Enseignement de spécialité Physique-chimie et mathématiques

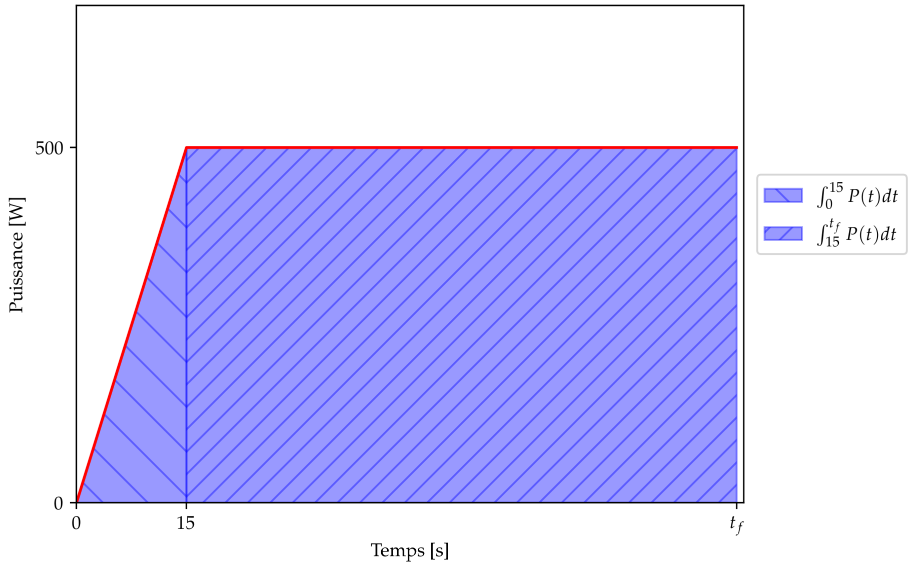
Corrigé du baccalauréat - Session de remplacement Métropole 2021

Exercice 1 : Préparation d'un échantillon de glace

1. La formule permettant de calculer la masse, connaissant le volume V et la masse volumique ρ d'un solide, est :
$$m = \rho \times V$$
Ici, la masse volumique est connue : $\rho = 917\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$. Le volume est celui d'un cylindre de base $S = \pi \times r^2$ avec $r = 5$ cm et de hauteur $h = 1$ cm :
$$V = S \times h = \pi r^2 h = \pi 5^2 \text{ cm}^3 = 25\pi \text{ cm}^3$$
La masse volumique étant exprimée en m^3, il faut exprimer le volume dans cette même unité. Or, $1 \text{ cm}^3 = (10^{-2} \text{ m})^3 = 10^{-6} \text{ m}^3$. D'où $V = 25\pi \times 10^{-6} \text{ m}^3$.
Application numérique : $m = 917 \times 25\pi \times 10^{-6} \implies \boxed{m = 72 \text{ g}}$.
2. Système : bloc de glace de masse $m = 72$ g.
On applique alors le premier principe de la thermodynamique à ce système :
$$\Delta U = Q + W$$
avec U l'énergie interne du sytème, W le travail des forces s'exerçant sur ce système et Q le transfert thermique. Ces 3 grandeurs sont des énergies, en Joules. Ici, il n'y a pas de forces, donc $W = 0$. En revanche, le transfert thermique se décompose en 3 termes :
— faire passer la glace de $T_{-40} = -40°$ à $T_0 = 0°$, $c_{\text{glace}} \times m \times (T_0 - T_{-40})$;
— la faire changer d'état par fusion à 0°, $E_{\text{m,fus}} \times m$;
— chauffer l'eau de $T_0 = 0°$ à $T_{25} = 25°$, $c_{\text{eau}} \times m \times (T_{25} - T_0)$;
Au total, la variation d'énergie s'écrit :
$$\Delta U = m \times (c_{\text{glace}} \times (T_0 - T_{-40}) + E_{\text{m,fus}} + c_{\text{eau}} \times (T_{25} - T_0))$$
Application numérique : $\Delta U = 72 \times 10^{-3} \times (40 \times 2,06 + 333 + 25 \times 4,18)$
$= 72 \times 10^{-3} \times (82,4 + 333 + 104,5) = 72 \times 10^{-3} \times 519,9 \implies \boxed{\Delta U = 37,4 \text{ kJ}}$

3.1 Il faut savoir qu'une intégrale n'est rien d'autre qu'un nombre (à ne pas confondre avec une primitive qui est une fonction). $\int_a^b f(x)\mathrm{d}x$ représente l'aire comprise entre les droites d'équations, $x = a$, $x = b$, l'axe des ordonnées $y = 0$ et la courbe représentative de la fonction f. Ainsi,
— $\displaystyle\int_0^{15} P(t)\mathrm{d}t$ représente l'aire comprise entre les droites d'équations $x = 0$, $x = 15$, $y = 0$ et la courbe représentative de la fonction P. Ici c'est l'aire d'un triangle de côtés 15×500. L'aire de ce triangle est donc $\frac{15 \times 500}{2} = 3750$.
— $\displaystyle\int_{15}^{t_f} P(t)\mathrm{d}t$ représente l'aire comprise entre les droites d'équations $x = 15$, $x = t_f$, $y = 0$ et la courbe représentative de la fonction P. Ici, c'est l'aire d'un carré de côtés $500 \times (t_f - 15)$. L'aire de ce rectangle est donc $500 \times (t_f - 15)$.

Côté unités, $\int_0^{t_f} P(t)\mathrm{d}t$ est homogène à une puissance (P) multipliée par un temps dt. Il s'agit donc d'une énergie (voir la relation $E = P \times t$).



3.2 Par linéarité de l'intégrale, on a

$$\int_0^{t_f} P(t)\mathrm{d}t = \int_0^{15} P(t)\mathrm{d}t + \int_{15}^{t_f} P(t)\mathrm{d}t$$

Comme vu précédemment,

$$\boxed{\int_0^{t_f} P(t)\mathrm{d}t = 3750 \text{ J } + 500 \times (t_f - 15)}$$

3.3 Entre 0 et 15s, P n'est rien d'autre qu'une fonction linéaire. P passe de 0 à 500W en 15s, la pente est donc $\Delta = \frac{500-0}{15-0} = \frac{500}{15}$. Ainsi,

$$\boxed{P(t) = \frac{500}{15}t, \qquad \forall t \in [0; 15]}$$

On retrouve bien $P(0) = 0$ et $P(15) = 500$ W.

On rappelle qu'un primitive de la fonction $t \mapsto t$ sur $\mathbb{R}$ est $\frac{1}{2}t^2 + C$ avec $C \in \mathbb{R}$ une constante. En effet, en dérivant cette fonction, on obtient $2 \times \frac{1}{2}t = t$. Ainsi,

$$\int_0^{15} P(t)\mathrm{d}t = \int_0^{15} \frac{500}{15}t\mathrm{d}t = \frac{500}{15} \times \int_0^{15} t\mathrm{d}t = \frac{500}{15} \times \left[\frac{1}{2}t^2 + C\right] = \frac{500}{15} \times \left(\frac{1}{2} \times 15^2 - \frac{1}{2} \times 0^2\right)$$

Au total,

$$\boxed{\int_0^{15} P(t)\mathrm{d}t = \frac{500}{2} \times 15 = 3750 \text{ J}}$$

4. En question 2., on a vu que cette énergie s'élevait à environ 37 kJ. On cherche donc t_f tel que

$$37\,000 = \int_0^{t_f} P(t)\mathrm{d}t \tag{1}$$

En 3.2, on a vu l'expression de l'intégrale en fonction de t_f, ce qui aboutit à

$$37\,000 = 3\,750 + 500 \times (t_f - 15)$$

Soit,

$$33\,250 = 500 \times (t_f - 15) \iff t_f - 15 = \frac{33250}{500} = 66{,}5 \iff \boxed{t_f = 81{,}5 \text{ s}}$$

Il faut $\boxed{\text{1 min et 21 secondes}}$ pour faire fondre la glace.

5. Le temps calculé à la question précédente et le temps réel différent. Il faut donc remettre en question les hypothèses du calcul. On a fait l'hypothèse que l'ensemble de l'énergie fournie par le chauffage servait à faire fondre la glace. Expérimentalement, ce n'est pas réalisable car il est difficile de concentrer le chauffage uniquement sur la glace. Il y a forcément **une partie de l'énergie qui réchauffe l'air ambiant** alors que ce n'est pas souhaité. Cela explique qu'il faille plus de temps pour faire chauffer le glaçon.

Exercice 2 : Profondeur d'un trou de forage

1. Système : smartphone de masse m
   Référentiel : terrestre supposé galiléen
   Bilan des forces extérieures : poids $m\vec{g}$
   Principe fondamental de la dynamique :

   $$m\vec{a} = m\vec{g}$$

   On a donc $\boxed{\vec{a} = \vec{g}}$ et donc $a = g$.

   Sur le graphique, l'accélération a vaut soit 0 soit 10 m/s^2. La valeur correspond aux moments où le smartphone n'a pas été lâché ou bien a atterri. On garde donc la valeur $a = 10$ m/s^2. On a donc

   $$\boxed{g = 10 \text{ m/s}^2}$$

   En réalité, $g = 9{,}81$ m/s^2. L'expérience est donc plutôt correcte.

2. Le modèle de la chute libre estime que la valeur du temps de chute t_{ch} vaut $t_{ch} = \sqrt{\frac{2h}{g}}$. Si on manipule cette expression :

   $$t_{ch}^2 = \frac{2h}{g} = \frac{2}{g} \times h$$

   t_{ch}^2 est donc bien une fonction linéaire de h

3. Par identification, le paramètre k correspond à $\frac{2}{g}$:

   $$k = \frac{2}{g} \iff \boxed{g = \frac{2}{k}}$$

   Application numérique : $\boxed{g = 9{,}71 \text{ m/s}^2}$
   Cette expérience s'approche encore plus de la valeur réelle de g.

4. Avec la relation de l'énoncé, on a

$$u(g) = 2g \times \frac{u(k)}{k}$$

<u>Application numérique :</u> $u(g) = 2 \times 9{,}71 \times \dfrac{0{,}003}{0{,}206} \implies \boxed{u(g) = 0{,}28\ \mathrm{m/s^2}}$

5. On peut donc exprimer la valeur de l'intensité de la pesanteur avec son incertitude :

$$\boxed{g + u(g) = 9{,}71 \pm 0{,}28\ \mathrm{m/s^2}}$$

Ainsi la valeur de g est comprise dans l'intervalle $[g - u(g); g + u(g)] = [9{,}43; 9{,}99]$. Cet intervalle englobe donc la valeur réelle de g. Cette expérience est meilleure que la première car :
— elle permet d'obtenir une incertitude sur le mesure ;
— cette incertitude atteint la valeur réelle de g.

6. Le modèle de la chute libre estime que la valeur du temps de chute t_{ch} vaut $t_{ch} = \sqrt{\dfrac{2h}{g}}$.

Ici $g = 9{,}80\ \mathrm{m/s^2}$ et $h = 128$ m.
<u>Application numérique :</u> $\boxed{t_{ch} = 6{,}00\ \mathrm{s}}$

7. A 4300 m d'altitude, la vitesse du son est environ de $v = 324$ m/s.
Le caillou met une durée t_{ch} à atteindre le fond du trou.
L'onde doit ensuite parcourir le chemin inverse, *i.e.* $d = 128$ m à la vitesse $v = 324$ m/s. La durée correspondante est donc $t_{son} = \dfrac{d}{v} = \dfrac{128}{324} = 0{,}39$ s.
La durée totale est donc

$$\boxed{t_{total} = t_{ch} + t_{son} = 6{,}39\ \mathrm{s}}$$

8. Une raison pourrait expliquer cet écart : l'onde retour pourrait se « heurter » aux bords du trou sur son chemin retour, ce qui pourrait allonger le temps t_{son}.

Pourquoi la valeur de g varie-t-elle avec l'altitude ?
En réalité la force « poids $m\vec{g}$ » n'est que la simplification d'une autre force beaucoup plus générale : la force gravitationnelle. L'interaction se produisant entre deux corps de masse m_1 et m_2 écarté d'une distance r est

$$\vec{F} = -\frac{\mathcal{G} m_1 m_2}{r^2}\vec{e_r}$$

avec $\mathcal{G} = 6{,}67 \times 10^{-11} \mathrm{m^3 \cdot kg^{-1} \cdot s^{-2}}$ la constante universelle de gravitation. A la surface de la terre, tous les corps sont attirés par un autre corps bien plus lourd : la Terre. La masse de la Terre est $M_T = 5{,}97 \times 10^{24}$ kg. Le rayon terrestre vaut $R_T = 6371$ km.
La force devient donc

$$\vec{F} = -m \times \frac{\mathcal{G} M_T}{R_T^2}\vec{e_r}$$

<u>Application numérique :</u> $\dfrac{\mathcal{G} M_T}{R_T^2} = 9{,}81\ \mathrm{m/s^2}$

En revanche si on se place au sommet de la montage, on est à $R_T + H = 6375$ km du centre terrestre. L'application numérique devient donc $\dfrac{\mathcal{G} M_T}{(R_T + h)^2} = 9{,}80\ \mathrm{m/s^2}$ ce qui explique la diminution de g en fonction de l'altitude.

Exercice 3 : Mathématiques

Question 1

Pour montrer qu'une fonction est croissante, on peut montrer que sa dérivée est positive. La fonction f est continue sur $\mathbb{R}$ comme produit d'une fonction polynomiale et de l'exponentielle qui sont bien continues sur $\mathbb{R}$. f est donc dérivable sur $\mathbb{R}$. Ainsi,

$$\forall x \in \mathbb{R}, \quad f'(x) = 2xe^x + x^2e^x = e^x(2x + x^2) = e^x x(2 + x)$$

On peut dresser le tableau de variation suivant :

x	$-\infty$		-2		0		$+\infty$
e^x		$+$		$+$		$+$	
x		$-$		$-$	0	$+$	
$2+x$		$-$	0	$+$		$+$	
$f'(x)$		$+$	0	$-$	0	$+$	
$f(x)$	0	$\nearrow$	$4e^{-2}$	$\searrow$	0	$\nearrow$	$+\infty$

Plusieurs calculs sont à réaliser pour que ce tableau soit complet :
- $f(-2) = 4e^{-2}$
- $f(0) = 0$
- $\lim\limits_{x \to +\infty} f(x) = +\infty$ par produit de limites
- $\lim\limits_{x \to -\infty} f(x) = 0$ par croissance comparée

Au total, **la fonction f n'est clairement pas croissante sur** $\mathbb{R}$. FAUX

Question 2

Le problème se résume à trouver les x tels que

$$h(x) \geq y$$

avec $y = 15$ cm. On peut la résoudre directement :

$$\ln(2x + 1) \geq y \iff 2x + 1 \geq \exp(y) \text{ par croissance de l'exponentielle sur } \mathbb{R}$$

Puis,

$$x \geq \frac{\exp(y) - 1}{2}$$

Application numérique : $\dfrac{\exp(15) - 1}{2} = 1\,634\,508 \text{ cm} = 16\,345 \text{ m} = \boxed{16,3 \text{ km}}$.

L'abscisse du point M est donc située à 16,3 km du point O. VRAI

Question 3

La demi-vie signifie la moitié d'une vie. On cherche le temps $t_{1/2}$ tel que $N(t_{1/2}) = \frac{N(0)}{2}$. Si on injecte dans l'équation de vie :

$$\frac{N(0)}{2} = N(0)e^{-0{,}027t_{1/2}} \iff \frac{1}{2} = e^{-0{,}027t_{1/2}} \iff \ln\left(\frac{1}{2}\right) = \ln\left(e^{-0{,}027t_{1/2}}\right) \iff$$

$$-\ln(2) = -0,027t_{1/2} \iff \boxed{t_{1/2} = \frac{\ln(2)}{0,027}}$$

Application numérique : $\boxed{t_{1/2} = 25,6 \text{ h}}$. FAUX

Question 4

L'équation différentielle homogène $y'' + y = 0$ est classique. Il s'agit de l'équation d'un oscillateur harmonique. La solution bien connue est de la forme :

$$f(t) = A\cos(t) + B\sin(t), \qquad (A, B) \in \mathbb{R}^2$$

La solution doit également vérifier les conditions initiales $y(0) = 1$ et $y'(0) = 2$.

— $f(0) = A = 1 \implies \boxed{A = 1}$
— $f'(t) = -A\sin(t) + B\cos(t)$
— Donc, $f'(0) = B = 2 \implies \boxed{B = 2}$

Au total, la solution de cette équation différentielle homogène avec conditions initiales est

$$\boxed{\forall t \in \mathbb{R}, \qquad f(t) = \cos(t) + 2\sin(t)}$$

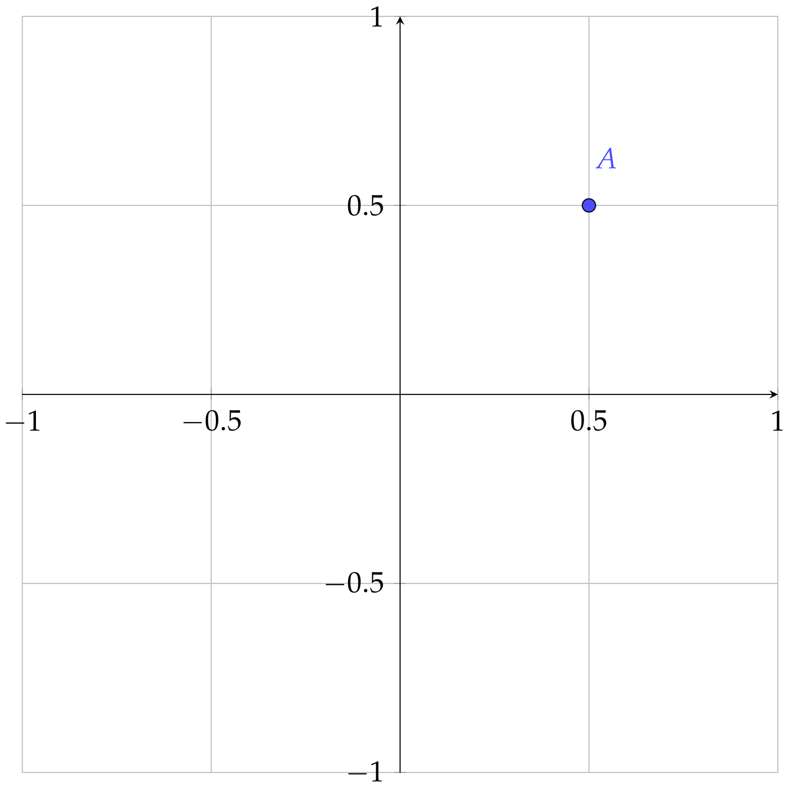
VRAI

Question 5

Pour calculer les puissances d'un nombre complexe, il est souvent plus facile de le mettre sous forme exponentielle, $z = |z|e^{i\arg(z)}$. Il faut donc calculer son module et son argument.

— $|z| = \left|\frac{2-i}{1-3i}\right| = \frac{|2-i|}{|1-3i|} = \frac{\sqrt{2^2+(-1)^2}}{\sqrt{1^2+(-3)^2}} = \frac{\sqrt{5}}{\sqrt{10}} = \frac{1}{\sqrt{2}}$
— On arrange z pour pouvoir facilement le placer sur le plan complexe :

$$z = \frac{(2-i)(1+3i)}{(1-3i)(1+3i)} = \frac{5+5i}{10} = \frac{1+i}{2} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2}i$$



Il est donc facile de calculer l'argument. Il s'agit de l'angle θ entre l'axe des abscisses et le vecteur $\overrightarrow{OA}$, tel que $\tan(\theta) = \dfrac{\text{côté opposé}}{\text{côté adjacent}} = \dfrac{1/2}{1/2} = 1$. Ainsi,

$$\arg(z) = \theta = \arctan(1) = \frac{\pi}{4}$$

Ainsi, on peut écrire z sous la forme exponentielle :

$$z = \frac{1}{\sqrt{2}} e^{i\frac{\pi}{4}}$$

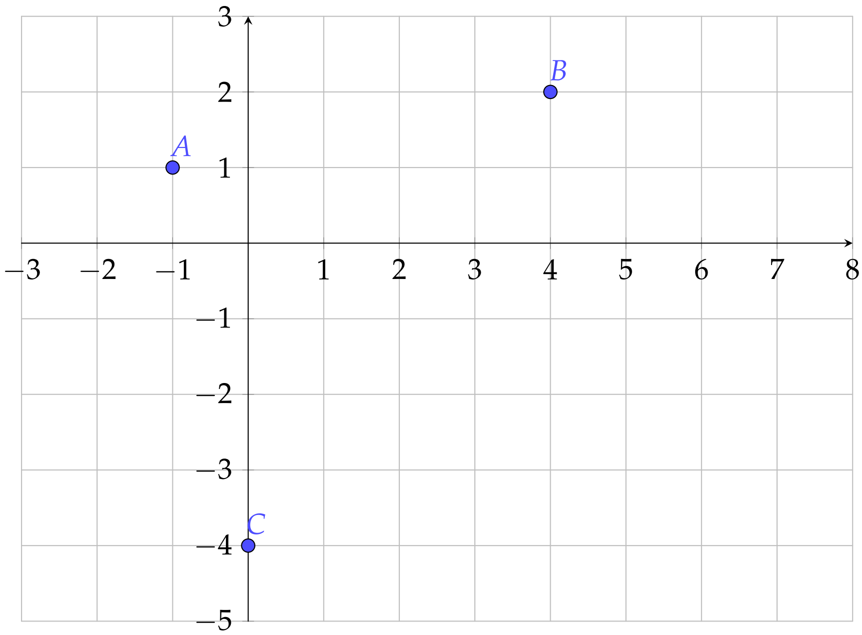
Et donc,

$$\boxed{z^4 = \frac{1}{4} e^{i\pi} = -\frac{1}{4}}$$

Ainsi, $z \in \mathbb{R}_-$. VRAI

Question 6

Rien de tel que de placer les points dans le plan complexe pour se faire une idée :



On peut déjà regarder les longueurs des côtés de ce triangle : si 2 d'entre elles sont identiques, le triangle sera isocèle. En revanche, si les 3 côtés sont de mesures différentes, le triangle ne sera pas isocèle.

$$||\overrightarrow{AB}|| = |z_B - z_A| = |5 + i| = \sqrt{5^2 + 1^2} = \sqrt{26}$$
$$||\overrightarrow{AC}|| = |z_C - z_A| = |1 - 5i| = \sqrt{26}$$
$$||\overrightarrow{BC}|| = |z_C - z_B| = | - 4 - 6i| = \sqrt{4^2 + 6^2} = \sqrt{52}$$

ABC est donc un triangle isocèle en A. Pour savoir s'il est rectangle, il faut en plus déterminer s'il l'angle en A vaut $\pm\frac{\pi}{2}$:

$$\arg(\overrightarrow{AC}, \overrightarrow{AB}) = \arg(1 - 5i) - \arg(5 + i) = \arg\left(\frac{1 - 5i}{5 + i}\right)$$

Pour calculer l'argument du nombre complexe $\dfrac{1 - 5i}{5 + i}$, il faut le mettre sous la forme algébrique ou bien complexe :

$$\frac{1 - 5i}{5 + i} = \frac{(1 - 5i)(5 - i)}{(5 + i)(5 - i)} = \frac{5 - i - 25i - 5}{5^2 + 1^2} = \frac{-26i}{26} = -i$$

Ansi,

$$\arg(\overrightarrow{AC}, \overrightarrow{AB}) = \arg(-i) = -\frac{\pi}{2}$$

Il y a donc bien un angle droit. Et, $\boxed{ABC \text{ est un triangle isocèle et rectangle en } A}$. VRAI

Exercice 4-A : Stockage d'une carotte de glace

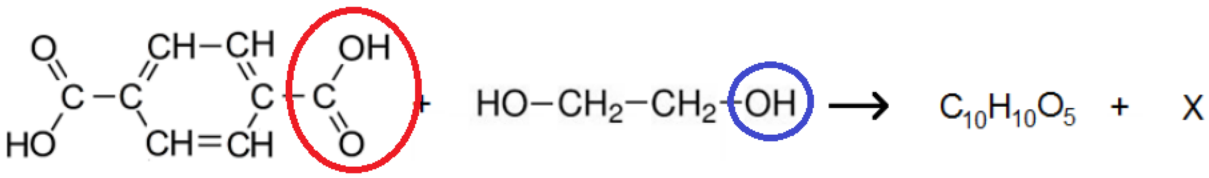
1. On applique directement la formule $\frac{e}{\lambda}$ avec les bonnes unités :

$$R = \frac{e}{\lambda} = \frac{36 \times 10^{-3}}{0,0052}$$

Application numérique : $\boxed{R_{ISOVIP} = 6,9 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}}$

2. On ne retrouve pas les valeurs de l'énoncé car **la formule** $\frac{e}{\lambda}$ **ne prend pas en compte la surface du panneau**. Or vu les écarts de valeurs entre les petits panneaux et les grands panneaux, la surface soit un facteur qui joue sur la valeur de la résistance thermique.
3. On peut estimer numériquement la valeur de la résistance thermique due à la plaque d'aluminium :
$$R_{alu} = \frac{e_{alu}}{\lambda_{alu}} = \frac{10^{-3}}{220} \implies \boxed{R_{alu} = 4,5 \times 10^{-6}\ \mathrm{m^2 \cdot K \cdot W^{-1}}}$$
On a donc $\boxed{R_{ISOVIP} >> R_{alu}}$. Puisque l'aluminium double l'ISOVIP, cela revient à mettre les deux résistances en série, dans le calcul d'une résistance globale. On aurait donc
$$R_{totale} = R_{ISOVIP} + R_{alu}$$
car en série, les résistances s'additionnent. Mais, les valeurs numériques de ces résistances nous permettent de faire la simplification : $\boxed{R_{totale} \simeq R_{ISOVIP}}$
4. Le conteneur frigorifique est à la température $\theta_{conteneur} = -18°$. L'intérieur de la boite est à la température $\theta_{carotte} = -40°$. On sait que les transferts thermiques naturels s'effectuent des corps les plus chauds vers les corps les plus froids. Donc, ici, **le transfert thermique se fait du conteneur vers l'intérieur de la boite**.
5. Le terme de *pertes thermiques* est donc ici **inapproprié** puisque qu'il y a un gain de température de l'intérieur de la boite. On devrait plutôt parler *d'apports thermiques* ou plus généralement *d'échanges thermiques*.
6. Attention à ne pas confondre le flux thermique surfacique φ (en $\mathrm{W \cdot m^{-2}}$) et le flux thermique Φ (en W). Il suffit d'une surface S pour relier ces deux grandeurs :
$$\Phi = S \times \varphi \implies \boxed{\Phi = \frac{S\Delta\theta}{R_{th}}}$$
Ici, $\Delta\theta = -18 - (-40) = 26°$. Chacune des deux extrémités carrées de la boite mesure $600\ \mathrm{mm} \times 600\ \mathrm{mm} = 36 \times 10^4\ \mathrm{mm^2}$. Chacune des 4 faces rectangulaires de la boite mesure $600\ \mathrm{mm} \times 1000\ \mathrm{mm} = 6 \times 10^5\ \mathrm{mm^2}$. La surface totale est donc :
$$S = 2 \times 36 \times 10^4 + 4 \times 6 \times 10^5 = (72 + 240) \times 10^4 = 312 \times 10^4 \mathrm{mm^2}$$
De plus, $1\ \mathrm{mm^2} = (10^{-3}\ \mathrm{m})^2 = 10^{-6}\ \mathrm{m^2}$ Donc, $S = 312 \times 10^4 \times 10^{-6}\ \mathrm{m^2}$. Au total, $\boxed{S = 3,12\ \mathrm{m^2}}$.

<u>Application numérique :</u> $\Phi = \frac{3,12 \times 26}{6,5} \implies \boxed{\Phi = 12,5\ \mathrm{W}}$
7. On connaît la relation reliant énergie, puissance et temps : « $E = P \times \Delta t$ ». Ici, $E = 124$ kJ, $P = \Phi$. Ainsi,
$$\Delta t = \frac{E}{\Phi}$$
<u>Application numérique :</u> $\Delta t = \frac{124 \times 10^3}{12,5} = 9920$ s. Soit, $\boxed{\Delta t = 2\mathrm{h}45\mathrm{min}}$. L'ordre de grandeur semble tout à faire pertinent.
8. Les groupes caractéristiques sont :



En rouge, il s'agit du **groupe carboxyle** associé à la fonction **acide carboxylique**.

En bleu, il s'agit du **groupe hydroxyle** associé à la fonction **alcool**.

9. Il y a en tout 8 atomes de carbone, 4 d'oxygène et 6 d'hydrogène. La formule brute de l'acide téréphtalique est donc $\boxed{C_8H_6O_4}$. La formule brute de l'éthylène glycol est $C_2H_6O_2$. A gauche de la réaction, il y a donc 10 atomes de carbone, 12 d'hydrogène et 6 d'oxygène. Le produit inconnu X possède donc 0 atome de carbone, 2 d'hydrogène et 1 d'oxygène. Sa formule brute est donc $\boxed{H_2O}$, c'est de l'**eau**.
10. Les pictogrammes signifient respectivement : **inflammable, nocif ou irritant et dangereux pour la santé**. Il faut donc :
    — **manipuler loin de tout flamme** ou étincelle, et conserver à l'abri de la chaleur ;
    — porter des **gants, lunettes de protection, blouse** et travailleur sous **hotte aspirante**. Il ne doit pas y avoir de contact ni d'inhalation.

Exercice 4-B : Analyse de l'eau d'un échantillon de glace

1. **Un acide est une espèce chimique capable de céder ou ou plusieurs protons**.
2. On établit d'abord les 2 demi-équations. On peut ensuite les sommer pour obtenir l'équation de la réaction. Première demi-équation pour $HNO_3/\ NO_3{}^-$:

$$HNO_3 = NO_3{}^- + H^+$$

H_2O apparaît dans 2 couples. Pour qu'une réaction se produise, il faut que l'acide d'un couple réagisse avec la base d'un autre couple. Ici, on veut faire réagir HNO_3 et H_2O. HNO_3 étant un acide, il faut que H_2O soit une base. Il faut donc choisir le couple H_3O^+/H_2O. Sa demi-équation est :

$$H_2O + H^+ = H_3O^+$$

En combinant les deux demi-équations, sachant que HNO_3 et H_2O réagissent ensemble :

$$HNO_3 + H_2O + H^+ = H_3O^+ + NO_3{}^- + H^+$$

En simplifiant les H^+, il vient

$$\boxed{HNO_3 + H_2O = H_3O^+ + NO_3{}^-}$$

3. Par définition du pH, pH$= -\log([H^+]) = -\log([H_3O^+])$. On a donc

$$-\mathrm{pH} = \log([H_3O^+]) \iff [H_3O^+] = 10^{-\mathrm{pH}}$$

Application numérique : $\boxed{[H_3O^+] = 10^{-6,2}\ \mathrm{mol/L}}$

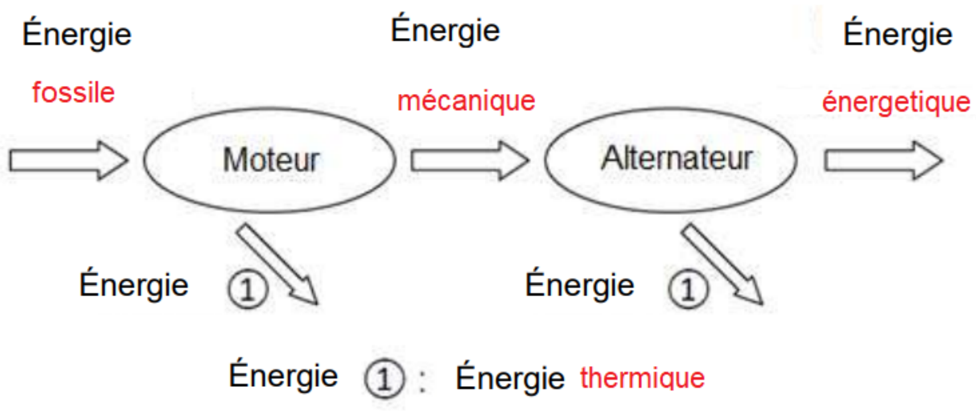
4. L'hypothèse de l'énoncé peut s'écrire : $CO_2 + H_2O = H_2CO_3$. Il y a ainsi formation d'acide carbonique. Le réaction entre l'acide carbonique et l'eau s'écrit, par analogie avec l'acide nitrique :

$$\boxed{H_2CO_3 + H_2O = H_3O^+ + HCO_3{}^-}$$

Donc la présence de dioxyde de carbone CO_2 se traduit par la formation d'ions H_3O^+. Et si $[H_3O^+]$ augmente, cela se traduira par une diminution du pH des échantillons de carottes de glace. Ainsi,

— **une augmentation de pH traduit une diminution du taux de CO_2** ;
— **une diminution de pH traduit une augmentation du taux de CO_2** .

5. Le **dioxyde de carbone** CO_2 est un produit libéré lors de la **combustion de l'octane (essence) ou bien du méthane**. Il s'agit d'un **gaz à effet de serre** (GES). C'est le contributeur principal du réchauffement climatique induit par l'homme.
6. Une énergie non renouvelable est une d'énergie qui **se renouvelle moins vite qu'on ne la consomme**. Le renouvellement se fait de manière négligeable à l'échelle de la vie humaine.
7. La chaîne énergétique est la suivante :



Un moteur thermique convertit une énergie fossile en une action mécanique. Un alternateur convertit une énergie mécanique en électricité. Dans tous les cas, il y a dissipation de chaleur.

8. Le rendement peut-être défini comme un rapport de puissance (ou d'énergie) :

$$\boxed{\eta = \frac{P_{\text{sortie}}}{P_{\text{entrée}}}}$$

La puissance en sortie est connue $P_{\text{sortie}} = 1\,800$ W.
Sachant que le moteur consomme 1L par heure, la débit massique qu'ingère le moteur est

$$Q = 1 \text{ L/h} \times 0,75 \text{ kg/L} = 0,75 \text{ kg/h}$$

Le produit du PCI avec ce débit massique sera donc homogène à une puissance :

$$P_{\text{entrée}} = \text{PCI} \times Q = 42,7 \times 10^3 \times 0,75 \text{ kJ/h} = 32\,025 \text{ kJ/h}$$

Or, 1 kJ/h= 1000 J/h= $\frac{1000}{3600}$ J/s = $\frac{1}{3,6}$ W.
D'où $\boxed{P_{\text{entrée}} = 8895 \text{ W}}$. Ainsi,

$$\boxed{\eta = 20\%}$$

C'est un **rendement extrêmement faible**! Mais pas étonnant car individuellement un moteur et un alternateur n'ont pas un rendement exceptionnel. Donc, en les mettant en série, il faut s'attendre à un rendement encore plus faible.