Activité 10 ❶ Réduction : $\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^- = \text{Ag}(\text{s})$

Oxydation : $\text{Pb}(\text{s}) = \text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$

❷ Il y a une réduction à la cathode, c'est l'électrode d'argent. Il y a une oxydation à l'anode, c'est l'électrode de plomb.

❸ Le pôle positif est l'électrode d'argent car il y a une réduction. Le pôle négatif est l'électrode de plomb car il y a une oxydation.

Activité 11 Équation d'oxydo-réduction du fonctionnement de la pile argent-plomb :

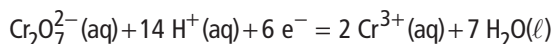
$$2 \text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{Pb}(\text{s}) \rightarrow 2 \text{Ag}(\text{s}) + \text{Pb}^{2+}(\text{aq})$$

Exercice 1 Ajuster des demi-équations d'oxydo-réduction

- ❶ Réductions : $\text{Ni}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- = \text{Ni}(\text{s})$; $\text{K}^+(\text{aq}) + \text{e}^- = \text{K}(\text{s})$
- ❷ Oxydations : $\text{Cu}(\text{s}) = \text{Cu}^+(\text{aq}) + \text{e}^-$; $\text{Fe}(\text{s}) = \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$

Exercice 2 L'ion dichromate et l'ion chrome, des ions colorés

- ❶ La demi-équation d'oxydoréduction correspondant au couple formé par ces deux ions est :



- ❷ Le couple ox/red formé par ces deux ions est : $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}(\text{aq}) / \text{Cr}^{3+}(\text{aq})$.

Exercice 3 Réaction entre le fer et l'acide chlorhydrique

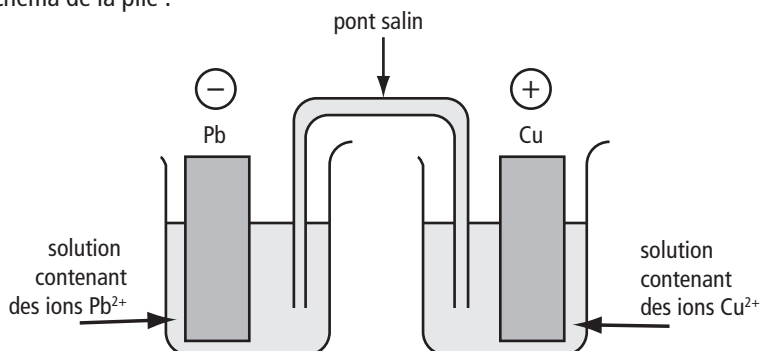
- ❶ Les réactifs sont les ions $\text{H}^+(\text{aq})$ et le métal fer $\text{Fe}(\text{s})$. Les produits de la réaction sont le dihydrogène $\text{H}_{2(\text{g})}$ et les ions $\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$
- ❷ $2\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- = \text{H}_{2(\text{g})}$ et $\text{Fe}(\text{s}) = \text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$.
- ❸ $2\text{H}^+(\text{aq}) + \text{Fe}(\text{s}) \rightarrow \text{H}_{2(\text{g})} + \text{Fe}^{2+}(\text{aq})$.

Exercice 4 Réaction entre le diiode et les ions thiosulfate

- ❶ $\text{I}_2(\text{aq}) + 2\text{e}^- = 2\text{I}^-(\text{aq})$ et $2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}(\text{aq}) = \text{S}_4\text{O}_6^{2-}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$
- ❷ $\text{I}_2(\text{aq}) + 2\text{S}_2\text{O}_3^{2-}(\text{aq}) \rightarrow 2\text{I}^-(\text{aq}) + \text{S}_4\text{O}_6^{2-}(\text{aq})$

Exercice 5 La pile plomb – cuivre

- ❶ Schéma de la pile :



② Demi-équations redox aux électrodes :

Réduction à l'électrode de cuivre : $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- = \text{Cu}(\text{s})$

Oxydation à l'électrode de plomb : $\text{Pb}(\text{s}) = \text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$.

En effet, le courant électrique sort de la pile par le pôle + (la lame de cuivre) et rentre dans la pile par le pôle négatif (la lame de plomb), les électrons se déplacent en sens inverse : ils sortent de la pile par la lame de plomb et ils y arrivent par la lame de cuivre.

③ À l'anode, il y a une oxydation : c'est l'électrode de plomb.

À la cathode, il y a une réduction : c'est l'électrode de cuivre.

④ Équation de fonctionnement de la pile : $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + \text{Pb}(\text{s}) \rightarrow \text{Cu}(\text{s}) + \text{Pb}^{2+}(\text{aq})$.

Exercice 6 La pile aluminium - zinc

① Demi-équations redox :

Réduction : $\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- = \text{Zn}(\text{s})$; Oxydation : $\text{Al}(\text{s}) = \text{Al}^{3+}(\text{aq}) + 3\text{e}^-$.

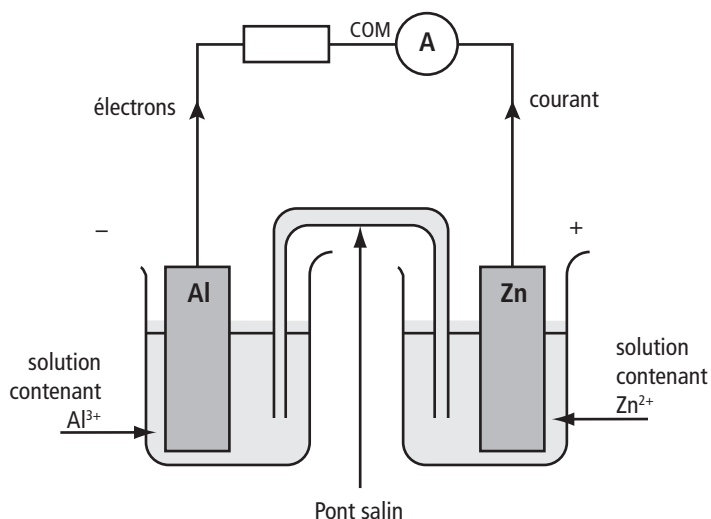
② Polarité des électrodes de la pile :

Électrode de zinc : pôle + (réduction) ;

Électrode d'aluminium : pôle - (oxydation)

③ Équation de fonctionnement de la pile :

$3\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{Al}(\text{s}) \rightarrow 3\text{Zn}(\text{s}) + 2\text{Al}^{3+}(\text{aq})$.

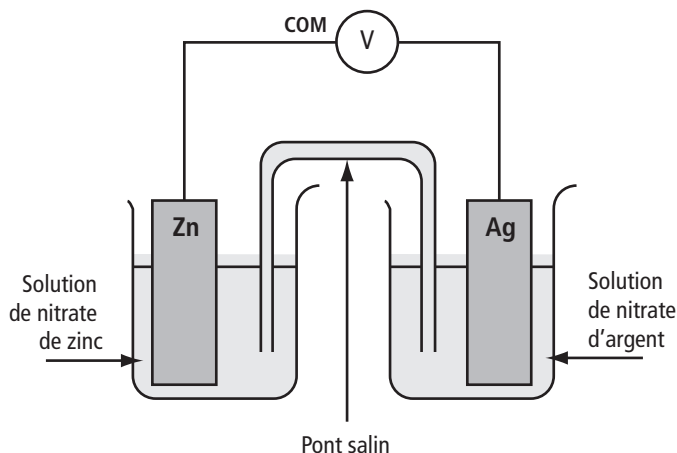


Exercice 7 Pile à base d'argent et de zinc

On réalise une pile à partir de deux demi-piles et d'un pont salin. L'une des demi-piles est constituée d'une lame de zinc plongeant dans une solution de nitrate de

zinc et l'autre, d'un fil d'argent plongeant dans une solution de nitrate d'argent. On branche un voltmètre électronique aux bornes de cette pile en reliant la borne COM à l'électrode de zinc, il indique : $U = 1,5 \text{ V}$.

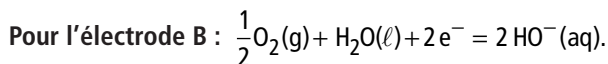
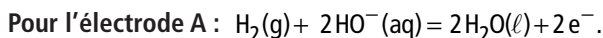
- ❶ Schéma annoté de la pile et du voltmètre en indiquant ses bornes.



- ❷ La force électromotrice de la pile vaut $E = U = 1,5 \text{ V}$.
- ❸ Polarité des électrodes :
Électrode de zinc reliée à la borne COM du voltmètre : **pôle -** ; Électrode d'argent : **pôle +**
- ❹ Réactions mises en jeu aux électrodes :
À l'électrode de zinc : $\text{Zn(s)} = \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^-$.
À l'électrode d'argent : $\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^- = \text{Ag(s)}$.

Exercice 8 Pile de navette spatiale

Les réactions aux électrodes sont :



- ❶ C'est une pile à combustible.
- ❷ Il y a une réduction ($\text{ox} + \text{ne}^- = \text{red}$) à l'électrode B ;
une oxydation ($\text{red} = \text{ox} + \text{ne}^-$) à l'électrode A.
- ❸ Les électrons sortent de la pile par le pôle - où il y a une oxydation : c'est l'électrode A. L'électrode B constitue le pôle + de la pile.
- ❹ Équation du fonctionnement de la pile : $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2} \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\ell)$.

Exercice 9 Étude d'une pile au lithium

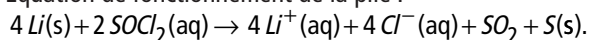
Lors du fonctionnement d'une pile (Li, SOCl_2), les demi-équations redox sont les suivantes :

À l'anode : $\text{Li(s)} = \text{Li}^+(\text{aq}) + e^-$

À la cathode : $2 \text{SOCl}_2(\text{aq}) + 4 e^- = 4 \text{Cl}^-(\text{aq}) + \text{SO}_2 + \text{S(s)}$

❶ À l'électrode de lithium, il y a une oxydation : des électrons sont formés et quittent la pile. L'électrode de lithium constitue le pôle – de la pile.

❷ Équation de fonctionnement de la pile :



❸ Une pile neuve de 10 g contient entre autre : 4,5g de chlorure de thionyle et 4g de lithium

Quantités initiales de chlorure de thionyle et de lithium :

$$n_{\text{SOCl}_2}^i = \frac{m_{\text{SOCl}_2}^i}{M_{\text{SOCl}_2}} = \frac{4,5}{119,1} = 3,8 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

$$n_{\text{Li}}^i = \frac{m_{\text{Li}}^i}{M_{\text{Li}}} = \frac{0,4}{6,9} = 5,8 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

❹

Équation		$4 \text{Li}_{(\text{s})} + 2 \text{SOCl}_{2(\text{aq})} \rightarrow 4 \text{Li}_{(\text{aq})}^+ + 4 \text{Cl}_{(\text{aq})}^- + \text{SO}_2 + \text{S}_{(\text{s})}$					
	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)					
État initial	$x = 0$	$5,8 \cdot 10^{-2}$	$3,8 \cdot 10^{-2}$	0	0	0	0
En cours de réaction	x	$5,8 \cdot 10^{-2} - 4x$	$3,8 \cdot 10^{-2} - 2x$	$4x$	$4x$	x	x
État final	x_{max}	$5,8 \cdot 10^{-2} - 4 x_{\text{max}}$	$3,8 \cdot 10^{-2} - 2 x_{\text{max}}$	$4 x_{\text{max}}$	$4 x_{\text{max}}$	x_{max}	x_{max}

❺ Déterminons le réactif limitant :

$$5,8 \cdot 10^{-2} - 4 x_{\text{max}} = 0 \quad \text{OU} \quad 3,8 \cdot 10^{-2} - 2 x_{\text{max}} = 0$$

$$x_{\text{max}} = 1,45 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \quad \text{OU} \quad x_{\text{max}} = 1,90 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

Comme $1,45 \cdot 10^{-2} \text{ mol} < 1,90 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$: $x_{\text{max}} = 1,45 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$

Le réactif limitant est donc le lithium. ■

C

Corrigés de la séquence 6

Physique

Corrigés des activités

Activité 1

- ❶ L'effort est plus important si la masse est plus grande.
- ❷ L'effort est plus important si la hauteur de l'étagère augmente.
- ❸ Si le champ de pesanteur est moins important, l'effort est moins important.

Activité 2

Dans cet exemple, il est judicieux de prendre comme origine de l'énergie potentielle, la ville de Chamonix. Ainsi, lors de son ascension, l'altitude de l'alpiniste augmentera de $h = h_2 - h_1$.

Il acquiert donc une énergie potentielle de pesanteur $E_{pp} = mgh = mg(h_2 - h_1)$.

Application numérique : $E_{pp} = 90 \times 9,8 \times (4810 - 1035) = 3,3 \cdot 10^6 \text{ J}$.

► Remarque

Comme l'altitude de référence pour laquelle l'énergie potentielle de pesanteur est nulle est choisie arbitrairement, l'énergie potentielle de pesanteur peut être négative.

Calculons l'énergie potentielle de pesanteur de l'alpiniste précédent au niveau de la mer. $E_{pp} = 0$ à Chamonix qui se situe à 1035 m au-dessus du niveau de la mer. Donc si cet alpiniste se retrouve au niveau de la mer, son altitude est plus basse que Chamonix donc son E_{pp} est négative. Dans ce cas,

$$E_{pp} = -mgh_1 = -90 \times 9,8 \times 1035 = -9,1 \cdot 10^5 \text{ J}.$$

Activité 3

- ❶ L'effort sera plus important avec l'enfant le plus lourd.
- ❷ Plus on souhaite communiquer une grande vitesse, plus l'effort devra être important.

Activité 4

- ❶ La courbe représentant la vitesse en fonction de la hauteur de chute n'est pas une droite qui passe par l'origine. La valeur de la vitesse n'est donc pas proportionnelle à la hauteur de chute.
- ❷ La courbe représentant le carré de la vitesse en fonction de la hauteur de chute est une droite qui passe par l'origine. La valeur de la vitesse au carré est donc proportionnelle à la hauteur de chute.

Activité 5 Dans l'expression de l'énergie cinétique, la vitesse doit être en mètre par seconde.

Rappel $1 \text{ m.s}^{-1} = 3,6 \text{ km.h}^{-1}$. L'énergie cinétique de la voiture est donc :

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 950 \times \left(\frac{90}{3,6}\right)^2 = 3,0.10^5 \text{ J.}$$

Activité 6

$$E_m = E_c + E_{pp} = \frac{1}{2}mv^2 + mgh$$

$$E_m = \frac{1}{2} \times 180.10^3 \times \left(\frac{850}{3,6}\right)^2 + 180.10^3 \times 9,8 \times 9500$$

$$E_m = 2,2.10^{10} \text{ J.}$$

Activité 7

- ❶ L'analyse des courbes obtenues, montre que dans le cas des frottements réduits, l'énergie mécanique se conserve, elle reste constante au cours du mouvement.
- ❷ Par contre, dans le cas où le coussin d'air est peu efficace, la présence des frottements a pour conséquence une dissipation d'énergie mécanique qui décroît au cours du mouvement.
- ❸ En présence de frottement, l'énergie mécanique ne se conserve pas. En l'absence de mouvement, l'énergie mécanique se conserve.

Exercice 1 Énergie et pétanque

- ① Calculons l'énergie mécanique au moment du lâcher, en prenant $E_{pp} = 0$ pour $h = 0$:

$$\begin{aligned} E_{m_0} &= E_{c_0} + E_{pp_0} = \frac{1}{2}mv_0^2 + mgh_0 \\ &= \frac{1}{2} \cdot 0,7 \cdot (3,3)^2 + 0,7 \cdot 9,81 \cdot 1,0 \\ &= 10,7 \text{ J (la masse doit être en kg).} \end{aligned}$$

De même au sommet :

$$\begin{aligned} E_{m_s} &= E_{c_s} + E_{pp_s} = \frac{1}{2}mv_s^2 + mgh_s \\ &= \frac{1}{2} \cdot 0,7 \cdot (2,2)^2 + 0,7 \cdot 9,81 \cdot 1,3 = 10,6 \text{ J.} \end{aligned}$$

À la précision des données (deux chiffres significatifs), on trouve bien que l'énergie mécanique est la même.

- ② L'énergie mécanique se conserve donc les frottements sont négligeables.
- ③ Lorsque la boule atteint le sol, l'énergie mécanique est toujours $E_m = 10,7 \text{ J}$ avec $E_{pp} = 0$ car $h = 0$.

$$\text{Donc } E_m = \frac{1}{2}mv^2, \text{ soit } v = \sqrt{\frac{2E_m}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 10,7}{0,700}} = 5,5 \text{ m.s}^{-1}.$$

Exercice 2 Énergie et vélo

- ① Les frottements sont négligés, l'énergie mécanique se conserve. Ceci se traduit par l'égalité suivante, en supposant $E_{pp} = 0$ en bas de la descente :

$$\frac{1}{2}mv_0^2 + mgh = \frac{1}{2}mv_1^2.$$

$$\text{d'où } v_1 = \sqrt{v_0^2 + 2gh} = \sqrt{\left(\frac{18}{3,6}\right)^2 + 2 \times 9,81 \times 15} = 18 \text{ m.s}^{-1}$$

(la vitesse doit être exprimée en m.s^{-1}).

- ② Calculons l'énergie mécanique du cycliste au début de la descente :

$$E_{m_0} = \frac{1}{2}mv_0^2 + mgh = 1,3 \cdot 10^4 \text{ J.}$$

Son énergie cinétique en bas de la descente est $E_{m_1} = \frac{1}{2}mv_1^2 = 4,0 \cdot 10^3 \text{ J}$.
(ici $v_1 = 36 \text{ km.h}^{-1} = 10 \text{ m.s}^{-1}$).

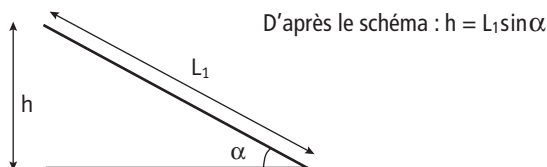
Le cycliste a donc perdu $E_{m_0} - E_{m_1} = 9,0 \cdot 10^3 \text{ J}$.

- ③ Cette énergie a été transférée à l'extérieur sous forme de chaleur.

Exercice 3 Étude énergétique d'un skieur

- ① Puisque les frottements sont négligés, l'énergie mécanique du skieur se conserve tout au long de son mouvement. Calculons son énergie mécanique E_m , au début de la piste. On prendra $E_{pp} = 0$ dans la partie la plus basse, c'est-à-dire la deuxième partie (plate), de la piste.

$$E_m = \frac{1}{2}mv_0^2 + mgh. \text{ Pour calculer } E_m, \text{ il faut déterminer } h.$$



$$\text{Donc } E_m = \frac{1}{2}mv_0^2 + mgL_1 \sin \alpha = 1,8 \cdot 10^4 \text{ J}$$

(la vitesse doit être exprimée en m.s^{-1}).

$$\text{À la fin de la descente, } E_m = \frac{1}{2}mv_1^2 \text{ soit } v_1 = \sqrt{\frac{2E_m}{m}} = 21 \text{ m.s}^{-1}.$$

- ② À la fin de la deuxième partie, la vitesse n'a pas changé puisque $E_{pp} = 0$ tout au long

$$\text{de cette deuxième partie, on a donc } E_m = \frac{1}{2}mv_2^2 \text{ soit } v_2 = \sqrt{\frac{2E_m}{m}} = 21 \text{ m.s}^{-1}.$$

- ③ Au cours de la troisième partie, l'énergie mécanique est toujours la même. Déterminons la hauteur h' que le skieur pourrait atteindre sans effort. h' est atteint lorsque toute l'énergie mécanique est sous la forme d'énergie potentielle de pesanteur (la vitesse est alors nulle).

$$\text{Dans ce cas, } mgh' = E_m \text{ soit } h' = \frac{E_m}{mg} = 22 \text{ m.}$$

En raisonnant comme pour la première partie, la troisième partie représente une montée d'altitude $h_3 = L_3 \sin \alpha = 30 \text{ m}$. Le skieur n'a donc pas assez d'énergie pour gravir cette côte sans effort.

Exercice 4 Énergie potentielle élastique

- ① L'énergie cinétique est $E_c = \frac{1}{2}mv_0^2$.

- ② L'énergie potentielle de pesanteur est constante au cours du mouvement puisque la table est horizontale. Il est judicieux de prendre $E_{pp} = 0$.

- ③ Dans un ressort comprimé, l'énergie est stockée sous forme d'énergie potentielle élastique.

④ Lors de la compression du ressort, il y a un transfert d'énergie cinétique en énergie potentielle élastique, sans perte puisqu'il n'y a pas de frottement.

⑤ Lorsque le ressort est comprimé au maximum, toute l'énergie cinétique a été transférée en énergie potentielle élastique.

$$\text{Soit } \frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}kx_{\max}^2, \text{ soit } x_{\max} = v_0\sqrt{\frac{m}{k}}.$$

⑥ Puisqu'il n'y a pas de frottement, toute l'énergie potentielle élastique va se transférer en énergie cinétique, donc le mobile retrouve sa vitesse initiale v_0 .

Exercice 5 Chute d'une bille dans l'huile

① Le calcul de l'énergie cinétique est $E_c = \frac{1}{2}mv^2$ avec m en kg.

Le calcul de l'énergie potentielle de pesanteur est $E_{pp} = -mgx$, le signe moins vient du fait que l'axe des x est dirigé vers le bas. L'altitude de la bille décroît au cours du mouvement.

L'énergie mécanique est la somme des deux énergies précédemment calculées.

On trouve :

Date (s)	0	$40 \cdot 10^{-3}$	$80 \cdot 10^{-3}$	0,12	0,16	0,20
E_c (J)	0	$1,82 \cdot 10^{-4}$	$4,20 \cdot 10^{-4}$	$6,00 \cdot 10^{-4}$	$7,02 \cdot 10^{-4}$	$7,84 \cdot 10^{-4}$
E_{pp} (J)	0	$-2,89 \cdot 10^{-4}$	$-9,66 \cdot 10^{-4}$	$-1,86 \cdot 10^{-3}$	$-2,87 \cdot 10^{-3}$	$-3,94 \cdot 10^{-3}$
E_m (J)	0	$-1,07 \cdot 10^{-4}$	$-5,46 \cdot 10^{-4}$	$-1,26 \cdot 10^{-3}$	$-2,17 \cdot 10^{-3}$	$-3,16 \cdot 10^{-3}$

② L'énergie mécanique n'est pas constante au cours du mouvement, il y a des frottements.

③ L'énergie mécanique décroît de plus en plus car les frottements sont de plus en plus importants du fait de l'augmentation de la vitesse de la bille.

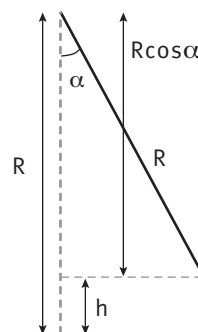
Exercice 6 La balançoire

① L'énergie potentielle de pesanteur est donnée par $E_{pp} = mgh$. Pour déterminer h, il faut faire le schéma suivant :

D'après le schéma, $h = R - R \cos \alpha$.

Donc $E_{pp} = mgR(1 - \cos \alpha) = 76 \text{ J}$.

② Dans cette position, la vitesse de l'enfant est nulle, son énergie cinétique E_c également. Donc l'énergie mécanique est égale à l'énergie potentielle de pesanteur : $E_m = E_{pp} = 76 \text{ J}$.



③ Comme on néglige les frottements, l'énergie mécanique se conserve au cours du mouvement.

④ Dans la position d'équilibre,

$$E_{pp} = 0, \text{ donc } E_m = E_c = \frac{1}{2}mv^2 \text{ soit } v = \sqrt{\frac{2E_m}{m}} = 2,5 \text{ m.s}^{-1}.$$

Exercice 7 Service au tennis

① L'énergie mécanique est

$$E_m = E_c + E_{pp}. \text{ Donc } E_c = \frac{1}{2}mv_0^2 = E_m - E_{pp} = E_m - mgh.$$

$$\text{Donc } v_0 = \sqrt{\frac{2E_m}{m} - 2gh} = 42 \text{ m.s}^{-1}.$$

② Après le service, l'énergie potentielle de pesanteur décroît puisque la balle descend. Si l'énergie mécanique se conservait, il y aurait une augmentation de l'énergie cinétique et donc de la vitesse. Puisque v est inférieure à v_0 , l'énergie cinétique décroît, donc l'énergie mécanique ne se conserve pas.

③ Au cours de ce mouvement, il y a un transfert d'énergie mécanique en énergie thermique à cause des frottements. Si on calcule l'énergie mécanique au sol

$$E_{m_{\text{sol}}} = \frac{1}{2}mv^2 = 21 \text{ J}. \text{ Donc il y a un transfert de } 51 - 21 = 30 \text{ J, d'énergie mécanique en énergie thermique.}$$

Exercice 8 Pistolet à billes de plastique

① L'énergie cinétique d'une bille a pour expression $E_c = \frac{1}{2}mv^2$.

$$\text{Donc } v = \sqrt{\frac{2E_c}{m}} = 95 \text{ m.s}^{-1}.$$

② Lorsqu'on tire en l'air, il y a transfert d'énergie cinétique en énergie potentielle de pesanteur. La hauteur maximale est atteinte lorsque toute l'énergie cinétique s'est transférée en énergie potentielle de pesanteur. Dans le cas idéal, il n'y a pas de frottement.

$$\text{On a donc } E_{pp_{\text{max}}} = E_c \text{ soit } mgh_{\text{max}} = E, \text{ donc } h_{\text{max}} = \frac{E}{mg} = 460 \text{ m}.$$

③ a. Finalement, $E_{pp_{\text{max}}} = mgh' = 0,025 \text{ J}$, donc le système a perdu, au cours de la montée de la bille $0,90 - 0,025 = 0,87 \text{ J}$. C'est l'énergie dissipée au milieu extérieur.

b. C'est la force de frottement qui est responsable de cette dissipation d'énergie.

c. Cette énergie n'a pas disparue, d'après le principe de conservation d'énergie. Elle est présente sous forme d'énergie thermique.

Exercice 9 Étude énergétique d'une radioactivité β^-

- ① En appliquant la conservation des charges et des nucléons, la désintégration de l'uranium 239 s'écrit : ${}_{92}^{239}\text{U} \rightarrow {}_{93}^{239}\text{Np} + {}_{-1}^0\text{e} + {}_0^0\bar{\nu}$

- ② L'énergie libérée cette désintégration est :

$$E_{\text{lib}} = \left(m_{{}_{92}^{239}\text{U}} - m_{{}_{93}^{239}\text{Np}} - m_{{}_{-1}^0\text{e}} \right) \cdot c^2.$$

$$\begin{aligned} E_{\text{lib}} &= (239,054\,29 - 239,052\,94 - 0,000\,55) \times 1,660\,54 \times 10^{-27} \times (3,00 \times 10^8)^2 \\ &= 1,2 \cdot 10^{-13} \text{ J.} \end{aligned}$$

- ③ L'électron emporte $E_{\text{e}} = 8 \cdot 10^{-14} \text{ J}$, l'antineutrino emporte le complément c'est-à-dire $E_{\text{lib}} - E_{\text{e}} = 4 \cdot 10^{-14} \text{ J}$.



Corrigés des Activités

- Activité 1**
- Glucose (origine végétale) :** groupes carbonyle et hydroxyle; sucre employé dans l'industrie agro-alimentaire.
- Propanone (origine synthétique) :** groupe carbonyle; solvant utilisé dans l'industrie et les cosmétiques (rouge à ongle).
- Citronnellal (origine végétale) :** groupe carbonyle; insectifuge, anesthésique, antiseptique utilisée dans l'industrie pharmaceutique.
- Testostérone (hormone d'origine animale) :** groupes carbonyle et hydroxyle; utilisé dans l'industrie pharmaceutique.
- Civettone (d'origine animale ou synthétique) :** groupe carbonyle; utilisé dans les cosmétiques (parfum).
- Benzaldéhyde (origine synthétique) :** groupe carbonyle; parfum d'amande amère employé dans l'industrie agro-alimentaire.

Activité 2 Nomenclature des aldéhydes

$\text{H}-\text{CH}=\text{O}$ s'appelle le méthanal.

$\text{CH}_3-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{O}$ s'appelle le 3,4-diméthylpentanal

Le butanal a pour formule : $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{O}$

Le 2,3-diméthylpentanal a pour formule : $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}=\text{O}$

Activité 3 Nomenclature des cétones

$\text{CH}_3-\text{CO}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ s'appelle la butanone.

$\text{CH}_3-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CO}-\text{CH}_3$ s'appelle la 3,4-diméthylpentan-2-one.

L'hexan-3-one a pour formule : $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$

La 3,4-diméthylhexan-2-one a pour formule :

$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CO}-\text{CH}_3$

- Activité 4**
- Pentanal $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{O}$
- 2-méthylbutanal $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}=\text{O}$
- 3-méthylbutanal $\text{CH}_3-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{O}$
- Pentan-2-one $\text{CH}_3-\text{CO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$

Pentan-3-one $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$

3-méthylbutan-2-one $\text{CH}_3 - \text{CO} - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$

4-méthylbutan-2-one $\text{CH}_3 - \text{CO} - \text{CH}_2 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CH}_3$

Activité 5 La classe d'un alcool

L'éthanol qui a pour formule $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH}$, est un alcool primaire puisque le carbone qui porte le groupement hydroxyle n'est lié qu'à un seul carbone.

Le propan-2-ol qui a pour formule $\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}_3$, est un alcool secondaire puisque le carbone qui porte le groupement hydroxyle est lié à deux autres carbones.

Le méthylpropan-2-ol, qui a pour formule $\text{CH}_3 - (\text{OH})\text{C}(\text{CH}_3) - \text{CH}_3$, est un alcool tertiaire puisque le carbone qui porte le groupement hydroxyle est lié à trois autres carbones.

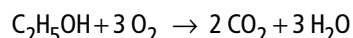
Le butan-2-ol qui a pour formule $\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$, est un alcool secondaire puisque le carbone qui porte le groupement hydroxyle est lié à deux autres carbones.

Le 2-méthylbutan-1-ol qui a pour formule $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CH}_2 - \text{OH}$, est un alcool primaire puisque le carbone qui porte le groupement hydroxyle n'est lié qu'à un seul carbone.

Le 3-méthylbutan-2-ol qui a pour formule $\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}_3$, est un alcool secondaire puisque le carbone qui porte le groupement hydroxyle est lié à deux autres carbones.

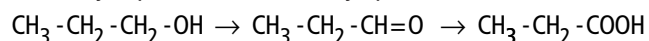
Activité 6 Combustion de l'éthanol

L'équation chimique qui traduit la combustion complète de l'éthanol s'écrit :



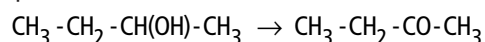
Activité 7 Oxydations ménagées

Le propan-1-ol est un alcool primaire ; son oxydation ménagée donnera d'abord un aldéhyde puis un acide carboxylique.



Le propan-1-ol donne le propanal qui donne ensuite l'acide propanoïque.

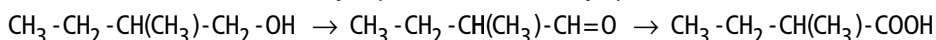
Le butan-2-ol est un alcool secondaire ; son oxydation ménagée ne donnera qu'une cétone.



Le butan-2-ol donne la butanone.

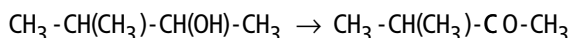
Le méthylpropan-2-ol qui a pour formule $\text{CH}_3 - (\text{OH})\text{C}(\text{CH}_3) - \text{CH}_3$ est un alcool tertiaire ; il ne peut donc pas subir d'oxydation ménagée.

Le 2-méthylbutan-1-ol est un alcool primaire ; son oxydation ménagée donnera d'abord un aldéhyde puis un acide carboxylique.



Le 2-méthylbutan-1-ol donne le 2-méthylbutanal qui donne ensuite l'acide 2-méthylbutanoïque.

Le 3-méthylbutan-2-ol est un alcool secondaire ; son oxydation ménagée ne donnera qu'une cétone.

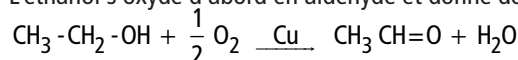


Le 3-méthylbutan-2-ol donne la méthylbutanone.

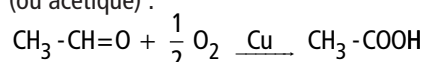
- **Remarque** Dans ce dernier cas, les indices sont inutiles puisque le groupement carbonyle et le groupement méthyl ne peuvent être un sur le carbone 2 et l'autre sur le carbone 3.

Activité 8 Lampe sans flamme

L'éthanol s'oxyde d'abord en aldéhyde et donne donc l'éthanal :



L'éthanal s'oxyde ensuite en acide carboxylique et donne donc l'acide éthanoïque (ou acétique) :

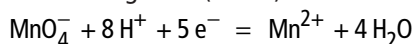


Activité 9 Oxydation du propan-2-ol

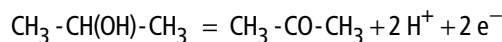
Le dispositif de chauffage va porter le mélange réactionnel à ébullition ; or, de tous les composés présents dans le ballon, c'est l'acétone qui possède le point d'ébullition le plus bas (56°C). C'est donc elle qui s'échappera la première du milieu réactionnel et si l'on chauffe très doucement le mélange réactionnel, on est sûr que seule l'acétone pourra sortir du ballon.

Ce montage est un montage de distillation.

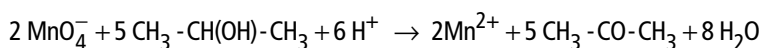
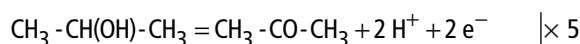
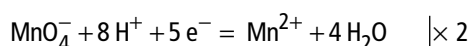
La demi-équation qui traduit la transformation des ions permanganate (MnO_4^-) en ions manganèse (Mn^{2+}) en milieu acide s'écrit :



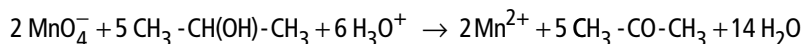
La demi-équation qui traduit la transformation du propan-2-ol en propanone en milieu acide s'écrit :



On en déduit l'équation de la réaction d'oxydation de l'alcool :



► **Remarque** En milieu acide, on peut aussi remplacer les ions H^+ par des ions H_3O^+ et donc écrire l'équation de la réaction d'oxydation :

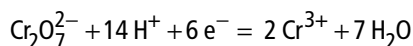


En effet, on rajoute 6 H_2O des 2 côtés de la flèche puisqu'il faut transformer 6 H^+ en 6 H_3O^+ .

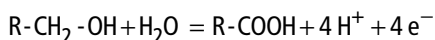
Activité 10 Test au dichromate

Le test au dichromate permet d'identifier l'alcool tertiaire, puisque c'est le seul parmi les trois classes d'alcool qui ne fait pas changer la coloration du tube témoin.

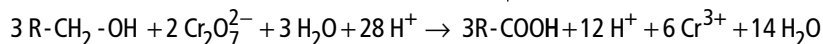
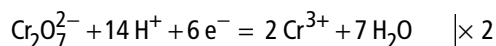
La demi-équation qui traduit la transformation des ions dichromate ($Cr_2O_7^{2-}$) en ions chrome (Cr^{3+}) en milieu acide s'écrit :



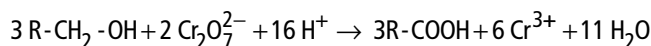
La demi-équation qui traduit la transformation d'un alcool primaire en acide carboxylique en milieu acide s'écrit :



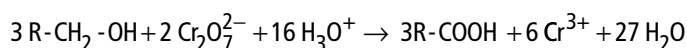
On en déduit l'équation de la réaction d'oxydation de l'alcool primaire :



On simplifie cette équation :



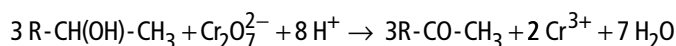
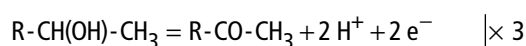
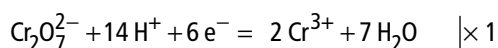
On peut aussi écrire :



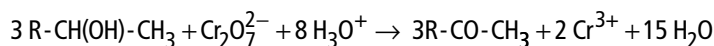
La demi-équation qui traduit la transformation d'un alcool secondaire en cétone en milieu acide s'écrit :



On en déduit l'équation de la réaction d'oxydation de l'alcool secondaire :

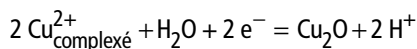


On peut aussi écrire :

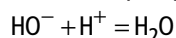


Activité 11 Liqueur de Fehling

La demi-équation qui traduit la transformation des ions cuivre (II) complexés $\text{Cu}^{2+}_{\text{complexé}}$ en oxyde de cuivre (I), Cu_2O en milieu acide s'écrit :



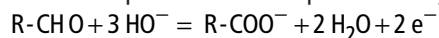
Il faut alors tenir compte que cette réaction se déroule en milieu basique où n'existent que les ions hydroxyde HO^- . Pour cela, on ajoute autant d'ions HO^- qu'il y a d'ions H^+ , en tenant compte que :



On devra donc écrire : $2 \text{Cu}^{2+}_{\text{complexé}} + 2 \text{HO}^- + 2 \text{e}^- = \text{Cu}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$

La demi-équation qui traduit la transformation d'un aldéhyde en ion carboxylate, en milieu basique doit s'écrire : $\text{R-CHO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{R-COO}^- + 3 \text{H}^+ + 2 \text{e}^-$

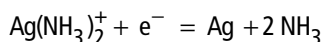
Là encore, on doit tenir compte que cette réaction se déroule en milieu basique où n'existent que les ions hydroxyde HO^- :



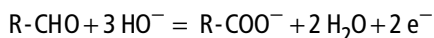
L'équation de la réaction d'oxydation de l'aldéhyde par la liqueur de Fehling s'écrit finalement : $2 \text{Cu}^{2+}_{\text{complexé}} + 5 \text{HO}^- + \text{R-CHO} \rightarrow \text{Cu}_2\text{O} + 3 \text{H}_2\text{O} + \text{R-COO}^-$

Activité 12 Réactif de Tollens

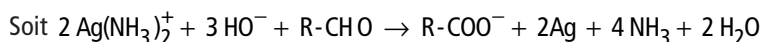
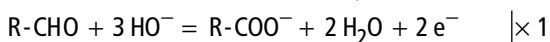
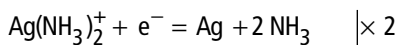
La demi-équation qui traduit la transformation des ions argent complexés $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$ en argent en milieu basique doit s'écrire :



La demi-équation qui traduit la transformation d'un aldéhyde en ion carboxylate, en milieu basique doit s'écrire :



L'équation de la réaction d'oxydation de l'aldéhyde par le réactif de Tollens s'écrit finalement :



Exercice 1 Un alcool odorant

- ❶ La formule semi-développée de cet alcool est la suivante (sachant que l'octane possède 8 carbones) :

$$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - (\text{CH}_3)\text{C}(\text{OH}) - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CH}_3$$
- ❷ Le carbone qui porte le groupement hydroxyle est lié à trois autres atomes de carbone : il s'agit d'un alcool tertiaire (III).
- ❸ Non, on ne peut pas faire subir d'oxydation ménagée à un alcool tertiaire.

Exercice 2 Oxydation des « butanols »

- ❶ Le premier des quatre alcools est le butan-1-ol : $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$

Le deuxième est le butan-2-ol : $\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$

Le troisième est le (2)-méthylpropan-1-ol : $\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CH}_2 - \text{OH}$

► **Remarque**

On a mis le 2 entre parenthèses car il est inutile puisque le groupement méthyl ne peut se fixer que sur le carbone du milieu c'est-à-dire le numéro 2. Un vrai chimiste ne citera pas le 2 et dira qu'il s'agit du : méthylpropan-1-ol.

Le quatrième alcool est le méthylpropan-2-ol : $\text{CH}_3 - (\text{CH}_3)\text{C}(\text{OH}) - \text{CH}_3$.

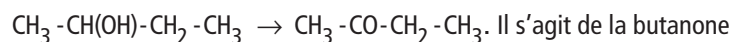
Le butan-1-ol et le méthylpropan-1-ol sont des alcools primaires [classe(I)].

Le butan-2-ol est un alcool secondaire [classe(II)].

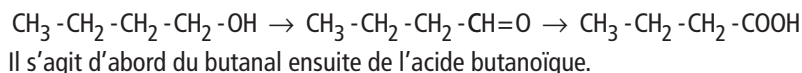
Le méthylpropan-2-ol est un alcool tertiaire [classe(III)].

- ❷ Le méthylpropan-2-ol qui est un alcool tertiaire ne peut pas subir d'oxydation ménagée.

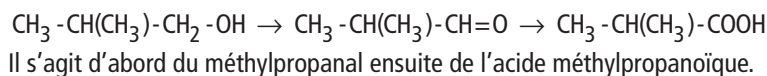
Le butan-2-ol qui est un alcool secondaire donnera une cétone lors de son oxydation ménagée :



Le butan-1-ol qui est un alcool primaire donnera d'abord un aldéhyde, puis un acide carboxylique lors de son oxydation ménagée :

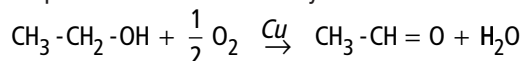


Le méthylpropan-1-ol qui est un alcool primaire donnera d'abord un aldéhyde, puis un acide carboxylique lors de son oxydation ménagée :



Exercice 3 Oxydation catalytique de l'éthanol

- ❶ L'équation de la réaction d'oxydation de l'éthanol en éthanal s'écrit :



- ❷ Puisque le volume molaire est de 30 litres, 1,5 litre de vapeur d'éthanol correspond à un nombre de moles :

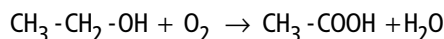
$$n = \frac{V}{V_{\text{mol}}} = \frac{1,5}{30} = 5,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.}$$

Sans dresser de tableau d'avancement, on peut voir qu'avec 1 mole d'éthanol, on peut obtenir, au maximum, une mole d'éthanal. On en obtiendra donc une masse maximale égale à :

$$m = n \times M = 5,0 \cdot 10^{-2} \times (15 + 13 + 16) = 5,0 \cdot 10^{-2} \times 44 = 2,2 \text{ g.}$$

Exercice 4 Du vin au vinaigre

- ❶ L'équation de la réaction d'oxydation de l'éthanol en acide éthanoïque s'écrit :



► **Remarque** Même sans la présence de « micoderma acéti », une bouteille de vin qui a été débouchée depuis suffisamment longtemps verra son éthanol se transformer en acide éthanoïque et, plus la température sera élevée, plus cette transformation s'opérera rapidement.

- ❷ Dans un litre de vin à 12°, il y a donc 120 mL d'éthanol ce qui représente une masse de : $m = \rho \times v = 0,79 \times 120 = 94,8 \text{ g}$

On rappelle que la masse volumique en g.cm^{-3} ou ce qui revient au même en g.mL^{-1} , s'exprime par le même nombre que la densité.

On calcule le nombre de moles d'éthanol qui correspond à 94,8 g :

$$n = \frac{m}{M} = \frac{94,8}{(15 + 14 + 17)} = \frac{94,8}{46} = 2,06 \text{ mol.}$$

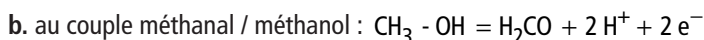
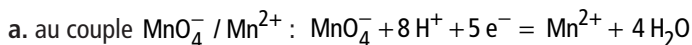
L'équation de la réaction nous dit qu'une mole d'éthanol donne une mole d'acide mais il n'y a que 50% (c'est à dire la moitié) d'éthanol qui s'est transformé en acide éthanoïque. On en déduit qu'il s'est formé 1,03 mol d'acide ce qui représente une masse : $m = n \cdot M = 1,03 \cdot (15 + 13 + 32) = 1,03 \cdot 60 = 61,8 \text{ g.}$

Exercice 5 Réaction du méthanol sur les ions permanganate

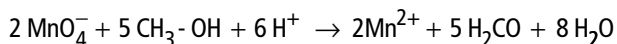
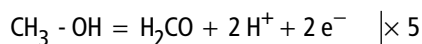
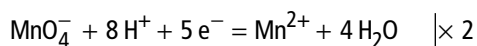
- ❶ Le méthanol $\text{CH}_3\text{-OH}$ est un alcool primaire ; son oxydation ménagée le transforme d'abord en aldéhyde, le méthanal H_2CO , puis en acide carboxylique, l'acide méthanoïque H-COOH .

► **Remarque** Le méthanal est connu sous le nom de formol et l'acide méthanoïque sous celui d'acide formique.

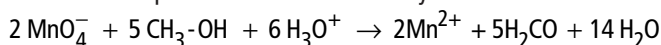
② On doit d'abord écrire les demi-équations qui correspondent :



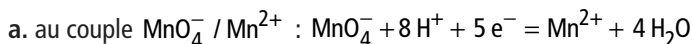
Et on obtient l'équation de la réaction :



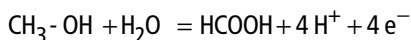
En milieu acide, il vaut mieux remplacer les ions H^+ par des ions H_3O^+ et donc écrire l'équation de la réaction d'oxydation :



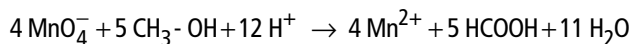
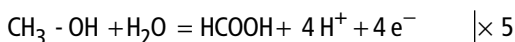
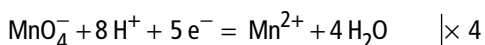
③ On doit d'abord écrire les demi-équations qui correspondent :



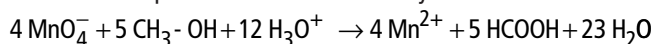
b. au couple méthanol / acide méthanoïque :



Et on obtient l'équation de la réaction :



En milieu acide, il vaut mieux remplacer les ions H^+ par des ions H_3O^+ et donc écrire l'équation de la réaction d'oxydation :



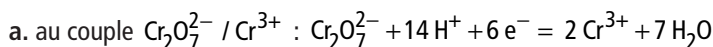
Exercice 6 Oxydation de deux alcools isomères

① Puisque le test au mélange sulfochromique donne un résultat positif, on doit en conclure que les alcools A et B ne sont pas de classe (III). A et B appartiennent soit aux alcools primaires, soit aux alcools secondaires.

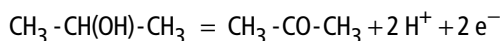
② Pour un alcool secondaire, le carbone qui porte le $-\text{OH}$, doit être lié à deux autres carbones. La molécule d'un alcool secondaire doit au moins comporter 3 atomes de carbone et comme A possède le nombre minimum de carbones, on en déduit qu'il n'en possède que 3 et qu'il s'agit donc du propan-2-ol qui a pour formule : $\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}_3$.

Lors du test avec le mélange sulfochromique, le propan-2-ol qui est un alcool secondaire s'est transformé en cétone ; le composé A' est donc la propanone (ou acétone) de formule : $\text{CH}_3 - \text{CO} - \text{CH}_3$.

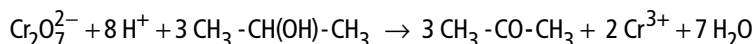
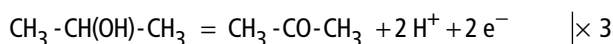
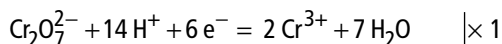
On doit d'abord écrire les demi-équations qui correspondent :



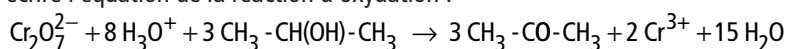
b. au couple propanone / propan-2-ol :



Et on obtient l'équation de la réaction :



En milieu acide, il vaut mieux remplacer les ions H^+ par des ions H_3O^+ et donc écrire l'équation de la réaction d'oxydation :

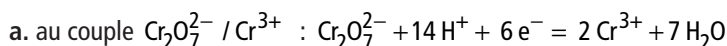


- ③ L'alcool A ne possède qu'un seul autre alcool isomère : le propan-1-ol, $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2\text{OH}$.

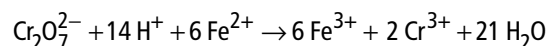
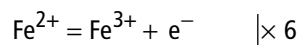
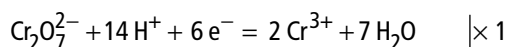
Le propan-1-ol est un alcool primaire ; lors du test avec le mélange sulfochromique, il s'est transformé d'abord en aldéhyde : le composé B' est donc le propanal qui a pour formule : $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}=\text{O}$, puis en acide carboxylique, le composé B'' est donc l'acide propanoïque qui a pour formule : $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$.

Exercice 7 Le degré d'un vin

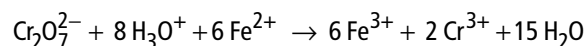
① On doit d'abord écrire les demi-équations qui correspondent :



Et on obtient l'équation de la réaction :



En milieu acide, il vaut mieux remplacer les ions H^+ par des ions H_3O^+ et donc écrire l'équation de la réaction d'oxydation :



On calcule le nombre de moles d'ions fer(II) qui ont réagi :

$$n_1 = C \cdot V = 0,20 \times 21 \cdot 10^{-3} = 4,20 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

On dresse le tableau d'avancement simplifié de la réaction :

avancement	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$	6Fe^{2+}
$X = 0$	n_2	$n_1 = 4,20 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$
X quelconque	$n_2 - X$	$n_1 - 6.X$
X final	0	0

On en déduit que : $X_f = \frac{n_1}{6} = \frac{4,2 \cdot 10^{-3}}{6} = 7,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$

et donc que $n_2 = 7,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$.

Ce nombre de mole n_2 correspond aux ions $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ qui n'ont pas réagi avec l'éthanol.

② Au départ, on avait introduit : $n_0 = 0,10 \times 20 \cdot 10^{-3} = 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$.

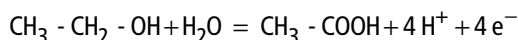
Il en reste après avoir réagi sur l'éthanol : $n_2 = 7,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$, on en déduit que : $n'_2 = n_0 - n_2 = 2,0 \cdot 10^{-3} - 7,0 \cdot 10^{-4} = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$.

Ce nombre de mole n'_2 correspond aux ions $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ qui ont réagi avec l'éthanol.

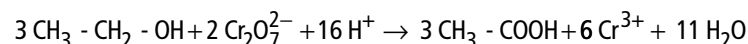
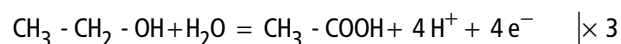
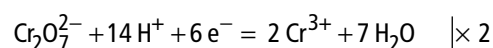
On doit écrire les demi-équations qui correspondent :

a. au couple $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} / \text{Cr}^{3+}$: $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14 \text{H}^+ + 6 \text{e}^- = 2 \text{Cr}^{3+} + 7 \text{H}_2\text{O}$

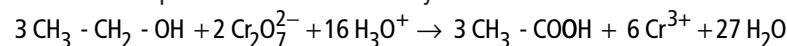
b. au couple acide éthanoïque / éthanol :



Et on obtient l'équation de la réaction :



En milieu acide, il vaut mieux remplacer les ions H^+ par des ions H_3O^+ et donc écrire l'équation de la réaction d'oxydation :



On dresse le tableau d'avancement simplifié de la réaction :

Avancement	$2 \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$	$3 \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH}$
$X = 0$	$n'_2 = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$	n_3
X quelconque	$n'_2 - 2.X$	$n_3 - 3.X$
X final	0	0

On en déduit que : $X_f = \frac{n_2}{2} = \frac{1,3 \cdot 10^{-3}}{2} = 6,5 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$ et donc que :
 $n_3 = 3 \times 6,5 \cdot 10^{-4} = 1,95 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$.

n_3 est la quantité d'éthanol qui ont réagi.

- ③ On a pris une fiole jaugée de 1 L, versé les 100 mL de solution S dans cette fiole et étendu jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée.

Tout l'éthanol que contenaient les 100 mL de vin, se sont donc retrouvés dans la fiole jaugée de 1 L.

Comme on a travaillé sur 10 mL de la solution diluée, on peut en conclure que ces 10 mL ne contenaient qu'un centième de l'éthanol contenu dans les 100 mL du vin.

On en conclut que les 100 mL de vin renfermaient :

$$n = 100 \times n_3 = 100 \times 1,95 \cdot 10^{-3} = 0,195 \text{ mol}.$$

- ④ On calcule la masse qui correspond à ces n moles :

$$m = n \cdot M = 0,195 \cdot (15 + 15 + 16) = 8,97 \text{ g}.$$

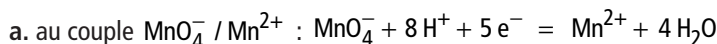
Connaissant la densité de l'éthanol, c'est à dire la masse volumique en $\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$, on peut calculer le volume d'éthanol, contenu dans les 100 mL de vin.

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{8,97}{0,79} = 11,5 \text{ mL}.$$

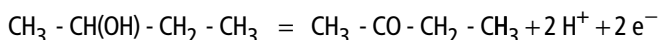
► **Conclusion** Le vin que l'on a étudié aurait donc un degré d'alcool égal à 11,5.

Exercice 8 Synthèse de la butanone

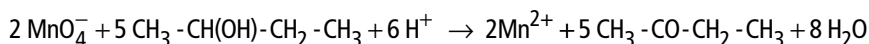
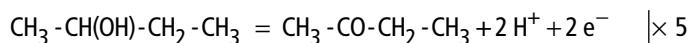
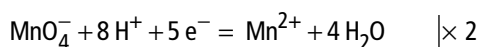
- ① On doit d'abord écrire les demi-équations qui correspondent :



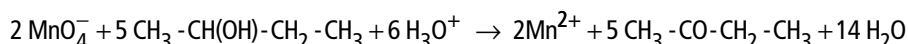
b. au couple butanone / butan-2-ol :



Et on obtient l'équation de la réaction :



En milieu acide, il vaut mieux remplacer les ions H^+ par des ions H_3O^+ et donc écrire l'équation de la réaction d'oxydation :



- ② On calcule la masse d'un litre de butanone en tenant compte que la densité s'exprime par le même nombre que la masse volumique en $\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$.

$$m = \rho \cdot V = 0,8 \times 1000 = 800 \text{ g}$$

Cette masse représente un nombre de moles égal à :

$$n = \frac{m}{M} = \frac{800}{(15+12+16+14+15)} = \frac{800}{72} = 11,1 \text{ mol.}$$

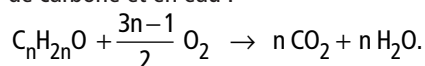
Sans dresser le tableau d'avancement, on peut voir qu'une mole de butan-2-ol donne une mole de butanone. Il faudra donc oxyder 11,1 mol de butan-2-ol, soit une masse de :

$$m = n \cdot M = 11,1 \cdot (15+14+16+14+15) = 11,1 \cdot 74 = 822 \text{ g.}$$

Exercice 9 Identifier un aldéhyde

① Un alcane a pour formule brute générale : C_nH_{2n+2} . Pour passer d'un alcane à un aldéhyde, on ajoute un atome d'oxygène et on élimine deux atomes d'hydrogène. On en déduit que la formule brute d'un aldéhyde dont la molécule ne renferme que de simples liaisons en dehors du groupement carbonyle s'écrit : $C_nH_{2n}O$.

② La combustion complète d'un composé organique le transforme en dioxyde de carbone et en eau :



③ On dresse le tableau d'avancement simplifié de la réaction :

avancement	$C_nH_{2n}O$	$n CO_2$
X = 0	0,1 mol	0
X quelconque	$0,1 - X$	$n \cdot X$
X final	0	0,30 mol

Pour trouver 0,30 mol de dioxyde de carbone on a fait le calcul :

$$n = \frac{V}{V_{\text{mol}}} = \frac{7,2}{24} = 0,3 \text{ mol.}$$

On a donc : $X_f = \frac{0,3}{n}$ et l'on peut alors écrire que : $0,1 - X_f = 0,1 - \frac{0,3}{n} = 0$.

On résout cette équation : $n = \frac{0,3}{0,1} = 3$.

L'aldéhyde admet donc la formule brute : C_3H_6O .

④ Il n'existe qu'un aldéhyde qui correspond à cette formule brute : $CH_3 - CH_2 - CH=O$.

Il s'agit du propanal.

⑤ Pour obtenir un aldéhyde, il faut oxyder un alcool primaire en l'occurrence le propan-1-ol qui a pour formule semi-développée : $CH_3 - CH_2 - CH_2 - OH$.

⑥ Quand on fait subir une oxydation ménagée à un aldéhyde, on obtient un acide carboxylique en l'occurrence l'acide propanoïque qui a pour formule semi-développée : $CH_3 - CH_2 - COOH$.

Exercice 10 Identifier une cétone

- 1 Un alcane a pour formule brute générale : C_nH_{2n+2} . Pour passer d'un alcane à une cétone, on ajoute un atome d'oxygène et on élimine deux atomes d'hydrogène. On en déduit que la formule brute d'une cétone dont la molécule ne renferme que de simples liaisons en dehors du groupement carbonyle s'écrit : $C_nH_{2n}O$.
- 2 Le pourcentage massique de l'oxygène est donné par : $\% (C) + \% (H) + \% (O) = 100$ puisque la molécule ne renferme que ces trois éléments. On en déduit que : $\% (O) = 100 - (66,7 + 11,1) = 22,2$.

Si on exprime le pourcentage massique de l'oxygène, on doit écrire :

$$\frac{1 \cdot 16}{M} = \frac{22,2}{100}.$$

On en déduit la valeur de la masse molaire de la cétone :

$$M = \frac{16 \times 100}{22,2} = 72 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

Si on exprime le pourcentage massique du carbone, on doit écrire :

$$\frac{n \times 12}{M} = \frac{66,7}{100}.$$

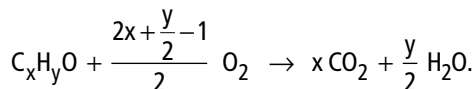
$$\text{On en déduit la valeur de } n : n = \frac{66,7 \cdot 72}{12 \cdot 100} = 4.$$

La cétone a donc pour formule brute : C_4H_8O .

- 3 Il n'existe qu'une cétone qui correspond à cette formule brute : $CH_3 - CO - CH_2 - CH_3$.
Il s'agit de la butanone.
- 4 Pour obtenir une cétone, il faut oxyder un alcool secondaire, en l'occurrence le butan-2-ol qui a pour formule semi-développée : $CH_3 - CH(OH) - CH_2 - CH_3$.

Exercice 11 Combustion d'un composé oxygéné

- 1 La combustion complète d'un composé organique le transforme en dioxyde de carbone et en eau :



- 2 On dresse le tableau d'avancement simplifié de la réaction :

avancement	C_xH_yO	$x CO_2$	$\frac{y}{2} H_2O$
$X = 0$	$5,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$	0	0
$X \text{ quelconque}$	$5,0 \cdot 10^{-2} - X$	$x \cdot X$	$\frac{y}{2} \cdot X$
$X \text{ final}$	0	0,20 mol	0,20 mol

Pour trouver les nombres de moles de dioxyde de carbone et d'eau, on a fait les calculs :

$$n = \frac{m}{M} = \frac{8,7}{44} = 0,20 \text{ mol} \quad \text{et} \quad n = \frac{m}{M} = \frac{3,7}{18} = 0,20 \text{ mol}.$$

Du tableau d'avancement, on peut tirer l'avancement final :

$$5,0 \cdot 10^{-2} - X_f = 0 \text{ donc } X_f = 5,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol}.$$

$$\text{On en déduit les valeurs de } x \text{ et } y : x \cdot X_f = 0,20 \text{ donc } x = \frac{0,20}{5,0 \cdot 10^{-2}} = 4$$

$$\frac{y}{2} \cdot X_f = 0,20 \text{ donc } y = \frac{2 \times 0,20}{5,0 \cdot 10^{-2}} = 8.$$

- ③ Si le composé oxygéné possède un groupement carbonyle, c'est un aldéhyde ou une cétone.

Il n'y a qu'une cétone qui admet pour formule brute C_4H_8O ; il s'agit de la butanone qui admet pour formule semi-développée : $CH_3-CO-CH_2-CH_3$.

Par contre, il existe deux aldéhydes qui correspondent à cette formule brute : le butanal, $CH_3-CH_2-CH_2-CH=O$ et le méthylpropanal, $CH_3-CH(CH_3)-CH=O$.

► **Remarque** Il est inutile de préciser 2-méthylpropanal puisque le groupement méthyl ne peut se trouver que sur le deuxième carbone.

- ④ Si le composé réagit avec la liqueur de Fehling, on sait que ce ne peut pas être une cétone, on peut donc éliminer la butanone. Par contre, il peut s'agir de n'importe lequel des deux aldéhydes.

Si la chaîne du composé oxygéné est ramifiée, on peut éliminer le butanal qui a une chaîne droite et en conclure que le composé oxygéné est le méthylpropanal.

Exercice 12 Glycémie

- ① $CH_2OH-CHOH-CHOH-CHOH-CH=O$

1 2 3 4 5 6

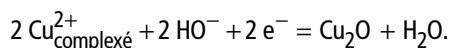
(1) correspond à une fonction alcool primaire

(2), (3), (4) et (5) correspondent à une fonction alcool secondaire

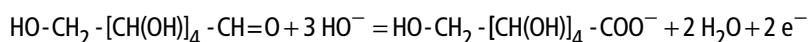
(6) correspond à une fonction aldéhyde.

- ② On doit d'abord écrire les demi-équations qui correspondent :

a. au couple correspondant à la liqueur de Fehling :

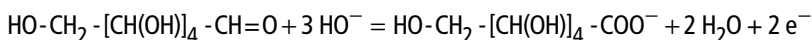
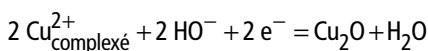


b. au couple ion gluconate / glucose :



- **Remarque** On rappelle que la liqueur de Fehling est un milieu basique dans lequel les ions H^+ ne peuvent pas exister et qu'il faut les éliminer en introduisant des ions HO^- .

Et on obtient l'équation de la réaction :



- ③ Dans 5 mL de sang contenant plus de 1,0 g de glucose par litre, il y aurait plus de : $m = 5.10^{-3} \times 1 = 5.10^{-3}$ g. de glucose, ce qui représente un nombre de moles :

$$n = \frac{m}{M} = \frac{5.10^{-3}}{(17 + 14 + 4 \times 30 + 29)} = \frac{5.10^{-3}}{180} = 2,8.10^{-5} \text{ mol.}$$

On dresse le tableau d'avancement simplifié de la réaction :

avancement	glucose	Cu_2O
X = 0	$2,8.10^{-5}$ mol	0
X quelconque	$2,8.10^{-5} - X$	X
X final	0	$2,8.10^{-5}$ mol

Chez un être vivant dont le taux de glycémie serait supérieur à la limite, il se formerait dans les conditions de l'expérience, un nombre de moles d'oxyde de cuivre (I) supérieur à $2,8.10^{-5}$ mol, ce qui représente une masse :

$$m > n.M = 2,8.10^{-5} \times (63,5 \times 2 + 16) \times 2,8.10^{-5} \times 143 = 4,0.10^{-3} \text{ g} = 4,0 \text{ mg.}$$

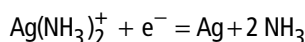
Exercice 13 Miroir d'argent

- ① On calcule le volume d'un cylindre de rayon 1 cm et une hauteur de 20 cm : $V = \pi.R^2.H = 3,14 \times 1^2 \times 20 = 62,8 \text{ cm}^3$. Comme on a à moitié rempli le tube à essais, on en déduit qu'il contient $31,4 \text{ cm}^3$ de réactif de Tollens.

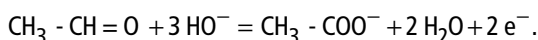
- ② Si on ajoute 1 mL d'éthanal, le volume dans le tube devient égal à $32,4 \text{ cm}^3$, puisque 1 mL équivaut à 1 cm^3 . On en déduit la nouvelle hauteur de liquide dans le tube à essais :

$$H' = \frac{V}{\pi.R^2} = \frac{32,4}{3,14 \cdot 1^2} = 10,3 \text{ cm.}$$

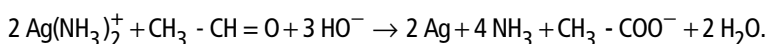
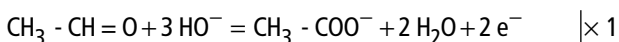
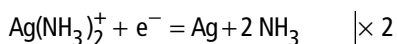
- ③ La demi-équation qui traduit la transformation des ions argent complexés $Ag(NH_3)_2^+$ en argent en milieu basique doit s'écrire :



La demi-équation qui traduit la transformation de l'éthanal en ion éthanoate, en milieu basique doit s'écrire :



L'équation de la réaction d'oxydation de l'aldéhyde par le réactif de Tollens s'écrit finalement :



- ④ On calcule le nombre de moles d'éthanal que l'on a versé dans le tube sachant que la densité s'exprime par le même nombre que la masse volumique en g.mL^{-1} : $m = \rho.V = 0,8 \times 1 = 0,8 \text{ g}$, ce qui représente une quantité de matière :

$$n = \frac{m}{M} = \frac{0,8}{(17+13+16)} = \frac{0,8}{46} = 1,74.10^{-2} \text{ mol}.$$

On dresse le tableau d'avancement simplifié de la réaction :

avancement	éthanal	2 Ag
X = 0	$1,74.10^{-2} \text{ mol}$	0
X quelconque	$1,74.10^{-2} - X$	2 X
X final	0	$3,48.10^{-2} \text{ mol}$

On calcule facilement que : $1,74.10^{-2} - X_f = 0$ donc $X_f = 1,74.10^{-2} \text{ mol}$ et donc que le nombre de moles d'argent qui se forme est égal à $2 \times X_f = 3,48.10^{-2} \text{ mol}$ ce qui représente une masse d'argent : $m = n . M = 3,48.10^{-2} \times 108 = 3,8 \text{ g}$ et un volume d'argent : $V = \frac{m}{\rho} = \frac{3,8}{10,5} = 0,36 \text{ cm}^3$.

Il faut alors calculer la surface du tube à essais en contact avec le liquide. Elle est égale à celle du cercle qui correspond au fond du tube plus la celle de la paroi latérale de hauteur H' :

$$S = \pi.R^2 + 2\pi.R.H' = 3,14 \cdot 1^2 + 2 \cdot 3,14 \cdot 1 \cdot 10,3 = 67,8 \text{ cm}^2.$$

On peut alors calculer l'épaisseur de la couche d'argent :

$$e = \frac{V}{S} = \frac{0,36}{67,8} = 5,3.10^{-3} \text{ cm}.$$

On voit que cette épaisseur correspond à $53.10^{-3} \text{ mm} = 53 \mu\text{m}$.

En admettant toutes les hypothèses de l'énoncé, on voit que la couche d'argent est quand même très peu épaisse puisque elle est environ de 50 microns.

Corrigé devoir autocorrectif 3

Physique

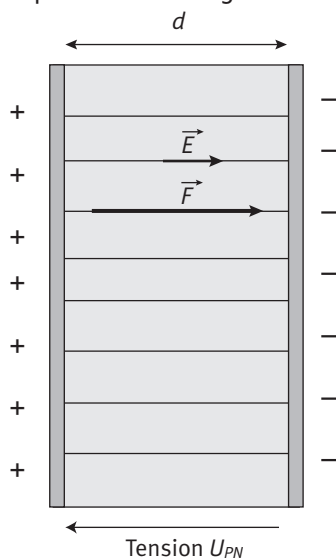
Exercice 1

- ❶ Le champ électrostatique est uniforme dans le condensateur.

Caractéristiques du champ électrostatique existant entre ces plaques :

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Direction : perpendiculaire aux plaques} \\ \text{Sens : des charges positives vers les charges négatives} \\ \text{Valeur : } E = \frac{U_{PN}}{d} = 1,0.10^4 \text{ V.m}^{-1} \end{array} \right.$$

Représentation des lignes de champ dans le condensateur.



- ❷ La force électrostatique exercée sur un proton placé dans le champ $\vec{E}$ s'écrit : $\vec{F} = q\vec{E}$.

Elle a même direction que le champ $\vec{E}$, même sens et sa valeur F est donnée

par : $F = qE$.

A.N. : $F = 1,6.10^{-15} \text{ N}$.

- ❸ Le poids du proton s'exprime par : $\vec{P} = m\vec{g}$.

A.N. : $P = 1,7.10^{-26} \text{ N}$.

- ④ $\frac{F}{P} = 9,4 \cdot 10^{10}$; le poids est négligeable par rapport à la force électrique.

Exercice 2

- ① Il est possible que l'énergie cinétique se conserve mais dans le cas général, c'est l'énergie mécanique qui se conserve en l'absence de frottement. **FAUX**

- ② Dans l'expression de l'énergie cinétique $E_c = \frac{1}{2}mv^2$, la vitesse doit être exprimée en $m \cdot s^{-1}$ et la masse en kg. Donc ici, $E_c = \frac{1}{2} \times 2500 \times \left(\frac{20}{3,6}\right)^2 = 3,9 \cdot 10^4 \text{ J}$.

FAUX

- ③ L'énergie potentielle est $E_p = mgh$, avec h l'altitude gagnée par le volant. Ici $h = h_2 - h_1 = 2,5 \text{ m}$. La masse du volant doit être exprimée en kg. $E_p = 5 \cdot 10^{-3} \times 9,8 \times 2,5 = 0,12 \text{ J}$. **VRAI**

- ④ a. Ce sont les frottements qui permettent à la voiture de s'arrêter. On ne peut donc pas les négliger. **FAUX**

b. La voiture possède au départ une énergie cinétique :

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 = E_c = \frac{1}{2} \times 900 \times \left(\frac{3}{3,6}\right)^2 = 3,1 \cdot 10^2 \text{ J. C'est la voiture qui cède cette énergie au milieu extérieur et non l'inverse. FAUX}$$

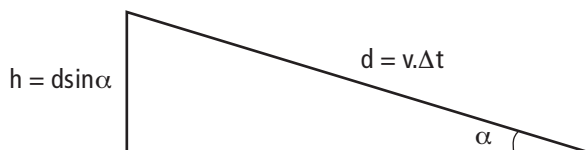
c. La route est horizontale, l'énergie potentielle de pesanteur est constante. **FAUX**

- ⑤ a. La vitesse de l'avion étant constante, son énergie cinétique également. **VRAI**

b. La distance parcourue par l'avion pendant une durée $\Delta t = 1,0 \text{ s}$ est $d = v \cdot \Delta t$ puisque v est constante. La hauteur gagnée par l'avion est $h = d \cdot \sin \alpha$. Donc, pendant une durée Δt , l'avion gagne une énergie potentielle $E_{pp} = mgh = m \cdot g \cdot v \cdot \Delta t \cdot \sin \alpha$.

$$\text{En respectant les unités : } E_{pp} = 15 \cdot 10^3 \cdot 9,8 \cdot \frac{500}{3,6} \cdot 1 \cdot \sin 20^\circ = 7,0 \cdot 10^6 \text{ J.}$$

VRAI



- ⑥ a. L'énergie mécanique est sous forme d'énergie potentielle avant que l'eau ne chute. Chaque seconde, la masse d'eau qui chute est $m = D \cdot \Delta t \cdot p = 160 \times 1 \times 103 = 160 \times 103 \text{ kg}$. Donc l'énergie disponible est $E_m = mgh = 160 \cdot 10^3 \cdot 9,8 \cdot 53 = 8,3 \cdot 10^7 \text{ J} = 83 \text{ MJ}$. **VRAI**

- b. C'est **VRAI**. Une partie de l'énergie est transférée au milieu extérieur sous forme de chaleur.

Chimie

Exercice 1

- ❶ Des électrons sont produits lors d'une oxydation : **VRAI**

Une oxydation s'écrit : $red = ox + ne^-$

- ❷ Dans cette demi-équation redox : $2 Br_{(aq)}^- \rightarrow Br_{(aq)} + 2 e^-$, l'oxydant est l'espèce chimique $Br_{(aq)}^-$. **FAUX**

$2 Br_{(aq)}^- \rightarrow Br_{(aq)} + 2 e^-$ est une oxydation, il se forme l'oxydant $Br_{2(aq)}$; $Br_{(aq)}^-$ est donc un réducteur.

- ❸ Une pile convertit de l'énergie électrique en énergie chimique. **FAUX**

Une pile convertit de l'énergie chimique en énergie électrique.

- ❹ Dans une pile, l'électrode où se produit une réduction est le pôle positif. **VRAI**

Au pôle + d'une pile, il se produit une réduction : des électrons y arrivent pour être consommés.

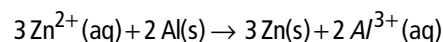
- ❺ Dans le pont salin, le passage du courant est assuré par des électrons. **FAUX**

Dans le pont salin, le passage du courant est assuré par des ions. Les électrons circulent uniquement dans les fils et les lames métalliques.

- ❻ Lors du fonctionnement d'une pile, les électrons arrivent au pôle négatif. **FAUX**

Les électrons qui sont chargés négativement sont attirés par le pôle positif de la pile, ils arrivent au pôle positif pour être consommés. Il se produit une réduction au pôle positif.

- ❼ Sachant que l'équation de fonctionnement d'une pile zinc-aluminium est la suivante, le pôle positif de cette pile est la lame de zinc : **VRAI**



Il y a une réduction au pôle positif d'une pile. Ici, d'après l'équation ci-dessus, la réduction qui se produit est : $Zn^{2+} + 2 e^- = Zn$, elle se produit à l'électrode de zinc.

- ❽ La première pile saline a été mise au point par le français Leclanché. **VRAI**

La première pile saline a été mise au point en 1867 par l'ingénieur français Georges Leclanché.

- ❾ La force électromotrice d'une pile est la tension positive que l'on mesure à ses bornes lorsque la pile ne débite pas de courant. **VRAI**

Une pile est caractérisée par sa force électromotrice E , c'est la tension positive entre les deux pôles de la pile. Pour la mesurer, il faut relier la lame constituant le pôle + de la pile à la borne « V » du voltmètre et son pôle – à la borne « COM ».

- ⑩ Les piles à combustible sont aussi appelées « piles rechargeables ». **FAUX**
Ce sont les accumulateurs alcalins qui sont aussi appelées « piles rechargeables ».

Exercice 2

- ① A et B qui sont deux alcools dont la chaîne carbonée possède 3 atomes de carbone et ne renferme que des liaisons simples ne peuvent être que le propan-1-ol et le propan-2-ol.

On ne peut encore identifier qui est A et qui est B mais ils ont pour formules : $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2\text{OH}$ et $\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}_3$.

- ② Puisque B ne conduit, par oxydation ménagée, qu'au seul produit E, on en déduit que B est un alcool secondaire et donc que E est une cétone.

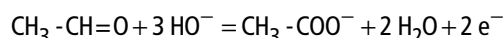
B est donc le propan-2-ol : $\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}_3$ et E la propanone (ou acétone) : $\text{CH}_3 - \text{CO} - \text{CH}_3$

A est donc le propan-1-ol : $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2\text{OH}$, son oxydation ménagée l'a transformé en un aldéhyde et un acide carboxylique, mais on ne peut pas encore dire si c'est C, l'aldéhyde et D l'acide carboxylique, ou le contraire.

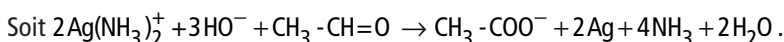
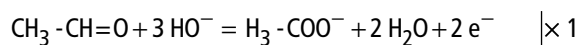
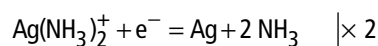
- ③ E étant une cétone, elle ne pouvait pas réagir sur le réactif de Tollens. Par contre D réagit sur le réactif de Tollens, et logiquement il se transforme alors en acide carboxylique qui est donc C.

► **Conclusion** D est le propanal : $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}=\text{O}$ et C l'acide propanoïque : $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$.

- ④ $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+ + \text{e}^- = \text{Ag} + 2 \text{NH}_3$



L'équation de la réaction d'oxydation de l'aldéhyde par le réactif de Tollens s'écrit finalement :



■

C

Corrigés de la séquence 7

Physique

Corrigés des activités

Activité 1 Les isolants thermiques

Il existe plusieurs types d'isolants utilisés dans la construction des habitations.
 Les isolants minéraux : la laine de verre, la laine de roche ou l'argile expansée...
 Les isolants naturels : le liège, le chanvre ou la paille...
 Les isolants synthétiques : polystyrène, polyuréthane ou mousse phénolique...
 Les isolants nouvelle génération : brique monomur, bloc monomur en argile expansé ou béton cellulaire...

Activité 2 Les courants de convection

Dans les installations de chauffage central, on chauffe de l'eau au niveau de la chaudière et c'est elle qui en se déplaçant dans les tuyaux et les radiateurs, permet de réchauffer toute la maison.

Activité 3 Le fer à repasser

On peut penser que la chaleur de la semelle parvient jusqu'à la main grâce d'une part aux courants de convection mais aussi parce que la semelle du fer est assez chaude pour émettre des radiations infra rouges. Notre œil est bien sûr incapable de « voir » ce type de rayonnement.

Activité 4 Influence de la masse du corps

On complète le tableau de résultats :

Date (s)	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
Température des 0,200 kg d'eau (°C)	15,4	16,6	17,8	19,0	20,2	21,4	22,6	23,8	25,0	26,2	27,4
$\Delta\theta$ (en K)	0	1,2	2,4	3,6	4,8	6,0	7,2	8,4	9,6	10,8	12,0
Température des 0,400 kg d'eau (°C)	15,8	16,4	17,0	17,6	18,2	18,8	19,4	20,0	20,6	21,2	21,8
$\Delta\theta$ (en K)	0	0,6	1,2	1,8	2,4	3,0	3,6	4,2	4,8	5,4	6,0
Température des 0,600 kg d'eau (°C)	16,2	16,6	17,0	17,4	17,8	18,2	18,6	19,0	19,4	19,8	20,2
$\Delta\theta$ (en K)	0	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4	2,8	3,2	3,6	4,0

On trace les 3 courbes, sur le même graphique, et on obtient bien 3 droites.

► **Remarque** Quand on effectue la soustraction de 2 températures, on obtient le même résultat qu'elles soient exprimées en °C ou en K puisque :

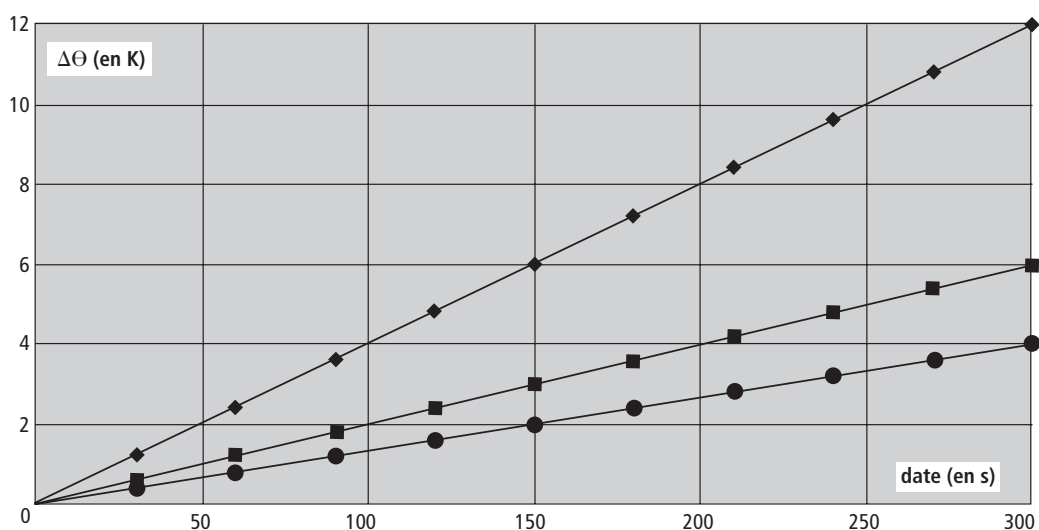
$$t_2 - t_1 = (t_2 + 273) - (t_1 + 273) = T_2 - T_1.$$

On calcule le coefficient de chacune des 3 droites :

► pour la première : $\alpha_1 = \frac{12}{300} = 4,0 \cdot 10^{-2} \text{ K.s}^{-1}$

► pour la deuxième : $\alpha_2 = \frac{6}{300} = 2,0 \cdot 10^{-2} \text{ K.s}^{-1}$

► pour la troisième : $\alpha_3 = \frac{4}{300} = 1,3 \cdot 10^{-2} \text{ K.s}^{-1}$



On constate que : $\frac{\alpha_1}{\alpha_2} = \frac{m_2}{m_1} = \frac{1}{1}$ et de même que : $\frac{\alpha_1}{\alpha_3} = \frac{m_3}{m_1} = \frac{1}{1}$; on peut

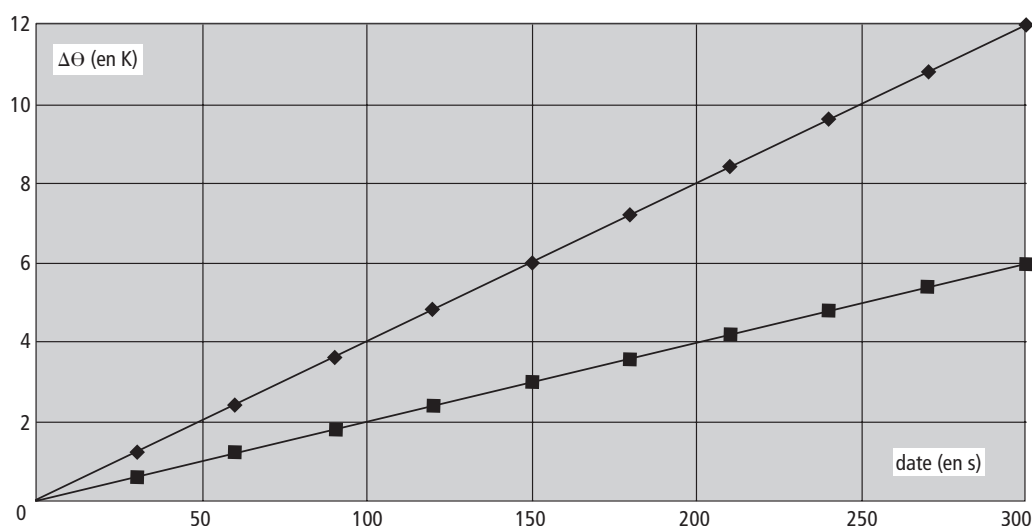
donc en conclure que l'élévation de la température de l'eau est proportionnelle à l'inverse de la masse, ce qui veut dire que lorsqu'on multiplie par 2, par 3, par « n » la masse d'eau, on divise par 2, par 3, par « n » l'augmentation de la température.

Activité 5 Influence de la nature du corps

La masse volumique est donnée par : $\rho = \frac{m}{v}$ et donc le volume de pétrole lampant à chauffer est égal à : $v = \frac{m}{\rho} = \frac{0,4}{0,8} = 0,5 \text{ L}$. En effet une masse volumique de 800 kg.m^{-3} correspond aussi à : $\frac{800}{1000} = 0,8 \text{ kg.L}^{-1}$.

On complète le tableau de résultats :

Date (s)	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300
Température des 0,400 kg d'eau (°C)	15,8	16,4	17,0	17,6	18,2	18,8	19,4	20,0	20,6	21,2	21,8
$\Delta\theta$ (en K)	0	0,6	1,2	1,8	2,4	3,0	3,6	4,2	4,8	5,4	6,0
Température des 0,400 kg de pétrole (°C)	15,3	16,5	17,7	18,9	20,1	21,3	22,5	23,7	24,9	26,1	27,3
$\Delta\theta$ (en K)	0	1,2	2,4	3,6	4,8	6,0	7,2	8,4	9,6	10,8	12,0



On trace les 2 courbes, sur le même graphique, et on obtient bien 2 droites.

On calcule le coefficient de chacune des 2 droites :

► pour la première : $\alpha_1 = \frac{6}{300} = 2,0 \cdot 10^{-2} \text{ K.s}^{-1}$

► pour la deuxième : $\alpha_2 = \frac{12}{300} = 4,0 \cdot 10^{-2} \text{ K.s}^{-1}$

On constate que le coefficient directeur trouvé dans le cas du pétrole lampant est le double de celui trouvé pour l'eau. On en déduit que s'il faut une énergie de 100 joules pour augmenter de x °C la température d'une masse m d'eau, il ne faudra que 50 J pour augmenter de x °C la température d'une masse m de pétrole lampant.

Activité 6 Valeur de la capacité thermique massique du pétrole lampant

Il faut 2 fois moins d'énergie pour élever de x °C la température d'une masse de pétrole lampant que pour élever de x °C celle d'une même masse d'eau. On en déduit que la capacité thermique massique du pétrole lampant est la moitié de

celle de l'eau : $c_{pet} = \frac{4,18 \cdot 10^3}{2} = 2,09 \cdot 10^3 \text{ J.kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

On peut détailler le calcul : $Q_1 = m \cdot c_{eau} \cdot \Delta\theta = 2 Q_2 = 2 m \cdot c_{pet} \cdot \Delta\theta$, on voit donc bien que : $c_{eau} = 2 c_{pet}$.

Activité 7 Enthalpie de changement d'état massique

En 300 secondes, la source de chaleur a fourni une énergie de :

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta = 0,2 \times 4,18 \cdot 10^3 \times 12 = 1,00 \cdot 10^4 \text{ J.}$$

On en déduit la valeur de q : $q = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{1,00 \cdot 10^4}{300} = 33 \text{ J.s}^{-1}$.

En 2 minutes, la source de chaleur a donc fourni :

$$Q_f = q \cdot 120 = 33 \cdot 120 = 4,0 \cdot 10^3 \text{ J.}$$

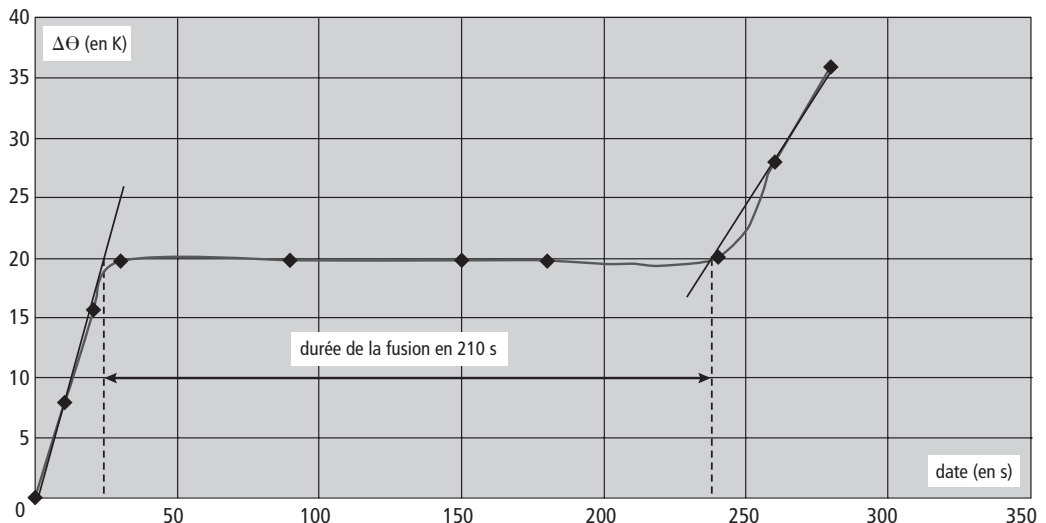
Si cette quantité de chaleur a permis de faire fondre 12 g de glace, on en déduit que

pour en faire fondre 1 kg, il en faut : $L_f = \frac{Q_f}{12 \cdot 10^{-3}} = \frac{4 \cdot 10^3}{12 \cdot 10^{-3}} = 3,3 \cdot 10^5 \text{ J.kg}^{-1}$.

► **Remarque** Dans les calculs, il faut convertir les 12 g de glace en kg !

Activité 8 Énergie reçue lorsque la température varie avec changement d'état

À partir des résultats du tableau, on peut tracer la courbe ci-dessous :



Les glaçons ont commencé à fondre à une date voisine de 25 s et ils ont fini de fondre à une date voisine de 235 s. Il est difficile de rechercher une plus grande précision lors de cette manipulation.

On en déduit que les glaçons ont reçu pour fondre une énergie :

$$Q_f = q \cdot 210 = 33 \cdot 210 = 6,93 \cdot 10^3 \text{ J.}$$

$$\text{Donc que la masse des glaçons était de : } m = \frac{Q_f}{L_f} = \frac{6,93 \cdot 10^3}{3,3 \cdot 10^5} = 2,1 \cdot 10^{-2} \text{ kg} = 21 \text{ g.}$$

On a chauffé les glaçons pendant 25 s, ils ont donc reçu une énergie égale à :
 $Q_1 = 33 \cdot 25 = 825 \text{ J.}$

Si l'on calcule cette énergie à partir de la masse de glace égale à 21 g, on trouve :

$$Q'_1 = m \cdot c_{\text{glace}} \cdot \Delta\theta = 2,1 \cdot 10^{-2} \times 2,1 \cdot 10^3 \times 19,8 = 873 \text{ J}$$

Comme nos résultats expérimentaux ne sont pas très précis, on peut admettre qu'aux erreurs d'expériences près, $Q_1 = Q'_1$. On peut évaluer le pourcentage d'erreur, en formant le rapport :

$$p = \frac{Q'_1 - Q_1}{Q'_1} = \frac{48}{873} = 5,5\%.$$

Ce pourcentage d'erreur est jugé convenable lors d'une séance de TP.

On recommence le même calcul pour l'eau résultant de la fonte des glaçons. La température s'est élevée de 24 K en 65 s.

L'eau a donc reçu une énergie égale à : $Q_2 = 33 \cdot 65 = 2145 \text{ J.}$

Si l'on calcule cette énergie à partir de la masse d'eau qui est toujours égale à 21 g, on trouve :

$$Q'_2 = m \cdot c_{\text{eau}} \cdot \Delta\theta = 2,1 \cdot 10^{-2} \times 4,18 \cdot 10^3 \times 24 = 2,1 \cdot 10^3 \text{ J.}$$

Dans ce cas encore, avec une marge d'erreur inférieure à la précédente, on peut bien admettre que : $Q_2 = Q'_2$.

Activité 9 Un bain à la bonne température

L'eau chaude doit céder une énergie égale à : $Q_1 = m_1 \cdot c_{\text{eau}} \cdot \Delta\theta_1$

L'eau froide doit recevoir une énergie égale à : $Q_2 = m_2 \cdot c_{\text{eau}} \cdot \Delta\theta_2$

L'énergie cédée est égale à l'énergie reçue : $Q_1 = Q_2$

$$m_1 \cdot c_{\text{eau}} \cdot (\theta_1 - \theta_f) = m_2 \cdot c_{\text{eau}} \cdot (\theta_f - \theta_2).$$

$$\text{Après simplifications, il vient : } m_2 = m_1 \cdot \frac{(\theta_1 - \theta_f)}{(\theta_f - \theta_2)}.$$

Il ne reste plus qu'à faire l'application numérique en sachant qu'on n'a pas besoin de convertir les températures en kelvins.

$$m_2 = 200 \times \frac{(45 - 37)}{(37 - 16)} = 76 \text{ kg.}$$

Comme on admet toujours dans ce type d'exercices qu'un litre d'eau a une masse de 1 kg, Pierre devra donc faire couler 76 L d'eau froide.

Activité 10 Retour au solide

L'énergie passe spontanément des corps les plus chauds vers les corps les plus froids, donc lorsqu'on cessera de chauffer le corps pur, il va céder son énergie au milieu extérieur.

Dans un premier temps, les particules gazeuses vont ralentir, donc elles vont posséder de moins en moins d'énergie cinétique. Macroscopiquement, cette diminution d'énergie cinétique se traduit par une baisse de la température du gaz.

Quand une particule gazeuse aura perdu suffisamment d'énergie cinétique, elle va venir se coller à une autre particule gazeuse. La force de cohésion entre ces deux particules va alors être beaucoup plus importante et cela va se traduire par une diminution d'énergie potentielle.

Progressivement, toutes les particules gazeuses vont se coller les unes aux autres, ce qui va considérablement diminuer l'énergie potentielle du corps pur. Pendant tout le temps, que l'énergie potentielle des particules diminue, leur énergie cinétique ne varie pas. Macroscopiquement, on voit donc le gaz se transformer en liquide mais sa température reste constante pendant tout le changement d'état.

Quand la dernière particule a diminué son énergie potentielle, le gaz s'est entièrement transformé en liquide et l'énergie qu'il continue à perdre va de nouveau entraîner, pour les particules du corps pur, une perte d'énergie cinétique. Macroscopiquement, cette perte d'énergie cinétique se traduit par une baisse de la température du liquide.

Mais, à force de voir son énergie cinétique diminuer, une première particule du liquide va vouloir arrêter de se déplacer. Pour cela, il faut qu'elle fasse varier son énergie potentielle puisque cela implique une augmentation de la force de cohésion. Ainsi, successivement, toutes les particules qui constituent le liquide vont devoir faire varier leur énergie potentielle pour adopter une position fixe. Pendant tout le temps, que l'énergie potentielle des particules diminue, leur énergie cinétique ne varie pas. Macroscopiquement, on voit donc le liquide devenir solide mais sa température reste constante pendant tout le changement d'état.

Finalement, l'énergie cinétique de chacune des particules du corps pur diminue et, macroscopiquement, cette diminution d'énergie cinétique se traduit par une baisse de la température de ce solide. La température du corps pur solide diminuera jusqu'à ce que l'équilibre thermique soit atteint, c'est-à-dire que la température du corps pur solide devienne égale à celle du milieu extérieur.

Activité 11 Étude du saut

Au départ, l'athlète ne possède que de l'énergie cinétique si, pour l'énergie potentielle de pesanteur, on prend comme état de référence, l'horizontale située à 1 m au-dessus du sol. Quand il plante sa perche dans le butoir, il transforme une grande partie de son énergie cinétique, en énergie potentielle élastique car la perche se plie. Ensuite, lorsque la perche se déplie, cette énergie potentielle élastique se transforme en énergie potentielle de pesanteur. Enfin, quand le sauteur a franchi la barre, son énergie potentielle de pesanteur se retransforme en énergie cinétique.

Lorsqu'il plante sa perche dans le butoir, l'énergie cinétique du sauteur est donnée par :

$$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = 0,5 \cdot 80 \cdot 9^2 = 3240 \text{ J.}$$

Si l'énergie mécanique se conservait, toute l'énergie cinétique se transformerait finalement en énergie potentielle de pesanteur. On pourrait donc écrire : $E_{pp} = m \cdot g \cdot z_G = 3240 \text{ J}$.

On trouverait alors que $z_G = \frac{3240}{80 \cdot 10} = 4,05 \text{ m}$.



Attention ! Le centre de gravité du sauteur doit passer 10 cm au-dessus de la barre.

Comme on a choisi pour état de référence, l'horizontale située à 1 m au-dessus du sol, cela signifie que le sauteur ne pourrait franchir qu'une hauteur égale à : $1 + 4,05 - 0,10 = 4,95 \text{ m}$.

Evidemment, l'athlète n'est pas resté inactif pendant le saut et il a transformé de l'énergie interne en énergie mécanique, c'est pour cela qu'il a réussi son saut à 5,80 m.

Quand il redescend vers la fosse de réception, l'énergie potentielle de pesanteur du sauteur se retransforme en énergie cinétique. On peut donc écrire : $E_{pp} = m \cdot g \cdot z_G = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$ (on peut écrire cela puisque, quand il prend contact avec la fosse, son centre d'inertie se trouve, de nouveau, à 1 m au dessus du sol).

On a donc : $v = \sqrt{2 \cdot g \cdot z_G}$, mais **attention**, $z_G = 5,80 - 1 + 0,10 = 4,90 \text{ m}$.

On trouve alors : $v = 9,9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

On s'aperçoit alors que la vitesse du sauteur à la fin du saut est supérieure à sa vitesse lorsqu'il a planté la perche dans le butoir. Il possède donc bien plus d'énergie mécanique à la fin qu'au début, ce qui prouve bien qu'il a transformé de l'énergie interne en énergie mécanique.

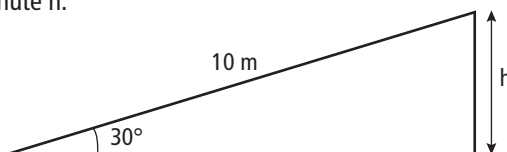
Activité 12 Fonte de la glace

Puisque le pain de glace glisse à vitesse constante sur le plan incliné, il perd de l'énergie potentielle de pesanteur sans gagner d'énergie cinétique. Il perd donc de l'énergie mécanique qui doit se transformer en énergie interne. Comme la température reste constante à 0°C, on en déduit que le pain de glace doit fondre.

On peut calculer la perte d'énergie mécanique : $\Delta E_{pp} = m \cdot g \cdot h$.

Il faut calculer la hauteur de chute h.

Dans le triangle rectangle ci-contre, on peut voir que la hauteur h est donnée par : $h = 10 \cdot \sin 30^\circ = 5 \text{ m}$.



Avec $m = 50 \text{ kg}$, on trouve alors :

$$\Delta E_{pp} = 50 \times 10 \times 5 = 2500 \text{ J}.$$

Une perte d'énergie mécanique de 2500 J convertie en énergie interne permet-

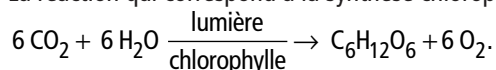
trait de faire fondre une masse de glace égale à : $m = \frac{2500}{L_f} = \frac{2500}{3,3 \cdot 10^5} = 8 \text{ g}$.

Cette perte de masse est très inférieure à 1 % puisque : $50 \cdot 10^3 \cdot \frac{1}{100} = 500 \text{ g}$.

Or, en sciences physiques, on admet que la variation d'une grandeur est négligeable quand cette variation est inférieure à 1 %, ce qui est le cas, dans cet exercice.

Activité 13 La synthèse chlorophyllienne

La réaction qui correspond à la synthèse chlorophyllienne du glucose s'écrit :



Il faut dresser le tableau d'avancement de cette réaction :

	6 CO_2	$6 \text{ H}_2\text{O}$	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	6 O_2
Avancement = 0	n_1	n_2	0	0
Avancement quelconque	$n_1 - 6.X$	$n_2 - 6.X$	X	$6.X$
Avancement final	0	0	X_f	$6.X_f$

On calcule le nombre de moles qui correspond à 10 g de glucose :

$$X_f = \frac{10}{M} = \frac{10}{(72+12+96)} = 5.5 \cdot 10^{-2} \text{ mol}.$$

On en déduit les nombres de moles d'eau et de dioxyde de carbone :

$$n_1 = n_2 = 6.X_f = 0,33 \text{ mol}.$$

Ce qui donne finalement pour le dioxyde de carbone : $v_1 = 0,33 \cdot 24 = 7,92 \text{ L}$.

Pour l'eau qui n'est pas gazeuse, il faut d'abord calculer la masse : $m_2 = 0,33 \cdot 18 = 6 \text{ g}$, ce qui correspond à 6 cm^3 , puisque la masse volumique de l'eau liquide est de $1 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$.

Pour le dioxygène, on trouvera le même volume que le dioxyde de carbone : $v_3 = 0,33 \cdot 24 = 7,92 \text{ L}$.

Activité 14 Panneaux solaires

Une puissance de 1200 MW est égale à : $1,2 \cdot 10^9 \text{ W}$. Pour obtenir une pareille puissance électrique avec des panneaux solaires, il en faudrait donc une surface :

$$S = \frac{1,2 \cdot 10^9}{130} = 9,2 \cdot 10^6 \text{ m}^2 = 9,2 \text{ km}^2.$$

Cela représente une surface de panneaux solaires d'environ 3 km sur 3 km. Il n'est pas absurde de penser qu'on pourra, un jour, réaliser une telle installation,

dans un désert, comme le Sahara, qui jouit, de plus, d'un excellent ensoleillement. Bien entendu, une telle installation ne peut pas fonctionner la nuit et cela posera deux gros problèmes : le stockage de l'énergie diurne, et le transport de l'électricité des zones désertiques vers les zones habitées.

Activité 15 Énergie éolienne

Volume d'air qui passe en une seconde dans le cercle engendré par la rotation des pales : $\pi R^2 L = 4,2 \cdot 10^4 \text{ m}^3$, ce qui correspond à une masse : $m = 4,2 \cdot 10^4 \cdot 1,18 = 5,0 \cdot 10^4 \text{ kg}$ et à une énergie cinétique : $E_c = \frac{1}{2} m V^2 = 5,6 \cdot 10^6 \text{ J}$.

L'éolienne fournira donc (au maximum) une énergie de $5,6 \cdot 10^6 \text{ J}$ par seconde, donc une puissance de 5600 kW.

Pour obtenir une puissance de 1200 MW, il faudrait donc au moins 210 éoliennes :

$$N = \frac{1,2 \cdot 10^9}{5,6 \cdot 10^6} = 210.$$

Evidemment, ce nombre est minimal car le fonctionnement des éoliennes demande des conditions météo et un emplacement optimum. De plus comme dans l'exercice précédent (et l'exercice suivant), nous n'avons pas tenu compte des rendements de conversion en énergie électrique (voir séquence n°8).

Activité 16 Barrage hydro-électrique

À chaque seconde, l'énergie potentielle de pesanteur perdue par l'eau est celle que possédait une masse de 100 tonnes ($m = 100 \cdot 10^3 \text{ kg}$) située à une hauteur de soixante mètres : $E = mgh = 100 \cdot 10^3 \cdot 10 \cdot 60 = 6,0 \cdot 10^7 \text{ J}$.

À chaque seconde, on admet donc que l'énergie électrique fournie par le barrage vaut $6,0 \cdot 10^7 \text{ J}$, ce qui correspond à une puissance $P = 6,0 \cdot 10^7 \text{ W}$, soit 60 MW.

Pour obtenir une puissance de 1200 MW, il faudrait donc au moins 20 barrages :

$$N = \frac{1,2 \cdot 10^9}{6 \cdot 10^7} = 20.$$

Activité 17 Transformation de l'uranium

Dans un premier temps l'uranium 238 capte un neutron : ${}_{92}^{238}\text{U} + {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{92}^{239}\text{U}$

L'uranium 239 est radioactif β^- : ${}_{92}^{239}\text{U} \rightarrow {}_{93}^{239}\text{Np} + {}_{-1}^0\text{e}$

Le neptunium est lui aussi radioactif β^- : ${}_{93}^{239}\text{Np} \rightarrow {}_{94}^{239}\text{Pu} + {}_{-1}^0\text{e}$

Exercice 1 Faire bouillir de l'eau

- ① Pour passer de 15°C à 100°C (température d'ébullition de l'eau sous la pression atmosphérique normale), il faut fournir aux 2 litres d'eau une énergie :

$$Q = 2 \times 4,18.10^3 \times (100 - 15) = 7,1.10^5 \text{ J.}$$

On a admis que 2 L d'eau avaient une masse de 2 kg.

Comme l'eau reçoit de la plaque électrique : $q = 1000 \cdot \frac{75}{100} = 750 \text{ J}$

à chaque seconde, il faudra donc chauffer l'eau pendant :

$$\Delta t = \frac{7,1.10^5}{750} = 947 \text{ s soit 15 min et 47 s. pour qu'elle commence à bouillir.}$$

- ② Quand on a chauffé l'eau plus d'un quart d'heure, elle se met à bouillir et sa température va rester égale à 100°C puisqu'elle change d'état et se transforme en vapeur d'eau (on suppose que l'eau est pure !).

À partir de 15 min et 47s, l'eau va recevoir une énergie :

$$Q' = 750 \times (3600 - 947) = 2,0.10^6 \text{ J.}$$

Sachant qu'il faut 2257 kJ (soit $2,257.10^6 \text{ J}$) pour vaporiser 1 kg d'eau, on en déduit la masse d'eau qui va passer à l'état gazeux :

$$m = \frac{2,0.10^6}{2,257.10^6} = 0,89 \text{ kg.}$$

En admettant toujours qu'un litre d'eau a une masse de 1 kg, il ne restera donc plus dans la casserole que 1,11 L sur les 2 L que la ménagère avait mis au début.

Exercice 2 Du fer rouge dans l'eau

Le morceau de fer rouge cède à l'eau du baquet une énergie :

$$Q_1 = m_1 \cdot c_{\text{fer}} \cdot \Delta\theta_1.$$

L'eau du baquet reçoit de la part du fer rouge une énergie :

$$Q_2 = m_2 \cdot c_{\text{eau}} \cdot \Delta\theta_2.$$

On doit donc écrire : $Q_1 = Q_2$

$$m_1 \cdot c_{\text{fer}} \cdot (\theta_{1i} - \theta_f) = m_2 \cdot c_{\text{eau}} \cdot (\theta_f - \theta_{2i}).$$

On en déduit que la température finale est donnée par :

$$\theta_f \cdot (m_1 \cdot c_{\text{fer}} + m_2 \cdot c_{\text{eau}}) = m_1 \cdot c_{\text{fer}} \cdot \theta_{1i} + m_2 \cdot c_{\text{eau}} \cdot \theta_{2i}$$

$$\text{Soit : } \theta_f = \frac{m_1 \cdot c_{\text{fer}} \cdot \theta_{1i} + m_2 \cdot c_{\text{eau}} \cdot \theta_{2i}}{(m_1 \cdot c_{\text{fer}} + m_2 \cdot c_{\text{eau}})}.$$

L'application numérique donne :

$$\theta_f = \frac{0,5 \times 460 \times 1100 + 200 \times 4,18.10^3 \times 16}{(0,5 \times 460 + 200 \times 4,18.10^3)} = 16,3^\circ\text{C}.$$

On peut être surpris par la faible élévation de température ; elle est due à deux facteurs : la différence des masses et la différence de valeur entre les deux capacités thermiques massiques.

Exercice 3 Capacité thermique massique du plomb

- ① Le morceau de plomb cède à l'eau du récipient une énergie :

$$Q_1 = m_1 \cdot c_{\text{pb}} \cdot \Delta\theta_1.$$

L'eau du récipient reçoit de la part du morceau de plomb une énergie :

$$Q_2 = m_2 \cdot c_{\text{eau}} \cdot \Delta\theta_2.$$

On doit donc écrire : $Q_1 = Q_2$

$$m_1 \cdot c_{\text{pb}} \cdot (\theta_{1i} - \theta_f) = m_2 \cdot c_{\text{eau}} \cdot (\theta_f - \theta_{2i}).$$

On en déduit que la capacité thermique massique du plomb est donnée par :

$$c_{\text{pb}} = \frac{m_2 \cdot c_{\text{eau}} \cdot (\theta_f - \theta_{2i})}{m_1 \cdot (\theta_{1i} - \theta_f)}.$$

L'application numérique donne :

$$c_{\text{pb}} = \frac{0,5 \times 4,18.10^3 \times (18 - 17)}{0,157 \cdot (120 - 18)} = 130 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}.$$

- ② On va faire le calcul en ne tenant pas compte du morceau de plomb qui se trouve dans l'eau, étant donné la faible chaleur massique du métal.

L'eau du récipient cède à l'eau froide ajoutée une énergie :

$$Q_1 = m_1 \cdot c_{\text{eau}} \cdot (\theta_{1i} - \theta_f).$$

L'eau ajoutée reçoit de la part de l'eau du récipient une énergie :

$$Q_2 = m_2 \cdot c_{\text{eau}} \cdot (\theta_f - \theta_{2i}).$$

On doit donc écrire : $Q_1 = Q_2$

$$m_1 \cdot c_{\text{eau}} \cdot (\theta_{1i} - \theta_f) = m_2 \cdot c_{\text{eau}} \cdot (\theta_f - \theta_{2i}).$$

On en déduit la masse de l'eau froide ajoutée :

$$m_2 = \frac{m_1 \cdot (\theta_{1i} - \theta_f)}{(\theta_f - \theta_{2i})}.$$

L'application numérique donne : $m_2 = \frac{0,5 \cdot (18 - 17)}{(17 - 15)} = 0,25 \text{ kg}.$

Il faudrait donc rajouter 0,25 L d'eau à 15°C.

- **Remarque** Si l'on n'avait pas fait l'approximation, il aurait fallu écrire :

$$Q_1 = (m_1 \cdot c_{\text{eau}} + m \cdot c_{\text{pb}}) \cdot (\theta_{1i} - \theta_f).$$

On aurait alors trouvé que :

$$m_2 = \frac{(m_1 \cdot c_{\text{eau}} + m \cdot c_{\text{pb}}) \cdot (\theta_{1i} - \theta_f)}{c_{\text{eau}} \cdot (\theta_f - \theta_{2i})} = \frac{(0,5 \times 4,18 \cdot 10^3 + 0,157 \times 130) \cdot 1}{4,18 \cdot 10^3 \times 2} = 0,252 \text{ kg}.$$

On voit que si l'on ne conserve que 2 chiffres significatifs, on trouve le même résultat avec et sans approximation, ce qui montre bien que ne pas tenir compte du morceau de plomb était une approximation tout à fait justifiée.

Exercice 4 La fonte des glaces

- ❶ Une surface de 1 ha correspond à $10\,000 \text{ m}^2$. Or $1 \text{ cm}^2 = (10^{-2})^2 = 10^{-4} \text{ m}^2$.

On en déduit finalement que $1 \text{ ha} = 10^4 \times 10^4 = 10^8 \text{ cm}^2$.

Comme il y a 60 minutes dans 1 heure et qu'une surface terrestre de 1 cm^2 peut recevoir une énergie qui peut aller jusqu'à 6 J par minute, on en déduit qu'une surface de 1 ha peut recevoir une énergie de : $E = 6 \cdot 60 \cdot 10^8 = 3,6 \cdot 10^{10} \text{ J}$.

- ❷ Avec une telle énergie, on peut faire fondre une masse de glace égale à :

$$m = \frac{E}{L_f} = \frac{3,6 \cdot 10^{10}}{3,33 \cdot 10^5} = 1,08 \cdot 10^5 \text{ kg}.$$

On sait que la densité s'exprime par le même nombre que la masse volumique en $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$. On en déduit le volume de glace qui peut fondre :

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{1,08 \cdot 10^5 \times 10^3}{0,92} = 1,2 \cdot 10^8 \text{ cm}^3.$$

- **Remarque** On a multiplié la masse par 1000 pour passer des kg au g.

Pour une surface de base de 1 ha, c'est-à-dire 10^8 cm^2 , on voit que ce volume correspond à une épaisseur de 1,2 cm.

En 1 heure, un glacier peut perdre environ 1 cm d'épaisseur de glace lorsqu'il bénéficie d'un bon ensoleillement ; on comprend mieux le rôle que peut jouer le réchauffement climatique sur la fonte des glaces aux pôles de la Terre.

Exercice 5 Changement d'état

Sur le graphe, on voit qu'à l'état solide, la température du corps pur augmente de 40°C en 3 minutes. On en déduit que : $Q = q \cdot \Delta t = m \cdot c_{\text{sol}} \cdot \Delta \theta$.

$$\text{On en déduit que : } c_{\text{sol}} = \frac{q \cdot \Delta t}{m \cdot \Delta \theta} = \frac{2 \cdot 10^3 \times 3}{1 \times 40} = 150 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}.$$

On constate que la température reste constante pendant 4 minutes, on en conclut que la température de fusion du corps pur est de 40°C .

Pendant ces 4 minutes, 1 kg de corps pur reçoit une énergie de $Q = 3 \cdot 2 \cdot 10^3 = 6 \cdot 10^3 \text{ J}$; on peut donc dire que l'enthalpie de fusion massique du corps pur est : $L_f = 6 \cdot 10^3 \text{ J.kg}^{-1}$.

Sur le graphe, on voit qu'à l'état liquide, la température du corps pur augmente de 40°C en 4 minutes. On en déduit que : $Q = q \cdot \Delta t = m \cdot c_{\text{liq}} \cdot \Delta \theta$.

On en déduit que :

$$c_{\text{liq}} = \frac{q \cdot \Delta t}{m \cdot \Delta \theta} = \frac{2 \cdot 10^3 \times 4}{1 \times 40} = 200 \text{ J.kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}.$$

Exercice 6 À coups de marteau

- ① Si l'énergie mécanique se conservait, l'énergie potentielle de pesanteur du marteau se transformerait en énergie cinétique. On pourrait alors écrire : ce qui implique :

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} = \sqrt{2 \times 10 \times 0,5} = 3 \text{ m.s}^{-1}.$$

On est bien loin des 15 m.s^{-1} . On doit donc penser que l'ouvrier, par les efforts accomplis, a transformé de l'énergie interne en énergie mécanique.

- ② L'énergie qui n'a pas servi à déformer le morceau de fer, a été transformée en chaleur. On en conclut que $E_1 = 0,4 \cdot \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = 0,2 \cdot 1 \cdot 15^2 = 45 \text{ J}$ a servi à déformer le morceau de fer et $E_2 = 0,6 \cdot \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = 0,3 \cdot 1 \cdot 15^2 = 67,5 \text{ J}$ a servi à augmenter la température du morceau de fer.

- ③ Au bout des 10 coups de marteau, le morceau de fer a reçu $10 \times 67,5 = 675 \text{ J}$ qui ont servi à augmenter sa température.

Or, on sait que : $Q = m \cdot c_{\text{fer}} \cdot \Delta \theta = 675 \text{ J}$.

$$\text{On en déduit que : } \Delta \theta = \frac{675}{0,5 \times 460} = 3^\circ\text{C}.$$

La température du morceau de fer passera donc de 19°C à 22°C après le dixième coup de marteau.

Exercice 7 Projectile en plomb

On suppose que le plomb va rester solide après s'être écrasé sur la cible. On pourra alors écrire que :

$$\frac{1}{2} \cdot E_c = \frac{1}{4} \cdot m \cdot v^2 = Q = m \cdot c_{\text{pb}} \cdot \Delta \theta.$$

On peut ainsi calculer l'augmentation de température et trouver :

$$\Delta \theta = \frac{v^2}{4 \cdot c_{\text{pb}}} = \frac{550^2}{4 \times 129} = 586 \text{ K}.$$

Si la température augmente de 586°C , on passe bien au-dessus de la température de fusion du plomb et l'on va donc supposer que le projectile fond complètement, avant que sa température ne continue à s'élever.

$$\frac{1}{2}.E_c = \frac{1}{4}.m.v^2 = Q = m.c_{\text{Pb}}^{(\text{sol})} .(\theta_{\text{fus}} - \theta_i) + m.L_{\text{fus}} + m.c_{\text{Pb}}^{(\text{liq})} .(\theta_f - \theta_{\text{fus}}).$$

Pour calculer Q, il faut décomposer le calcul en 3 étapes, le plomb solide voit sa température augmenter jusqu'à 327°C, il fond en restant à cette température, puis la température du plomb liquide continue à s'élever.

On s'aperçoit alors que la masse du projectile n'intervient pas dans le calcul puisqu'on peut simplifier par m et écrire :

$$\frac{v^2}{4} - c_{\text{Pb}}^{(\text{sol})} .(\theta_{\text{fus}} - \theta_i) - L_{\text{fus}} = c_{\text{Pb}}^{(\text{liq})} .(\theta_f - \theta_{\text{fus}}).$$

$$\text{On calcule alors : } (\theta_f - \theta_{\text{fus}}) = \frac{\frac{550^2}{4} - 129 \times (327 - 40) - 2,46.10^4}{142} = 99 \text{ K.}$$

On en conclut, qu'après s'être écrasé sur la cible, le projectile se trouve dans l'état liquide et que sa température est de : $\theta_f = 327 + 99 = 426^\circ\text{C}$.

Exercice 8 Étude d'un glaçon

Le volume d'eau contenue dans le petit cube est de : $V = 3^3 = 27 \text{ cm}^3$, ce qui représente une masse de 27 g puisqu'on admet que la masse volumique de l'eau est de 1 g.cm^{-3} .

Quand l'eau se transforme en glace, la masse (qui représente une quantité de matière) ne change pas ; par contre, le volume augmente puisque la densité de la glace est de 0,92, ce qui veut dire que sa masse volumique est de $0,92 \text{ g.cm}^{-3}$.

Le volume du glaçon est donc de : $V' = \frac{27}{0,92} = 29 \text{ cm}^3$.

Comme la surface de base est toujours de $3 \times 3 = 9 \text{ cm}^2$ puisque le cube de glace ne s'est pas déformé, on en déduit que la hauteur du glaçon est de :

$$h = \frac{29}{9} = 3,25 \text{ cm.}$$

► Remarque

Si on se servait d'un décimètre, gradué en millimètres, pour mesurer la hauteur du glaçon, on pourrait apprécier la demi graduation. C'est pour cela que l'on a conservé le résultat avec 3 chiffres significatifs.

Pour calculer l'énergie cédée par l'eau, on doit décomposer le calcul en 3 étapes, l'eau liquide voit sa température diminuer jusqu'à 0°C, elle se solidifie en restant à cette température, puis la température du glaçon continue à diminuer jusqu'à -15°C.

$$Q = m.c_{\text{eau}}^{(\text{liq})} .(\theta_i - \theta_{\text{sol}}) + m.L_{\text{fus}} + m.c_{\text{eau}}^{(\text{sol})} .(\theta_{\text{sol}} - \theta_f).$$

Pour être cohérent, il faut faire ce calcul en valeur algébrique et donc compter négativement la deuxième étape puisque, lors de la solidification, l'eau cède de l'énergie au milieu extérieur.

L'application numérique donne avec $m = 27 \text{ g} = 2,7.10^{-2} \text{ kg}$.

$$Q = 2,7.10^{-2} \times 4,2.10^3 .(18 - 0) + 2,7.10^{-2} \times 3,33.10^5 + 2,7.10^{-2} \times 2,1.10^3 .(0 + 15) = 1,1.10^4 \text{ J.}$$

Exercice 9 Rafraîchissement estival

- ① L'eau contenue dans le verre cède aux glaçons une énergie :

$$Q_1 = m_1 \cdot c_{\text{eau}}^{(\text{liq})} \cdot (\theta_f - \theta_{1i}).$$

Les glaçons reçoivent de la part de l'eau contenue dans le verre une énergie :

$$Q_2 = m_2 \cdot c_{\text{eau}}^{(\text{sol})} \cdot (\theta_{\text{fus}} - \theta_{2i}) + m_2 \cdot L_{\text{fus}} + m_2 \cdot c_{\text{eau}}^{(\text{liq})} \cdot (\theta_f - \theta_{\text{fus}}).$$

On doit donc écrire : $Q_1 = Q_2$

$$m_1 \cdot c_{\text{eau}}^{(\text{liq})} \cdot (\theta_{1i} - \theta_f) = m_2 \cdot c_{\text{eau}}^{(\text{sol})} \cdot (\theta_{\text{fus}} - \theta_{2i}) + m_2 \cdot L_{\text{fus}} + m_2 \cdot c_{\text{eau}}^{(\text{liq})} \cdot (\theta_f - \theta_{\text{fus}}).$$

On en déduit que la température finale est donnée par :

$$\theta_f \cdot (m_1 \cdot c_{\text{eau}}^{(\text{liq})} + m_2 \cdot c_{\text{eau}}^{(\text{liq})}) = m_1 \cdot c_{\text{eau}}^{(\text{liq})} \cdot \theta_{1i} - m_2 \cdot c_{\text{eau}}^{(\text{sol})} \cdot (\theta_{\text{fus}} - \theta_{2i}) - m_2 \cdot L_{\text{fus}} + m_2 \cdot c_{\text{eau}}^{(\text{liq})} \cdot \theta_{\text{fus}}$$

$$\text{Soit : } \theta_f = \frac{m_1 \cdot c_{\text{eau}}^{(\text{liq})} \cdot \theta_{1i} - m_2 \cdot c_{\text{eau}}^{(\text{sol})} \cdot (\theta_{\text{fus}} - \theta_{2i}) - m_2 \cdot L_{\text{fus}} + m_2 \cdot c_{\text{eau}}^{(\text{liq})} \cdot \theta_{\text{fus}}}{(m_1 \cdot c_{\text{eau}}^{(\text{liq})} + m_2 \cdot c_{\text{eau}}^{(\text{liq})})}$$

L'application numérique donne :

$$\theta_f = \frac{0,2 \times 4,2 \cdot 10^3 \times 20 - 0,02 \times 2,1 \cdot 10^3 \times (0 + 12) - 0,02 \times 3,33 \cdot 10^5 + 0,02 \times 4,2 \cdot 10^3 \times 0}{(0,2 \times 4,2 \cdot 10^3 + 0,02 \times 4,2 \cdot 10^3)} = 10,4^\circ\text{C}.$$

- ② On peut considérer que l'énergie cédée par le milieu extérieur a permis de faire passer la température du contenu du verre de $10,4^\circ\text{C}$ à $13,5^\circ\text{C}$. Ce qui veut dire que le milieu extérieur a fourni au contenu du verre de Céline :

$$Q = (m_1 + m_2) \cdot c_{\text{eau}}^{(\text{liq})} \cdot \Delta\theta$$

On fait l'application numérique :

$$Q = (0,2 + 0,02) \times 4,2 \cdot 10^3 \cdot (13,5 - 10,4) = 2,86 \cdot 10^3 \text{ J}.$$

Exercice 10 Température d'un four

- ① Il existe deux raisons pour choisir le platine : premièrement, le platine est chimiquement inerte donc il ne s'oxydera pas même à haute température comme pourrait le faire le fer, par exemple, deuxièmement, il a une température de fusion élevée et il ne fondra pas vers 1100°C , comme le ferait l'or, par exemple.

- ② Le morceau de platine cède aux glaçons une énergie : $Q_1 = m_1 \cdot c_{\text{Pt}} \cdot (\theta_{1i} - \theta_{\text{fus}})$.

Les glaçons reçoivent de la part du morceau de platine une énergie :

$$Q_2 = +m_2 \cdot L_{\text{fus}}.$$

On doit donc écrire : $Q_1 = Q_2$

$$m_1 \cdot c_{\text{Pt}} \cdot (\theta_{1i} - \theta_{\text{fus}}) = m_2 \cdot L_{\text{fus}}.$$

On en déduit que la température du four est donnée par :

$$m_1 \cdot c_{\text{Pt}} \cdot \theta_{1i} = m_1 \cdot c_{\text{Pt}} \cdot \theta_{\text{fus}} + m_2 \cdot L_{\text{fus}}$$

$$\text{Soit : } \theta_{1i} = \frac{m_1 \cdot c_{\text{Pt}} \cdot \theta_{\text{fus}} + m_2 \cdot L_{\text{fus}}}{m_1 \cdot c_{\text{Pt}}}$$

L'application numérique donne :

$$\theta_{1i} = \frac{0,1 \times 135 \times 0 + 0,045 \times 3,33 \cdot 10^5}{0,1 \times 135} = 1110^\circ\text{C}.$$

La température du four est donc de 1110°C .

Exercice 11 C'est dur de pédaler

- ① Puisqu'il conserve une vitesse constante, la perte d'énergie mécanique pour 100 m de descente parcourue est égale à la perte d'énergie potentielle :

$$\Delta E = m \cdot g \cdot h = 75 \times 10 \times 3 = 2,25 \cdot 10^3 \text{ J}.$$

- ② L'énergie mécanique calculée en prenant pour état de référence le point le plus bas de sa trajectoire, est donnée par :

$$E = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 + m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} \cdot 75 \cdot 10^2 + 75 \cdot 10 \cdot 3 = 6,0 \cdot 10^3 \text{ J}.$$

► **Remarque** Il ne faut pas oublier de convertir la vitesse de $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, en divisant par 3,6. On en déduit que le pourcentage de l'énergie mécanique perdue est égal à :

$$\frac{2,25 \cdot 10^3}{6,0 \cdot 10^3} \cdot 100 = 37,5\%.$$

- ③ Quand le cycliste pédale pendant 100 m, sur une route plate, à la vitesse constante de $15 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, son énergie potentielle et son énergie cinétique restent constantes et si l'on calcule l'énergie mécanique comme indiqué, on trouve :

$$E = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = 0,5 \times 75 \times \left(\frac{15}{3,6} \right)^2 = 6,5 \cdot 10^2 \text{ J}.$$

En faisant son hypothèse, le cycliste aurait dû perdre $37,5\% \cdot E = 244 \text{ J}$ et donc il a fourni une énergie musculaire de 244 J sur un parcours de 100 m.

On recommence le même calcul quand il roule à $30 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$:

$$E = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = 0,5 \times 75 \times \left(\frac{30}{3,6} \right)^2 = 2,6 \cdot 10^3 \text{ J}.$$

En faisant son hypothèse, le cycliste aurait dû perdre $37,5\% \cdot E = 977 \text{ J}$ et donc il a fourni une énergie musculaire de 977 J sur un parcours de 100 m.

- ④ L'énergie mécanique calculée en prenant pour état de référence le point le plus bas de sa trajectoire, est donnée par :

$$E = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 + m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} \times 75 \times \left(\frac{15}{3,6} \right)^2 + 75 \times 10 \times 2 = 2,15 \cdot 10^3 \text{ J}.$$

En faisant son hypothèse, le cycliste aurait dû perdre $37,5\% \cdot E = 806 \text{ J}$ et donc il a fourni une énergie musculaire de 806 J sur un parcours de 100 m .

On recommence le même calcul quand il roule à 30 km.h^{-1} :

$$E = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 + m \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} \times 75 \times \left(\frac{30}{3,6} \right)^2 + 75 \times 10 \times 2 = 4,1 \cdot 10^3 \text{ J}.$$

En faisant son hypothèse, le cycliste aurait dû perdre $37,5\% \cdot E = 1540 \text{ J}$ et donc il a fourni une énergie musculaire de 1540 J sur un parcours de 100 m .

- ⑤ Les résultats montrent qu'il faut fournir peu d'énergie pour rouler à 15 km.h^{-1} sur une route plate. Il faut fournir presque autant d'énergie pour rouler à 15 km.h^{-1} dans une côte à 2% qu'à 30 km.h^{-1} sur une route plate. Enfin, il faut fournir beaucoup plus d'énergie pour rouler à 30 km.h^{-1} dans une côte à 2% . Tous ces résultats paraissent assez conformes à l'impression que l'on peut ressentir quand on pédale sur un vélo, donc l'hypothèse du cycliste ne semble pas absurde.

Exercice 12 Réaction de fusion

- ① Dans 1000 g d'eau, il y a : $n = \frac{m}{M} = \frac{1000}{18} = 55,55 \text{ mol}$ de molécules H_2O .

Il y a donc $111,11 \text{ mol}$ d'atomes d'hydrogène. Comme une mole renferme $6,02 \cdot 10^{23}$ entités, il y a donc dans 1 kg d'eau :

$$N(\text{H}) = 111,11 \times 6,02 \cdot 10^{23} = 6,69 \cdot 10^{25} \text{ atomes d'hydrogène.}$$

Comme la proportion en nombre d'atomes de deutérium existant dans l'hydrogène naturel est estimé à $0,015\%$, on en déduit :

$$N(\text{D}) = 6,69 \cdot 10^{25} \cdot \frac{0,015}{100} = 1,00 \cdot 10^{22} \text{ atomes de deutérium.}$$

Comme il faut deux atomes de deutérium pour donner la réaction nucléaire, on en déduit que l'énergie qu'un kg d'eau est susceptible de libérer est donnée par :

$$E = 4,05 \cdot \frac{1,00 \cdot 10^{22}}{2} = 2,03 \cdot 10^{22} \text{ MeV.}$$

On tient compte de la conversion qui figure dans les données :

$$E = 2,03 \cdot 10^{22} \times 1,6 \cdot 10^{-13} = 3,25 \cdot 10^9 \text{ J.}$$

On vient de voir que potentiellement si l'on savait faire réagir les atomes de deutérium entre eux, dans l'eau, on pourrait tirer une énergie de $3,25 \cdot 10^9 \text{ J}$.

Comme un kg d'essence peut libérer lors de sa combustion une énergie de $5 \cdot 10^7 \text{ J}$, on peut trouver qu'il faudrait : $m = \frac{3,25 \cdot 10^9}{5 \cdot 10^7} = 65 \text{ kg}$ d'essence pour libérer autant d'énergie qu'un kg d'eau.

- **Remarque** Ce calcul restera purement théorique car les atomes de deutérium sont beaucoup trop disséminés dans l'eau naturelle pour qu'ils puissent donner une réaction nucléaire. Il faudrait transformer l'eau naturelle en eau lourde (D_2O) pour qu'une telle réaction devienne envisageable.

Exercice 13 Coût de l'énergie

- ❶ Dans le nucléaire, le prix d'achat du combustible intervient très peu dans le prix de revient du kilowattheure. Quelles que soient les fluctuations des marchés (prix de l'uranium et conversion euro-dollar), il est donc facile de prévoir avec une très bonne précision le prix de revient du kilowattheure.

Ce n'est pas du tout le cas pour les deux autres énergies ; dans le cas du gaz, on sait bien que les fluctuations des cours qui suivent ceux du baril de pétrole peuvent être très importantes et comme c'est le prix d'achat du combustible qui est essentiel, il devient très difficile de prévoir avec une très bonne précision le prix de revient du kilowattheure.

- ❷ Quelles que soient les fluctuations des marchés, on voit que c'est le gaz qui sera l'énergie la plus rentable pour une durée d'utilisation inférieure à 4 000 h dans l'année.
- ❸ Quelles que soient les fluctuations des marchés, on voit que c'est le nucléaire qui sera l'énergie la plus rentable pour une durée d'utilisation supérieure à 6 000 h dans l'année.

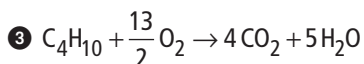
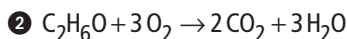
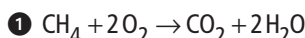
- ❹ Dans une année de 365,25 jours il y a : $365,25 \cdot 24 = 8766$ h.

Une utilisation à 50% du temps correspond donc à : $8766 \cdot \frac{50}{100} = 4383$ h.

Sur les courbes prévisionnelles, on constate que pour ce nombre d'heures, la courbe « nucléaire » croise la courbe « gaz ». On ne peut donc pas répondre précisément à la question posée : tout dépendra des fluctuations du marché qui fixera le prix du gaz. Si le prix du gaz se situe en haut de la fourchette, c'est le nucléaire le plus rentable, par contre, si le prix du gaz se situe en bas de la fourchette, ce sera le gaz le plus rentable.

Corrigé des activités

Activité 1 L'équation chimique de la combustion dans le dioxygène de :



Activité 2 La chaleur dégagée par la réaction entre 1 mol de dihydrogène et 1 mol de dioxygène correspond à celle de la réaction entre 1 mole de dihydrogène et 0,5 mole de dioxygène soit 241 kJ car il y a 0,5 mole de dioxygène en excès.

Activité 3 Chaleur dégagée par la réaction : $Q_r = n \cdot |E_{\text{mol}}| = 3 \cdot 1244 = 3732 \text{ kJ}$

Activité 4 L'équation chimique de la réaction de combustion de la paraffine s'écrit :
 $\text{C}_{25}\text{H}_{52}(\text{g}) + 38\text{O}_{2}(\text{g}) \rightarrow 25\text{CO}_{2}(\text{g}) + 26\text{H}_2\text{O}(\text{g})$

Activité 5

$$Q_{\text{comb}} = Q_{\text{vap}} + \frac{M}{m_2} \cdot (m_1 \cdot c_{\text{eau}} + \mu) \cdot (T' - T)$$

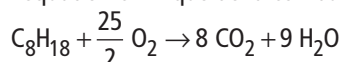
$$= 500 \cdot 10^3 + \frac{352}{0,40} \cdot (150 \times 4,18 + 12) \times (46 - 26)$$

$$= 12 \cdot 10^3 \text{ kJ.}$$

Activité 6 Ces carburants sont appelés « biocarburants » car ils ne proviennent pas du pétrole ou de toute autre origine fossile.

Activité 7 La formule brute de l'octane : C_8H_{18} .

Activité 8 ① L'équation chimique de la combustion complète de l'octane :



② À partir d'un tableau d'avancement, on déduit la quantité de CO_2 formé par la combustion d'une mole d'octane : $n = 8$ moles soit $m : n \cdot M = 8 \cdot 44 = 352 \text{ g}$.

③ Cette masse est dégagée pour une énergie de 5 MJ donc la masse de CO_2 dégagé par MJ d'énergie produite est égale à : $352 / 5 = 70 \text{ g}$.

Activité 9

- ❶ Le diester est le carburant le plus écologique puisqu'il émet le moins de gaz à effet de serre.
- ❷ Le dioxyde de carbone est appelé gaz à effet de serre car il favorise l'augmentation de température de l'atmosphère terrestre.
- ❸ Diester et bioéthanol sont des biocarburants.

Exercice 1 Une réaction chimique exothermique

- ① Comme les deux solutions sont à la même température, si on les mélange, elles sont tout de suite en équilibre thermique ; la température du mélange devrait donc être de 19,8°C.

- ② Les 100 mL de mélange ont vu leur température passer de 19,8°C à 22,8°C. Ils ont donc reçu une énergie :

$$Q_1 = m \cdot c_{\text{eau}} \cdot (\theta_f - \theta_i) = 0,1 \times 4,2 \cdot 10^3 \times (22,8 - 19,8) = 1,26 \cdot 10^3 \text{ J.}$$

Cette énergie a été cédée par les ions qui ont réagi et on peut écrire $Q_1 = Q_2$ avec Q_2 , l'énergie thermique cédée par les ions lors de la réaction chimique ; donc $Q_2 = 1,6 \cdot 10^3 \text{ J}$

- ③ Comme ce sont les mêmes concentrations et les mêmes volumes, on obtient pour les deux :

$$n = c \cdot V = 0,5 \times 0,050 = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

- ④ En faisant réagir $2,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$ de chacun des deux réactifs, on récupère une énergie de $1,26 \cdot 10^3 \text{ J}$. On en déduit que si l'on faisait réagir une mole de chacun des deux réactifs, on récupérerait une énergie de :

$$E = \frac{1,26 \cdot 10^3}{2,5 \cdot 10^{-2}} = 5,0 \cdot 10^4 \text{ J} = 50 \text{ kJ}$$

$$\text{On a donc } E = 5 \cdot 10^4 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} = 50 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

► **Remarque** Dans les tables, cette énergie sera notée négativement car elle est perdue par le système réactionnel.

Exercice 2 Une réaction endothermique

- ① D'une part, un solide a une capacité thermique massique faible devant celle de l'eau, et, d'autre part, la masse de nitrate d'ammonium est nettement plus petite que celle de l'eau. Enfin, la température du solide est certainement voisine de 20°C. C'est pourquoi, si la dissolution du solide n'apportait pas, ni ne prenait pas d'énergie, la température de l'eau dans le bécher devrait rester égale à 18,3°C.

- ② L'équation de la réaction qui se produit s'écrit :



- ③ Les 180 mL de solution ont vu leur température passer de 18,3°C à 14,2°C. Ils ont donc cédé une énergie :

$$Q_1 = m \cdot c_{\text{eau}} \cdot \Delta\theta = 0,18 \times 4,2 \cdot 10^3 \times (18,3 - 14,2) = 3,10 \cdot 10^3 \text{ J.}$$

Cette énergie a été reçue par le solide qui s'est dissous et on peut écrire $Q_1 = Q_2$ avec Q_2 l'énergie thermique reçue par le nitrate d'ammonium lors de sa dissolution ; donc $Q_2 = 3,10 \cdot 10^3 \text{ J}$.

- ④ On calcule la masse molaire du nitrate d'ammonium :

$$M = (2 \times 14) + (4 \times 1) + (3 \times 16) = 80 \text{ g.mol}^{-1}.$$

$$\text{On en déduit le nombre de moles : } n = \frac{m}{M} = \frac{10}{80} = 0,125 \text{ mol.}$$

- ⑤ En faisant réagir 0,125 mol de nitrate d'ammonium, on cède au milieu extérieur une énergie de $3,1 \cdot 10^3 \text{ J}$. On en déduit que si l'on faisait réagir une mole de nitrate d'ammonium, on céderait au milieu extérieur une énergie de :

$$E = \frac{3,1 \cdot 10^3}{0,125} = 2,48 \cdot 10^4 \text{ J.}$$

$$\text{On a donc } E = 2,48 \cdot 10^4 \text{ J.mol}^{-1} = 24,8 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

Exercice 3 Réactions de combustion

- ① $\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$
② $\text{C}_2\text{H}_6 + \frac{7}{2} \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{CO}_2 + 3 \text{H}_2\text{O}$
③ $\text{C}_3\text{H}_8 + 5 \text{O}_2 \rightarrow 3 \text{CO}_2 + 4 \text{H}_2\text{O}$
④ $\text{C}_4\text{H}_{10} + \frac{13}{2} \text{O}_2 \rightarrow 4 \text{CO}_2 + 5 \text{H}_2\text{O}$

Exercice 4 Énergie molaire de combustion

$$E_{\text{mol}} = \frac{Q_r}{n} = \frac{72,1}{0,035} = 2,06 \text{ MJ.mol}^{-1}$$

Exercice 5 Combustion de l'éthanol

- ① $\text{C}_2\text{H}_5\text{O} + 3 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{CO}_2 + 3 \text{H}_2\text{O}$
② Calculons la quantité d'éthanol dans 9,2 g : $n = \frac{m}{M} = \frac{9,2}{46} = 0,2 \text{ mol}$.

L'énergie produite par la combustion de ces 0,2 mol d'éthanol est donc :
 $E = n \cdot E_{\text{mol}} = 0,2 \cdot (1244) = 248,8 \text{ kJ}$.

Exercice 6 Combustion du gazole

- ① Hexadécane : $C_{16}H_{34}$.
- ② L'équation chimique de la combustion complète de l'hexadécane :
$$C_{16}H_{34} + \frac{49}{2} O_2 \rightarrow 16 CO_2 + 17 H_2O.$$
- ③ À partir d'un tableau d'avancement, on déduit la quantité de CO_2 formé par la combustion d'une mole d'hexadécane :
 $n = 16$ moles soit $m = n \cdot M = 16 \cdot 44 = 704$ g.
- ④ Cette masse est dégagée pour une énergie de 9,8 MJ donc la masse de CO_2 dégagé par MJ d'énergie produite est égale à : $704 / 9,8 = 72$ g.
- ⑤ Le résultat est presque identique à celui de l'essence. Les moteurs diesel nécessitent un filtre à particule car ils émettent beaucoup de particules fines nocives pour la santé.
- ⑥ Le véhicule consomme 6 L de gazole aux 100 km donc la consommation pour les 350 km parcourus sera de $6 \cdot 3,5 = 21$ L de gazole.

Cela correspond à une masse $m = \rho \times V = 850 \times 21 = 17\,850$ g d'hexadécane

soit une quantité : $n_{\text{hexa}} = \frac{M}{m} = \frac{17\,850}{226} = 79,0$ mol.

D'après l'équation chimique de la réaction de combustion (en utilisant éventuellement un tableau d'avancement) on déduit la quantité n_{CO_2} de dioxyde de carbone formé : $n_{CO_2} = 16 n_{\text{hexa}} = 16 \cdot 79,0 = 1\,264$ mol.

Ce qui correspond à une masse de CO_2 : $m_{CO_2} = n \cdot M_{CO_2} = 1\,264 \cdot 44 = 55,6$ kg.

La masse de gaz à effet de serre émis par un véhicule particulier est très élevée. Il est nécessaire de réfléchir à des solutions alternatives (véhicule électrique ?). ■

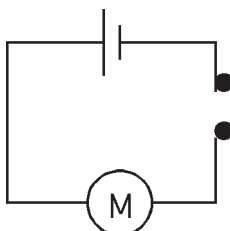
Corrigés de la séquence 8

Physique

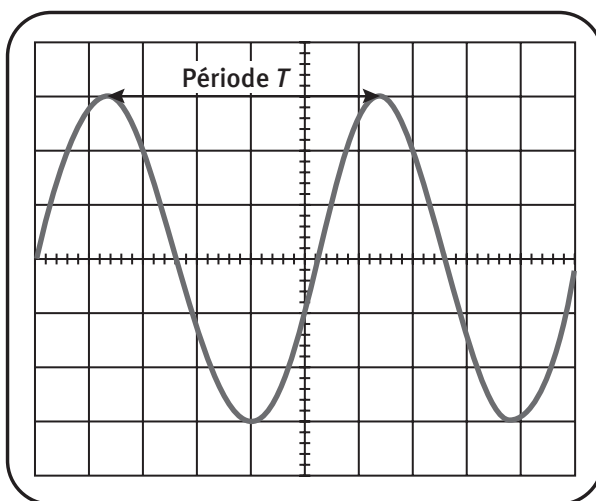
Corrigés des activités

Activité 1 Deux matériaux conducteurs de l'électricité: le cuivre, le fer, l'eau salée...
Deux matériaux isolants: le plastique, le verre...

Activité 2 Schéma du circuit :



Activité 3

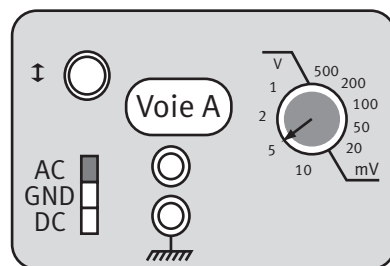
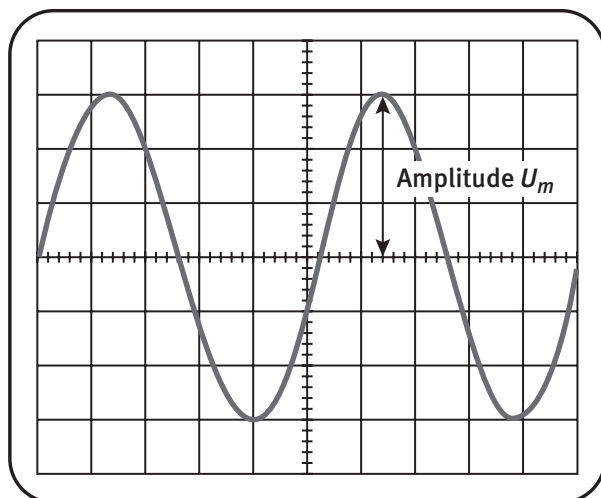


- 1 On calcule la période en multipliant la distance horizontale entre deux maxima successifs de la courbe en divisions, par la valeur du balayage (en ms/div).
Sur l'oscillogramme ci-dessus on mesure une longueur de motif de 5 divisions.
Si le temps de balayage est 5 ms/div, la période est obtenue en multipliant 5 par 5 ms/div : $T = 25 \text{ ms}$.
- 2 La fréquence f d'une tension périodique est le nombre de périodes par seconde.

C'est l'inverse de la période. On l'exprime en hertz (symbole: Hz).

La fréquence du signal s'exprime par : $f = \frac{1}{T}$ soit $f = 40 \text{ Hz}$.

Activité 4



On la calcule en multipliant le déplacement vertical maximal du spot (en divisions) par la sensibilité verticale de la voie considérée (en V/div). Ci-dessus on observe une déviation maximale de 3 divisions.

La sensibilité est 5 V/div, la tension maximale est obtenue en multipliant 3 (3 divisions) par 5 V/div : $U_m = 15 \text{ V}$.

Activité 5

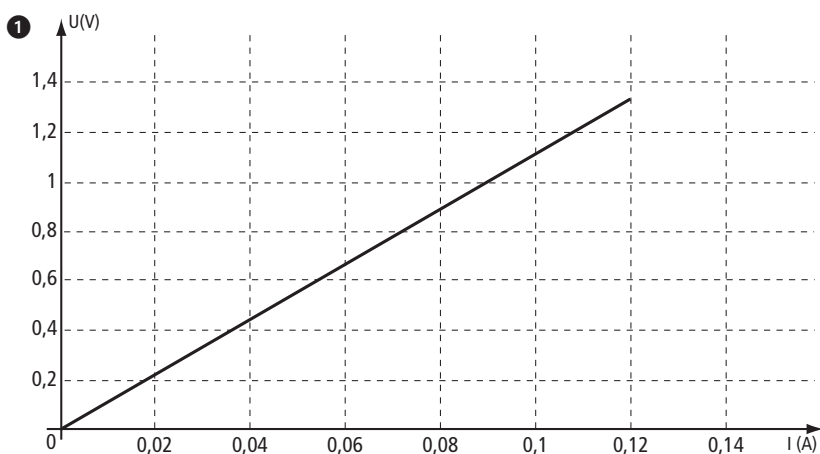
W	GW	mW	MW	TW	kW
watt	gigawatt	milliwatt	mégawatt	térawatt	kilowatt
1	10^9 W	10^{-3} W	10^6 W	10^{12} W	10^3 W
éclairage	centrale électrique	calculatrice	moteur TGV	Ville de 500 000 habitants	Radiateur électrique

Activité 6 Les deux centrales sont constituées d'un circuit d'eau qui est chauffée permettant de faire tourner la turbine; elles comportent toutes les deux un circuit de refroidissement ; la partie turbine-alternateur est la même sur les deux centrales. La seule différence concerne la chaudière à combustibles fossiles qui est remplacée par le réacteur nucléaire pour chauffer l'eau.

Activité 7

	Type de transformation
centrale au fioul	1
centrale utilisant la fission de l'uranium	3
usine marémotrice	2
centrale au charbon	1
éolienne	2
centrale hydraulique	2

Activité 8



② L'équation de droite obtenue est de la forme : $y = ax$ soit ici : $U = aI$.

Le coefficient directeur de la droite donne $a : a = 11 \text{ V.A}^{-1}$

Ce coefficient correspond à la valeur de la résistance : $a = R = 11 \Omega$.

Activité 9

L'énergie Q échangée par transfert thermique avec l'air extérieur s'exprime par :
 $Q = RI^2 \Delta t$.

Application numérique: $Q = 100 \times (10 \cdot 10^{-3})^2 \times 120 = 1,2 \text{ J}$.

Activité 10

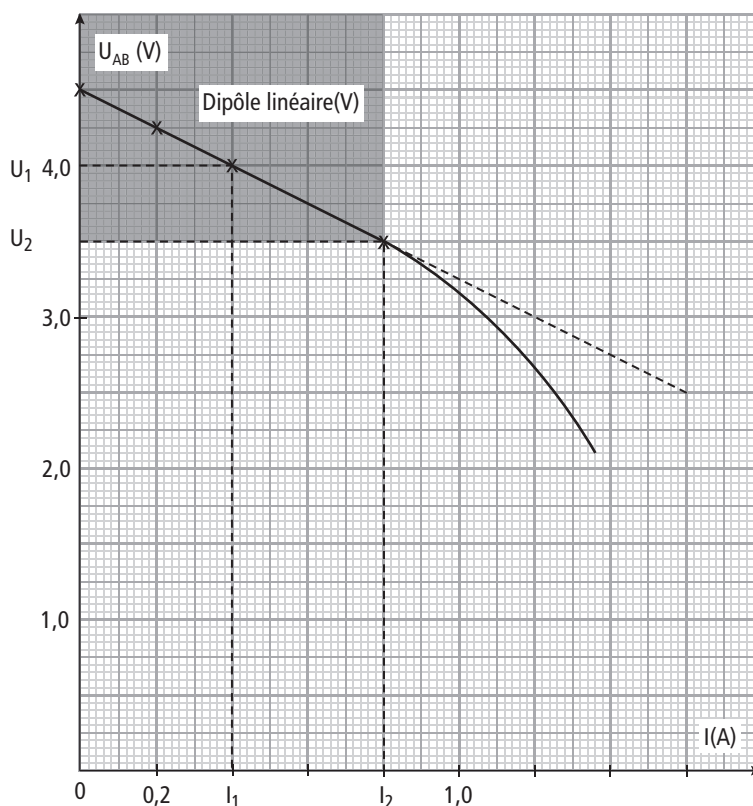
Effet Joule utile: dans les radiateurs électriques, les plaques de cuisson...

Pertes par effet Joule: dans les lignes de transport de l'énergie électrique, dans les moteurs...

Activité 11

Le mode de transfert d'énergie de ces convecteurs est le rayonnement.

Activité 12 ❶ Tracé de la la courbe $U = f(I)$.



❷ Équation de droite de la partie linéaire.

La partie linéaire de la caractéristique correspond à une intensité I inférieure à 0,8 A (la pile ne doit d'ailleurs pas être utilisée pour des intensités trop élevées qui limiteraient son utilisation).

La portion de droite a pour équation : $U_{AB} = aI + b$. Ici $b = 4,5$ V.

a s'obtient en prenant deux points sur la portion de droite :

$$a = \frac{U_1 - U_2}{I_1 - I_2} \Rightarrow a = -1,2 \text{ V.A}^{-1}. \quad a = 1,2 \Omega.$$

On obtient : $U_{AB} = -1,2I + 4,5$.

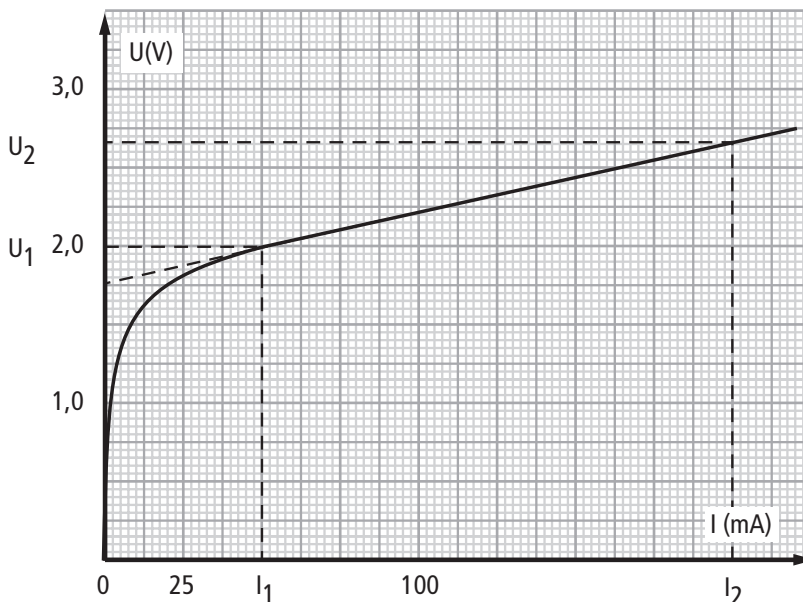
Activité 13 Une pile transforme partiellement de l'énergie chimique $E/\Delta t$ en énergie électrique disponible $U_{PN}/\Delta t$. Le complément $rI^2\Delta t$ est « dissipé » sous forme d'effet Joule.

- Énergie électrique disponible: $E_{disp} = U_{PN}/\Delta t$; application numérique : $E_{disp} = 50,4$ J.
- Énergie électrique dissipée par effet Joule: $Q = rI^2\Delta t$; application numérique: $Q = 3,6$ J.

- Énergie chimique transformée : $E_{\text{gén}} = EI\Delta t$;
 application numérique : $E_{\text{gén}} = 54,0 \text{ J}$.

On peut évaluer la rapidité du transfert d'énergie de la pile au circuit en calculant la puissance électrique du transfert qui s'exprime par : $P = U_{PN}I$; application numérique : $P = 0,84 \text{ W}$.

Activité 14 ① Tracé de la la courbe $U = f(I)$.



② Équation de droite de la partie linéaire.

La partie linéaire de la caractéristique correspond à une intensité I supérieure à 45 mA (domaine de fonctionnement intéressant de l'électrolyseur).

La portion de droite a pour équation : $U_{AB} = aI + b$.

Le coefficient b correspond à l'ordonnée à l'origine de la droite ; $b = 1,8 \text{ V}$ (on l'obtient pour $I = 0 \text{ A}$).

Le coefficient a correspond au coefficient directeur de la droite ;

$$a = \frac{U_1 - U_2}{I_1 - I_2} \Rightarrow a = 4,2 \text{ V.A}^{-1}. \quad a = 4,2 \Omega.$$

On obtient : $U_{AB} = 4,2I + 1,8$.

Activité 15 Le moteur absorbe une énergie électrique $U_{AB}I\Delta t$, convertit une partie de cette énergie sous forme d'une énergie mécanique $E'\Delta t$. Le complément $rl^2\Delta t$ est « dissipé » sous forme d'effet Joule.

- ▶ Énergie électrique absorbée : $E_{abs} = U_{AB} I \Delta t$;
application numérique : $E_{abs} = 3,0 \cdot 10^2 \text{ J}$.
- ▶ Énergie électrique dissipée par effet Joule : $Q = r I^2 \Delta t$;
application numérique : $Q = 1,9 \cdot 10^2 \text{ J}$.
- ▶ Énergie électrique convertie sous forme mécanique : $E_{mot} = E_{abs} - Q$;
application numérique : $E_{mot} = 1,1 \cdot 10^2 \text{ J}$.

On peut évaluer la rapidité du transfert d'énergie du circuit au moteur en calculant la puissance électrique du transfert qui s'exprime par : $P = U_{AB} I$; application numérique : $P = 60 \text{ W}$.

Activité 16 La valeur de l'énergie consommée par les différents appareils électriques s'exprime par : $E = P \Delta t$.

Exemple de calcul : le sèche-linge $E = 3,400 \frac{75}{60} = 4,25 \text{ kWh}$.

Appareils	Radiateur électrique	Sèche-linge	Micro-onde	Plaque électrique
Puissance	1,0 kW	3400 W	750 W	1,6 kW
Durée de fonctionnement	8 h	1 h 15 mn	5 mn	40 mn
Énergie consommée en kilowattheure	8,0	4,25	0,062	1,07
Énergie consommée en Joule	$2,88 \cdot 10^7$	$1,53 \cdot 10^7$	$2,25 \cdot 10^5$	$3,84 \cdot 10^6$

Activité 17

Appareils	Puissance consommée en veille (Watt)	Énergie annuelle consommée par cette veille (kWh)	Coût annuel (arrondi à 1 euro près)
Réfrigérateur	30	$30 \cdot 365 \cdot 24 = 263$	$263 \cdot 0,129 = 34$
Four micro-ondes	9	78,8	10
Four encastré programmable	9	78,8	10
Téléphone sans fil	6	52,6	7
Répondeur	6	52,6	7
Téléviseur	22	193	25
Magnétoscope	30	263	34
Décodeur Canal+	16	140	18
Ordinateur de bureau	100	876	113

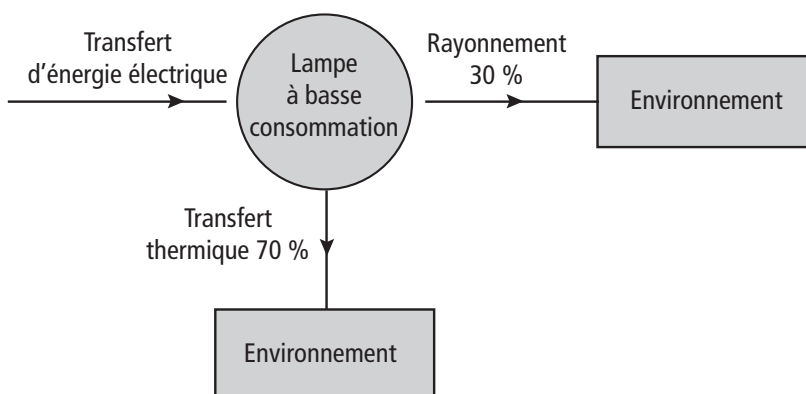
Coût total : 258 €.

Activité 18 L'énergie électrique reçue par la lampe s'exprime par : $E_{re\grave{c}ue} = P\Delta t$.

Le rendement de conversion est égal au rapport de l'énergie utile sur l'énergie consommée : $\eta = \frac{E_{rayonnement}}{E_{re\grave{c}ue}}$.

Application numérique : $\eta = \frac{16,2 \cdot 10^3}{15 \times 3600} = 0,30$ soit 30%.

Le pourcentage d'énergie dégradée est égal au rapport du transfert thermique sur l'énergie électrique reçue par la lampe soit 70%.



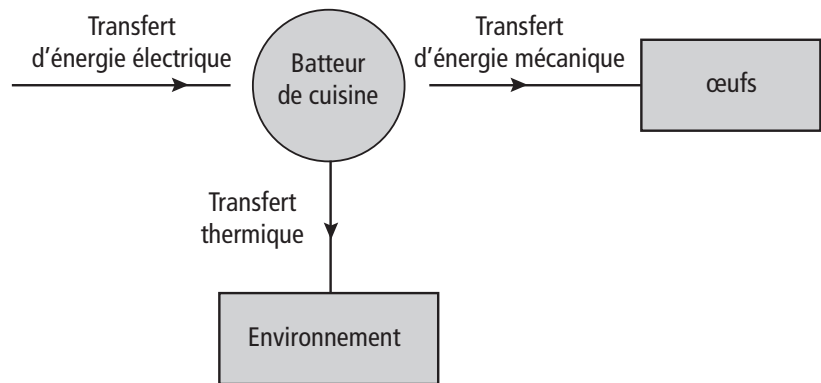
Activité 19 Énergie électrique consommée dans une lampe basse consommation

Le tableau ci-dessous permet de comparer la puissance électrique consommée par une lampe à incandescence et par une lampe basse consommation de même luminosité.

	Lampe à incandescence	Lampe basse consommation
Durée de vie	1000 h	10 000 h
Prix d'une lampe	0,5 €	10 €
Puissance électrique	75 W	20 W
Nombre de lampes utilisées pour 10 000 h d'éclairage	10	1
Prix des lampes pour 10 000 h	$10 \times 0,5 = 5$ €	10 €
Énergie consommée en une heure (en kW.h)	0,075 kW.h	0,020 kW.h
Énergie consommée en 10 000 h (en kW.h)	$0,075 \times 10000 = 750$ kW.h	$0,020 \times 10000 = 200$ kW.h
Coût de l'énergie pour 10 000 h (prix moyen du kW.h : 0,12 €)	$750 \times 0,12 = 90$ €	$200 \times 0,12 = 24$ €
Coût total pour 10 000 h d'éclairage	$5 + 90 = 95$ €	$10 + 24 = 34$ €

Les lampes basse consommation coûtent près de 20 fois plus chère qu'une lampe à incandescence à l'achat mais cette différence de prix est vite amortie grâce aux économies d'énergie. Une somme de 10 € investie dans une lampe basse consommation permet de gagner 60 € au bout de 10 000 h d'utilisation, c'est-à-dire au bout de 13 ans si on prend une utilisation moyenne de 2 h par jour.

Activité 20 Batteur de cuisine



Exercice 1 Vrai ou faux

- ① **Vrai** ; la puissance est l'énergie fournie ou consommée pendant une seconde :
 $E = P \Delta t$.
- ② **Faux** ; la puissance électrique moyenne est égale au produit de la tension efficace, de l'intensité efficace et d'un facteur k qui dépend de l'appareil utilisé.
- ③ **Faux** ; l'unité de la puissance est le watt (et kilowatt).

Exercice 2 Unité d'énergie

$$E = (200 \quad 1000) \quad 3600 = 7,2 \cdot 10^8 \text{ J (Joule).}$$

Pour passer d'un kilowattheure à un joule, il faut multiplier par :
 1000×3600 soit $3,6 \cdot 10^6$.

Pour passer d'un joule à un kilowattheure, il faut diviser par : $3,6 \cdot 10^6$.

Exercice 3 Énergie consommée

La valeur de l'énergie consommée par les différents appareils électriques s'exprime par : $E = P \Delta t$.

Exemple de calcul : le gaufrier $E = 0,750 \quad \frac{12}{60} = 0,15 \text{ kWh.}$

Appareils	Radiateur électrique	Lampe	Gaufrier	Four
Puissance	1,5 kW	100 W	750 W	2 kW
Durée de fonctionnement	100 h	15 h	12 mn	45 mn
Énergie consommée en kWh	150	1,5	0,15	1,5

Exercice 4 Pour une même puissance transportée, il y a moins de pertes en ligne dans une ligne à 400 000 V que dans une ligne à 20 000 V.

Exercice 5 Ordres de grandeur de consommation annuelle en énergie électrique :

- ville de 500 000 habitants : 1 TWh soit 10^{12} Wh
- la France : $5 \cdot 10^2$ TWh.

Exercice 6 Effet Joule

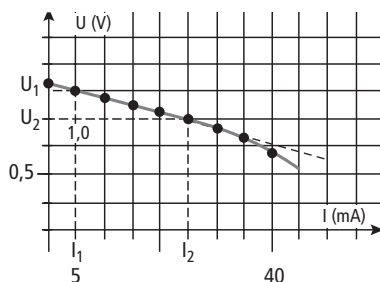
Le transfert thermique dégagé par une résistance R , plongé dans un calorimètre, parcouru par un courant d'intensité I pendant une durée Δt s'exprime par :

$$Q = RI^2 \Delta t.$$

Application numérique : $Q = 9000 \text{ J}$.

Exercice 7 Tracé d'une caractéristique

❶ Allure de la caractéristique :



❷ Ce générateur est linéaire pour $U > 1,0 \text{ V}$.

❸ La portion de droite a pour équation : $U = aI + b$; ici $b = 1,4 \text{ V}$; c'est la f.é.m. de la pile : $E = 1,4 \text{ V}$.

a s'obtient en prenant deux points sur la portion de droite :

$$a = \frac{U_1 - U_2}{I_1 - I_2} \Rightarrow a = -14 \text{ V.A}^{-1}.$$

La résistance interne r est égale à 14Ω .

❹ Lorsque la pile est parcourue par une intensité de 18 mA , la chute de tension s'exprime par : $E - U = rI$.

Application numérique : $E - U = 13,8 \times 0,018 = 0,25 \text{ V}$.

Exercice 8 Le rendement de conversion est égal au rapport de l'énergie utile sur l'énergie consommée : $\eta = \frac{UI\Delta t}{EI\Delta t} = \frac{U}{E}$.

La tension aux bornes d'une pile ne peut pas être supérieure à la force électromotrice de la pile d'après le principe de la conservation de l'énergie ; le générateur ne peut pas fournir plus d'énergie qu'il n'en reçoit.

La tension U serait égale à la force électromotrice de la pile si la résistance de la pile était négligeable.

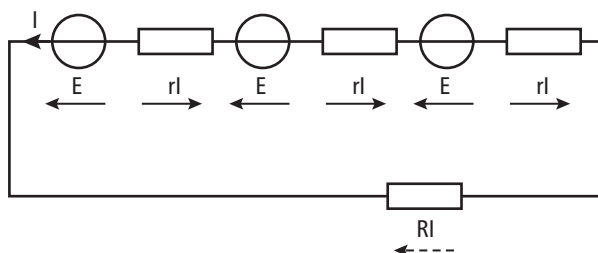
Exercice 9 Cette affirmation est fausse pour des intensités élevées.

La tension aux bornes de la batterie d'accumulateurs n'est pas constante parce que la résistance interne intervient : $U = E - rI$.

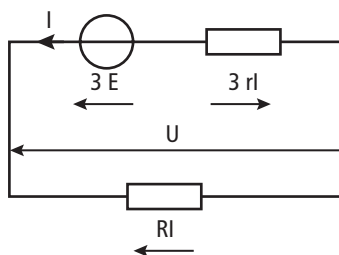
A.N. : $U = 9,0 \text{ V}$.

Exercice 10 Association de générateurs

❶ Le schéma équivalent du circuit est le suivant :



❷ La modélisation est la suivante :

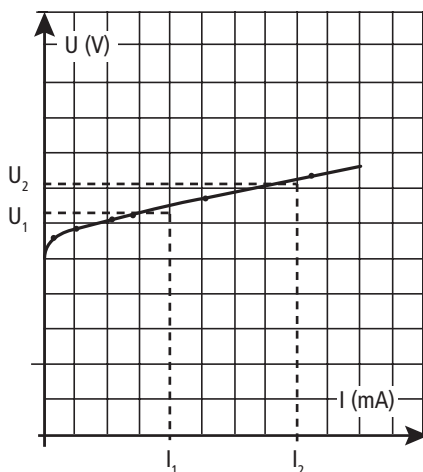


❸ Utilisons le schéma équivalent ci-dessus : $U = E_{\text{eq}} - r_{\text{eq}}I = RI$ avec : $E_{\text{eq}} = 3E$ et $r_{\text{eq}} = 3r$; d'où l'intensité I du courant traversant le circuit : $I = \frac{3E}{3r + R}$.

Application numérique : $I = 2,2 \text{ A}$.

Exercice 11 Tracé d'une caractéristique

- ❶ Allure du tracé de la caractéristique de l'électrolyseur :



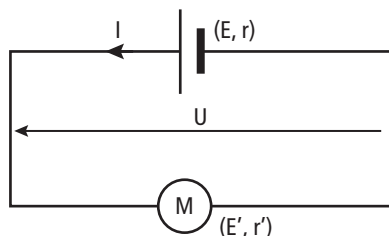
- ❷ Le récepteur est linéaire pour $U > 3,1$ V.

La force contre électromotrice est obtenue en recherchant graphiquement l'ordonnée à l'origine de la portion de droite, $E' = 2,95$ V.

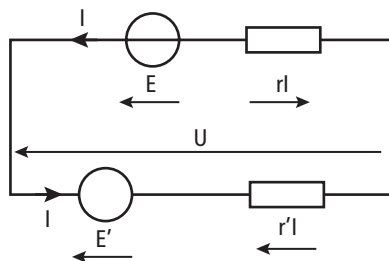
La résistance interne s'obtient en calculant : $r' = \frac{U_1 - U_2}{I_1 - I_2} \Rightarrow r' = 7,5 \, \Omega$.

Exercice 12 Modélisation

- ❶ Schéma du circuit.



- ❷ Schéma équivalent de ce circuit en utilisant la modélisation et le fléchage des tensions.



La f.c.é.m. E' est modélisée par un cercle ; cette modélisation n'est pas à connaître.

- ③ La tension U aux bornes du générateur est égale à : $U = E - rI$; le schéma équivalent nous montre qu'elle est aussi égale à : $U = E' + r'I$.

L'intensité I du courant s'exprime par : $I = \frac{E - E'}{r + r'}$.

Application numérique : $I = 0,47 \text{ A}$.

- ④ La tension U est égale à : $U = E' + r'I$ soit $3,9 \text{ V}$.

Le rendement de conversion du moteur est égal au rapport de l'énergie utile

sur l'énergie consommée : $\eta_{\text{moteur}} = \frac{E'I\Delta t}{UI\Delta t} = \frac{E'}{U}$.

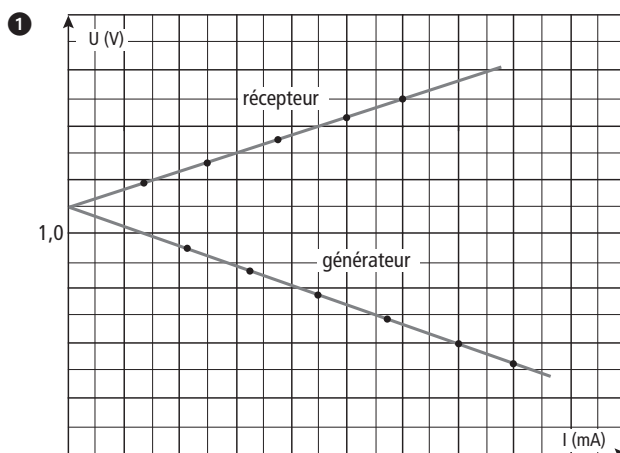
Application numérique : $\eta_{\text{moteur}} = 0,77$ soit 77% .

Le rendement de conversion de la pile est égale au rapport de l'énergie utile

sur l'énergie consommée : $\eta_{\text{pile}} = \frac{UI\Delta t}{EI\Delta t} = \frac{U}{E}$.

Application numérique : $\eta_{\text{pile}} = 0,87$ soit 87% .

Exercice 13 Pile Daniell

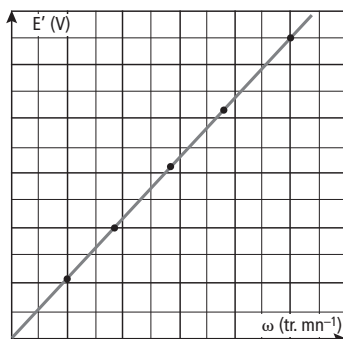


- ② Les valeurs des f.é.m. E et f.c.é.m. E' sont identiques $E = E' = 1,1 \text{ V}$.

Les résistances internes sont identiques : $r = r' = 8,4 \Omega$.

Exercice 14 Rendement d'un moteur

- ① Allure du tracé de E' en fonction de ω :



Relation entre E' et ω : $E' = k\omega = 2,2 \cdot 10^{-3} \omega$ avec E en Volt et ω en tr/min.

- ② a. La tension aux bornes du moteur s'exprime par : $U = E' + r'I$ avec ; d'autre

part : $U = E - rI$, ce qui donne :
$$I = \frac{E - E'}{r + r'} = \frac{E - k\omega}{r + r'}$$

Application numérique : $I = 0,5$ A.

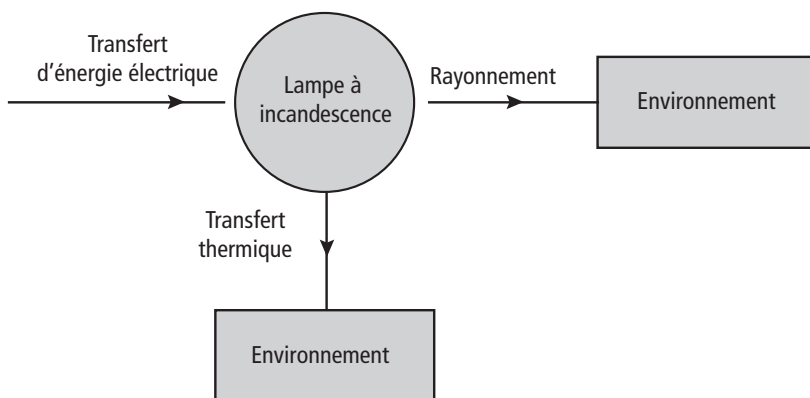
- b. Le rendement de conversion du moteur est égal au rapport de l'énergie

utile sur l'énergie consommée :
$$\eta_{\text{moteur}} = \frac{E' I \Delta t}{U I \Delta t} = \frac{E'}{U} = \frac{k\omega}{U}$$

Application numérique : $\eta_{\text{moteur}} = 0,68$ soit 68 %.

Exercice 15 Chaîne énergétique d'une lampe à tungstène

- ① Le schéma de la chaîne énergétique est le suivant.



- ② L'énergie électrique reçue par la lampe s'exprime par : $E_{\text{cons}} = P \Delta t$.

Application numérique : $E_{\text{cons}} = 60 \cdot 3600 = 216$ kWh.

- ③ Le rendement de conversion est égal au rapport de l'énergie utile sur l'énergie consommée : $\eta = \frac{E_{\text{rayonnement}}}{E_{\text{cons}}}$.

Le convertisseur reçoit autant d'énergie qu'il consomme :

$$E_{\text{cons}} = E_{\text{Joule}} + E_{\text{rayonnement}} \quad \text{soit : } E_{\text{rayonnement}} = E_{\text{cons}} - E_{\text{Joule}}.$$

$$\text{Application numérique : } \eta = \frac{216 - 205}{216} = 0,05 \text{ soit } 5\%.$$

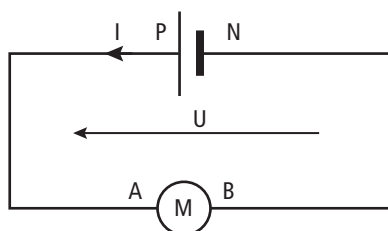
Le pourcentage d'énergie dégradée est égal au rapport du transfert thermique sur l'énergie électrique reçue par la lampe soit 95 %.

Exercice 16 Pertes par effet Joule dans un circuit

- ① L'énergie transférée par le générateur au circuit correspond à l'énergie électrique absorbée par le moteur; elle s'exprime par :

$$E_{\text{gén}} = UI\Delta t.$$

$$\text{Application numérique : } E_{\text{gén}} = 1,8 \cdot 10^3 \text{ J.}$$



- ② L'énergie dissipée par effet Joule dans tout le circuit est égale à l'énergie perdue par effet Joule dans le moteur et dans la pile et s'exprime par :

$$Q_{\text{tot}} = rI^2\Delta t + r'I^2\Delta t \quad \text{soit} \quad \boxed{Q_{\text{tot}} = (r + r')I^2\Delta t}.$$

$$\text{Application numérique : } Q_{\text{tot}} = 1,2 \cdot 10^3 \text{ J.}$$

- ③ L'énergie convertie sous forme mécanique s'exprime par :

$$E_{\text{méc}} = E_{\text{reçue}} - Q_{\text{mot}} = UI\Delta t - r'I^2\Delta t.$$

Q_{mot} est l'énergie électrique dissipée par effet Joule dans le moteur.

$$\text{Application numérique : } E_{\text{méc}} = 9,8 \cdot 10^2 \text{ J.}$$

Corrigé des activités

Activité 1

a. La formule des acides carboxyliques : acide propanoïque : $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-COOH}$

[illegible]

b. Le nom de l'acide est l'acide 3-méthylpentanoïque

Activité 2

La valeur du pH d'une eau minérale est indiquée sur l'étiquette : de l'ordre de 7.

La valeur du pH d'un shampoing pour bébé doit être de 7,0 ou proche de 7,0 car on parle dans de nombreux cas de « pH neutre ».

Activité 3

Vinaigre : $\text{pH} = 3$; acide

Vinaigre dilué : $\text{pH} = 5$; peu acide

Vinaigre très dilué : $\text{pH} = 7$ neutre

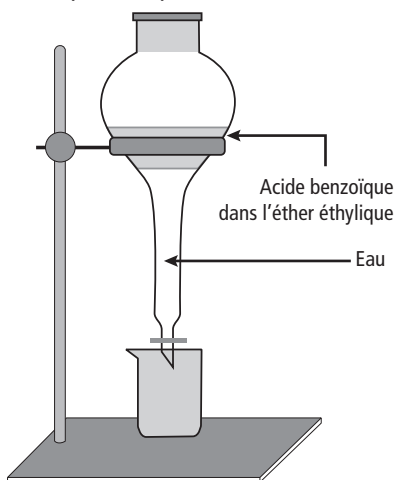
La dilution d'un acide diminue l'acidité de la solution et le pH se rapproche de 7 par valeur inférieure.

Activité 4

❶ Il faut choisir un solvant non miscible avec l'eau et dans lequel l'espèce à extraire soit très soluble : c'est le cas de l'éther éthylique.

② Laisser décanter signifie qu'on laisse le mélange retrouver ses 2 phases.

③ L'éther a une densité (0,6) inférieure à celle de l'eau (1,0), donc l'éther constitue la phase supérieure.

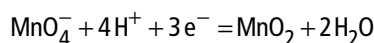
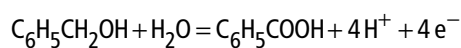


Activité 5

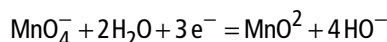
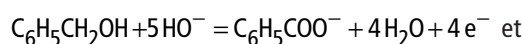
- 1 Une tâche de E_1 est au même niveau que la tâche correspondant à E_3 qui est celle de l'acide benzoïque 1 donc l'acide benzoïque est bien contenu dans la boisson.
- 2 La présence de plusieurs taches indique la présence de plusieurs autres espèces chimiques dans la boisson. Aucune de ces espèces chimiques est de l'alcool benzylique
- 3 et 4 Les cristaux blancs contiennent de l'acide benzoïque mais aussi une autre espèce chimique car on note la présence de 2 taches pour le dépôt E_2 . Cette espèce chimique est de l'alcool benzylique qui n'a pas réagi car sa tâche est au même niveau que celle de E_4 .

Activité 6

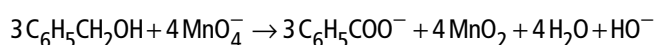
- 1 En milieu acide, on obtient :



Si on écrit ces demi-équations en milieu basique, on a :



D'où l'équation chimique :



- 2 Calculons les quantités initiales :

$$n_{\text{MnO}_4} = \frac{m}{M} = \frac{4,5}{158} = 2,8 \cdot 10^{-2} \text{ mol et } n_{\text{alcool}} = \frac{m}{M} = \frac{2,2}{108} = 2,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.}$$

Un tableau d'avancement nous donne :

réactif limitant : alcool et $x_{\text{max}} = 6,67 \cdot 10^{-3} \text{ mol.}$

- 3 On peut obtenir au maximum $2,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$ d'acide benzoïque soit :
 $m = n \times M = 2,0 \cdot 10^{-2} \times 122 = 2,4 \text{ g.}$

Activité 7

- 1 Le rôle du sulfite de sodium est de détruire le dioxyde de manganèse formé pour obtenir une espèce chimique soluble.
- 2 L'acide benzoïque ne précipite qu'en milieu acide car il est peu soluble dans l'eau et en milieu basique se transforme en ion carboxylate correspondant.
- 3 Le carbonate de calcium a pour rôle de mettre le mélange en milieu basique.
- 4 L'oxydation de l'alcool benzylique se fait en 2 étapes. Le produit intermédiaire est l'aldéhyde correspondant : le benzaldéhyde.

5 L'alcool benzylique est un alcool primaire.

$$6 \quad r = \frac{m_{\text{exp}}}{m_{\text{theo}}} = \frac{1,7}{2,4} = 0,71 \text{ soit } 71\%.$$

Activité 8 Étude quantitative de l'hémisynthèse

Dans 5 g d'acide salicylique, il y a : $n_1 = \frac{5}{(7 \times 12 + 3 \times 16 + 6)} = \frac{5}{138} = 3,6 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$.

8 mL d'anhydride acétique correspondent à une masse de : $m = \frac{8}{1,08} = 7,4 \text{ g}$. En effet, une densité de 1,08 équivaut à une masse volumique de $1,08 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$. On

peut donc calculer le nombre de moles d'anhydride :

$$n_2 = \frac{7,4}{(4 \times 12 + 3 \times 16 + 6)} = \frac{7,4}{102} = 7,2 \cdot 10^{-2} \text{ mol}.$$

On peut maintenant dresser le tableau d'avancement de la réaction :

	acide salicylique	anhydride acétique	aspirine	acide acétique
Avancement = 0	n_1	n_2	0	0
Avancement quelconque	$n_1 - X$	$n_2 - X$	X	X
Avancement final	0	$3,6 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$	$3,6 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$	$3,6 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$

Dans ce cas, il est évident que c'est l'équation : $n_1 - X_f = 0$ qui est solution du problème puisque n_1 est la moitié de n_2 .

On déduit, du tableau d'avancement, la masse maximale d'aspirine que l'on peut synthétiser :

$$m_{\text{asp}} = 3,6 \cdot 10^{-2} \times (9 \times 12 + 4 \times 16 + 8) = 3,6 \cdot 10^{-2} \times 180 = 6,5 \text{ g}.$$

Activité 9 Nécessité de la synthèse industrielle

Masse de bois de saule nécessaire :

$M = 4 \cdot 10^4 \times 10^3 \times 50 = 2 \cdot 10^9$ tonnes soit l'ordre de grandeur de la production annuelle totale de bois toutes essences confondues !

Même si l'estimation est très approximative, il serait impossible de fabriquer l'aspirine nécessaire à partir du bois de saule.

La production industrielle de l'aspirine à partir d'une autre matière première est indispensable.

Activité 10 Étude quantitative de la synthèse du paracétamol

Dans 5,45 g de 4-aminophénol, il y a :

$$n_1 = \frac{5,45}{(6 \times 12 + 16 + 14 + 7)} = \frac{5,45}{109} = 5,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.}$$

7 mL d'anhydride acétique correspondent à une masse de : $m = \frac{7}{1,08} = 6,5 \text{ g}$. En

effet, une densité de 1,08 équivaut à une masse volumique de $1,08 \text{ g.mL}^{-1}$. On

peut donc calculer le nombre de moles d'anhydride :

$$n_2 = \frac{6,5}{(4 \times 12 + 3 \times 16 + 6)} = \frac{6,5}{102} = 6,4 \cdot 10^{-2} \text{ mol.}$$

On peut maintenant dresser le tableau d'avancement de la réaction :

	4-aminophénol	anhydride acétique	paracétamol	acide acétique
Avancement nul	n_1	n_2	0	0
Avancement quelconque	$n_1 - X$	$n_2 - X$	X	X
Avancement final	0	$1,4 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$	$5,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$	$5,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$

Dans ce cas, il est évident que c'est l'équation : $n_1 - X_f = 0$ qui est solution du problème puisque n_1 est plus petit que n_2 .

On déduit, du tableau d'avancement, la masse maximale de paracétamol que l'on peut synthétiser :

$$m_{\text{para}} = 5,0 \cdot 10^{-2} \times (8 \times 12 + 2 \times 16 + 14 + 9) = 5,0 \cdot 10^{-2} \times 151 = 7,5 \text{ g.}$$

Activité 11 Efficacité des nanoparticules

① Un cube de 2 mm de côté possède un volume : $V = 2^3 = 8 \text{ mm}^3$.

Or $1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m} = 10^6 \text{ nm}$; on en déduit que : $1 \text{ mm}^3 = (10^6)^3 = 10^{18} \text{ nm}^3$.

Dans ce cube de 2 mm de côté on peut donc, au maximum, trouver :

$$n = \frac{8 \cdot 10^{18}}{2} = 4 \cdot 10^{18} \text{ entités élémentaires.}$$

Un cube de 20 nm de côté possède un volume : $v = 20^3 = 8 \cdot 10^3 \text{ nm}^3$.

Dans ce cube de 20 nm de côté on peut donc, au maximum, trouver :

$$n' = \frac{8 \cdot 10^3}{2} = 4 \cdot 10^3 \text{ entités élémentaires.}$$

Sur cet exemple, on voit que la nanochimie s'intéresse à des édifices qui comportent 10^{15} soit un million de milliards de fois moins de briques élémentaires que la chimie classique.

- ② Sur la face d'un cube de 2 mm de côté et dont chaque face possède une surface de : $2 \times 2 = 4 \text{ mm}^2 = 4 \cdot 10^{12} \text{ nm}^2$, on peut estimer à $2 \cdot 10^{12}$ le nombre d'entités élémentaires présentes sur chaque face soit, au total : $N = 6 \times 2 \cdot 10^{12} = 1,2 \cdot 10^{13}$ entités présentes à la surface du cube.

Comme ce cube contenait $4 \cdot 10^{18}$ entités, on peut dire qu'il n'y a que :

$$\frac{1,2 \cdot 10^{13}}{4 \cdot 10^{18}} \cdot 100 = 3 \cdot 10^{-4} \% \text{ d'entités présentes à la surface du cube.}$$

Sur la surface du cube de 20 nm de côté et dont chaque face possède une surface de : $20 \times 20 = 400 \text{ nm}^2$, on peut estimer à 200 le nombre d'entités élémentaires présentes sur chaque face soit, au total : $N = 6 \times 200 = 1\,200$ entités présentes à la surface du cube.

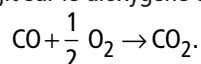
Comme ce cube contenait $4 \cdot 10^3$ entités, on peut dire qu'il n'y a que

$$\frac{1\,200}{4\,000} \cdot 100 = 30 \% \text{ d'entités présentes à la surface du cube.}$$

La proportion des particules qui se trouvent à la surface, et qui sont donc susceptibles de réagir, est incomparablement plus importante ($\frac{30}{3 \cdot 10^{-4}} = 10^5$) dans le cas des nanoparticules que pour les autres grains de matière. C'est une raison de la réactivité supérieure des nanoparticules.

Activité 12 Utilisation des nanoparticules

Le monoxyde de carbone réagit sur le dioxygène de l'air suivant :



Le monoxyde de carbone qui se forme, à température élevée, lorsqu'il n'y a pas suffisamment de dioxygène est un gaz très dangereux qui entraîne, en hiver, le décès de nombreuses personnes. En effet, il est sans odeur et si un appareil de chauffage dégage du monoxyde de carbone, on peut très bien ne pas s'en apercevoir. S'il était possible de munir les appareils de chauffage d'un filtre (semblable au pot catalytique des autos) contenant des nanoparticules d'or, on pourrait ainsi sauver de nombreuses vies.

Corrigé des exercices

Exercice 1 QCM 1

La molécule de formule : $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2\text{OH}$

- b. est un alcool primaire.
- d. s'appelle le pentan-1-ol.

Exercice 2 QCM 2

La molécule de formule : $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$

- a. est un acide carboxylique.
- e. s'appelle l'acide butanoïque.

Exercice 3 QCM 3

La molécule de formule : $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$

- e. s'appelle la pentan-3-one.
- f. est une cétone.

Exercice 4 QCM 4

La molécule de formule : $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - \text{CH}_2 - \text{C} \begin{matrix} \text{=O} \\ \text{OH} \end{matrix}$

- a. est un acide carboxylique.
- c. s'appelle l'acide 3-méthylpentanoïque.

Exercice 5 QCM 5

Une solution aqueuse de $\text{pH} = 4,0$:

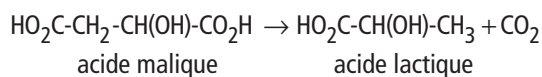
- b est une solution acide.

Exercice 6 QCM 6

La solution A est la plus acide car son pH est le plus faible.

Exercice 7 À propos d'une boisson à consommer avec modération**1. La fermentation malolactique**

- ① La fermentation malolactique transforme l'acide malique en acide lactique avec dégagement de dioxyde de carbone donc :



- ② Le pétilllement et les bulles sont dus à l'apparition de dioxyde de carbone gazeux.

2. Suivi par chromatographie de la fermentation malolactique

- ① Les principales étapes de réalisation du chromatogramme :
- ▶ Tracer la ligne des dépôts au crayon papier.
 - ▶ Saturer la cuve en éluant.
 - ▶ Effectuer les dépôts à l'aide de micropipettes (une par dépôt).
 - ▶ Sécher les dépôts.
 - ▶ Placer la plaque debout dans la cuve.
 - ▶ Retirer la plaque lorsque l'éluant se trouve à 1 cm du bord supérieur de la plaque.
 - ▶ Sécher la plaque.
 - ▶ Révéler les taches.

- ② Le vin A possède encore de l'acide malique, donc sa fermentation malolactique est commencée mais n'est pas terminée.

Le vin B ne possède plus d'acide malique : sa fermentation est achevée.

Le vin C ne possède pas d'acide lactique : sa fermentation malolactique n'est pas commencée.

Exercice 8 Oxydation du benzaldéhyde

- ① $\text{MnO}_4^- + 3 \text{e}^- + 2 \text{H}_2\text{O} = \text{MnO}_2 + 4 \text{OH}^-$ et
 $\text{C}_6\text{H}_5\text{CHO} + 3 \text{HO}^- = \text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^- + 2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^-$
 $3 \text{C}_6\text{H}_5\text{CHO} + 2 \text{MnO}_4^- + \text{HO}^- \rightarrow 3 \text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^- + 2 \text{MnO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}$

Quantité de matière initiale des réactifs :

$\text{C}_6\text{H}_5\text{CHO}$: masse molaire = 106 g/mol donc :

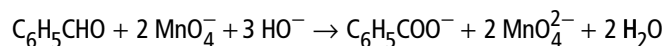
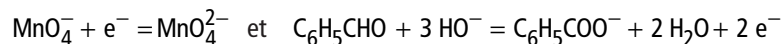
$$m = V \text{ (mL)} \times \rho \text{ (g/mL)} = 2 \times 1,04 = 2,08 \text{ g}$$

$$\text{d'où : } n_{\text{ald}} = \frac{m}{M} = \frac{2,08}{106} = 1,96 \cdot 10^{-2} \text{ mol.}$$

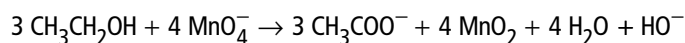
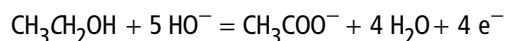
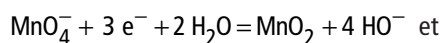
$$\text{MnO}_4^- : n = C \times V = 0,25 \times 0,06 = 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol.}$$

Un tableau d'avancement donne l'avancement : $x_{\text{max}} = 6,5 \text{ mmol}$, or on dispose de 15 mmol d'ion permanganate (soit 2 mmol en excès).

- ② Réaction initiale :



③ Réduction excès ion permanganate :



L'ion acétate (éthanoate) va réagir avec l'acide chlorhydrique ajouté pour donner l'acide éthanoïque, soluble dans l'eau alors que l'acide benzoïque formé est quasiment insoluble dans l'eau à 20°C.

Cet ion acétate n'est pas gênant puisqu'il ne possède pas de propriétés oxydo-réductrices.

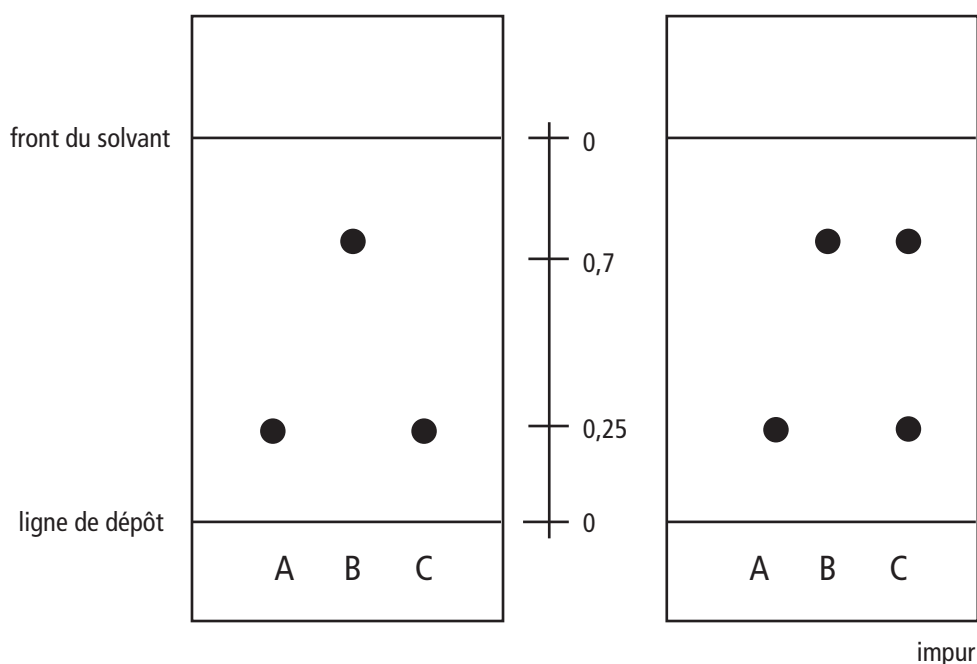
④ En présence d'acide chlorhydrique l'ion benzoate, soluble dans l'eau conduit à l'acide benzoïque : $\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+ = \text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O}$.

L'acide benzoïque est d'autant moins soluble dans l'eau que la température est plus basse.

⑤ La masse théorique d'acide est : $m_{\text{théo}} = n \times M = 1,96 \cdot 10^{-2} \times 122 = 2,4 \text{ g}$.

$$r = \frac{m_{\text{exp}}}{m_{\text{théo}}} = \frac{1,94}{2,4} = 0,81 \text{ soit } 81\%.$$

⑥ a. : $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$; b. : $\text{C}_6\text{H}_5\text{CHO}$; c. : produit



Exercice 9 Dans l'industrie chimique

- ❶ D'après les données, on peut dissoudre jusqu'à 200 kg de soude dans 200 L d'eau, la solution de soude n'est donc pas saturée.

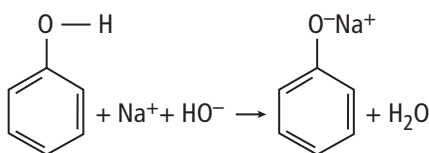
On calcule le nombre de moles d'hydroxyde de sodium :

$$n = \frac{m}{M_{\text{NaOH}}} = \frac{135 \cdot 10^3}{40} = 3,375 \cdot 10^3 \text{ mol.}$$

On en déduit la concentration de la solution :

$$C_{\text{NaOH}} = \frac{n}{V} = \frac{3,375 \cdot 10^3}{200} = 16,9 \text{ mol.L}^{-1}.$$

- ❷ Dans l'autoclave, il se produit la réaction :



On peut dresser le tableau d'avancement de cette réaction :

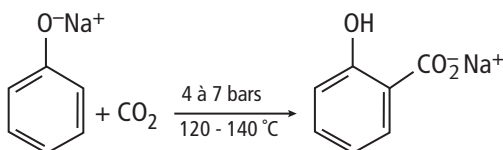
avancement	phénol	soude	phénate de sodium
X = 0	$n' = \frac{300 \cdot 10^3}{94} = 3,19 \cdot 10^3 \text{ mol}$	$n = 3,375 \cdot 10^3 \text{ mol}$	0
X quelconque	$n' - X$	$n - X$	X
X final	0	$1,85 \cdot 10^2 \text{ mol}$	$3,19 \cdot 10^3 \text{ mol}$

Le calcul de X final est évident puisque les coefficients stœchiométriques des réactifs sont égaux à 1.

On pourrait donc obtenir une masse de poudre qui est du phénate de sodium égale à :

$$m = 3,19 \cdot 10^3 (93 + 23) = 3,70 \cdot 10^5 \text{ g} = 370 \text{ kg.}$$

- ❸ Il se produit maintenant la réaction :



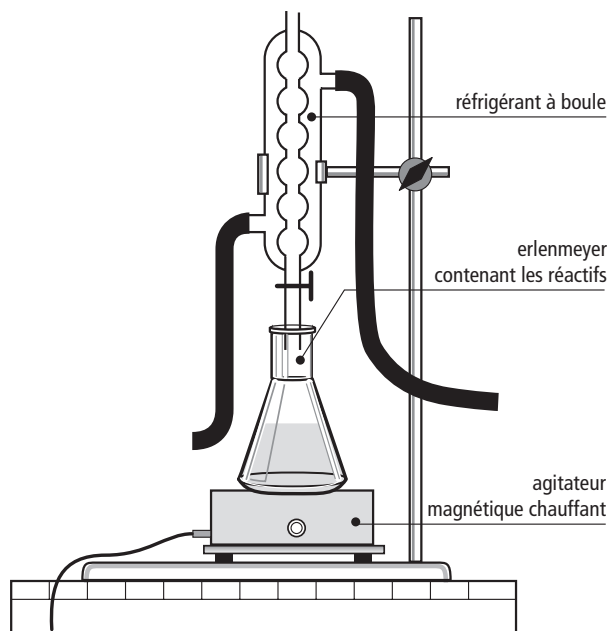
Tant que la réaction se produit, le dioxyde de carbone se fixe sur le noyau benzénique et le nombre de moles gazeuses présentes dans l'autoclave n'augmente pas, donc la pression reste constante. Par contre, dès que la réaction ne se produit plus, le nombre de moles gazeuses présentes dans l'autoclave commencera à augmenter et, de ce fait, la pression, elle aussi, augmentera.

D'après l'équation de la réaction, il est évident qu'avec $3,19 \cdot 10^3$ mol de phénate de sodium, on peut obtenir au maximum $3,19 \cdot 10^3$ mol de salicylate de sodium, soit une masse maximale de :

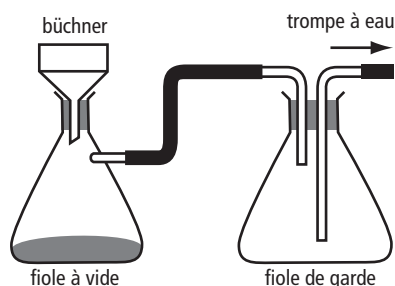
$$m = 3,19 \cdot 10^3 (93 + 44 + 23) = 5,10 \cdot 10^5 \text{ g} = 510 \text{ kg.}$$

Exercice 10 L'aspirine au laboratoire

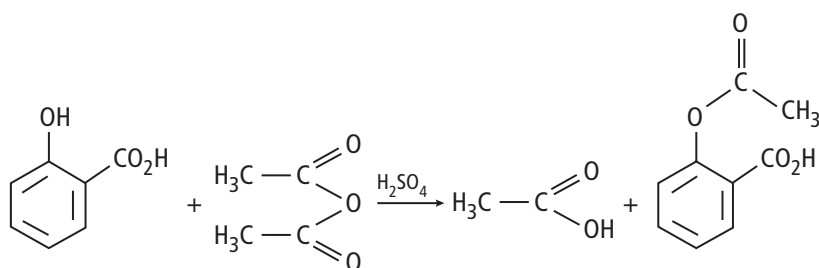
- ① Sur le schéma, on a rajouté le réfrigérant qui est indispensable lorsqu'on chauffe le milieu réactionnel.



- ② On donne ci-contre le dispositif de filtration sur bûchner :



③ L'équation qui correspond à l'hémisynthèse de l'aspirine s'écrit :



④ Lors de l'hémisynthèse de l'aspirine, il se forme de l'acide acétique ; tant que l'eau de lavage est acide, c'est qu'il reste encore des traces d'acide acétique dans l'aspirine. En regardant le pH de l'eau de lavage, on vérifie qu'il ne reste plus d'acide acétique dans l'aspirine.

⑤ Dans 4 g d'acide salicylique, il y a :

$$n_1 = \frac{4}{(7 \times 12 + 3 \times 16 + 6)} = \frac{4}{138} = 2,9 \cdot 10^{-2} \text{ mol.}$$

7 mL d'anhydride acétique correspondent à une masse de : $m = \frac{7}{1,1} = 6,4 \text{ g.}$

En effet, une densité de 1,1 équivaut à une masse volumique de $1,1 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$. On peut donc calculer le nombre de moles d'anhydride :

$$n_2 = \frac{6,4}{(4 \times 12 + 3 \times 16 + 6)} = \frac{6,4}{102} = 6,2 \cdot 10^{-2} \text{ mol.}$$

On peut maintenant dresser le tableau d'avancement de la réaction :

	acide salicylique	anhydride acétique	aspirine	acide acétique
Avancement = 0	n_1	n_2	0	0
Avancement quelconque	$n_1 - X$	$n_2 - X$	X	X
Avancement final	0	$3,3 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$	$2,9 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$	$2,9 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$

Dans ce cas, il est évident que c'est l'équation : $n_1 - X_f = 0$ qui est solution du problème puisque n_1 est plus petit que n_2 .

On déduit, du tableau d'avancement, la masse maximale d'aspirine que l'on peut synthétiser :

$$m_{\text{asp}} = 2,9 \cdot 10^{-2} \times (9 \times 12 + 4 \times 16 + 8) = 2,9 \cdot 10^{-2} \times 180 = 5,2 \text{ g.}$$

■