

BAC STI2D 2026
Correction épreuve de Physique-Chimie et Mathématiques
Mardi 16 juin 2026

EXERCICE 1 – Refroidir une boisson (4,5 points)

Question 1.

Pour refroidir rapidement une boisson **sans la diluer**, il faut choisir un glaçon qui n'est pas constitué d'eau, donc qui ne fondra pas et n'ajoutera pas d'eau dans la boisson.

Parmi les glaçons testés, les glaçons en **acier inoxydable** (courbe T_2) présentent la chute de température la plus rapide en début d'expérience sans changer de phase. Le glaçon traditionnel (glace, T_4) refroidit davantage mais il fond et dilue la boisson.

Réponse : On conseille le glaçon en acier inoxydable (T_2) pour refroidir sans diluer, car il maintient la température la plus basse parmi les glaçons non constitués d'eau.

Question 2.

D'après la notice, la précision du thermomètre est de $\pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$ pour une mesure entre $-30,0 \text{ }^\circ\text{C}$ et $120,0 \text{ }^\circ\text{C}$ (domaine dans lequel se situe $23,0 \text{ }^\circ\text{C}$).

La relation donnée est :

$$u(T) = \text{précision} / \sqrt{3} = 0,2 / \sqrt{3}$$

Calcul numérique :

$$u(T) = 0,1 \text{ }^\circ\text{C}$$

Réponse : $u(T) = 0,1 \text{ }^\circ\text{C}$

Question 3.

On écrit la mesure avec l'incertitude-type associée :

$$T = (23,0 \pm 0,1) \text{ }^\circ\text{C}$$

Question 4.

On dispose du modèle : $T_1(t) = 11,5 \times e^{-0,006t} + 11,5$

On calcule sa dérivée :

$$T_1'(t) = 11,5 \times (-0,006) \times e^{-0,006t} = -0,069 e^{-0,006t}$$

On substitue dans l'équation différentielle (E) : $y' + 0,006y = 0,069$:

$$\begin{aligned} T_1'(t) + 0,006 \times T_1(t) &= -0,069 \times e^{-0,006t} + 0,006 \times (11,5 \times e^{-0,006t} + 11,5) \\ &= -0,069 \times e^{-0,006t} + 0,069 \times e^{-0,006t} + 0,069 = 0,069 \quad \checkmark \end{aligned}$$

T_1 est bien solution (E).

On vérifie la condition initiale :

$$T_1(0) = 11,5 \times e^0 + 11,5 = 11,5 + 11,5 = 23 \quad \checkmark$$

Conclusion : T_1 est la solution de (E) vérifiant $T_1(0) = 23$.

Question 5.

Quand $t \rightarrow +\infty$, $e^{-0,006t} \rightarrow 0$, donc :

$$\lim_{(t \rightarrow +\infty)} T_1(t) = \lim_{(t \rightarrow +\infty)} [11,5 \times e^{-0,006t} + 11,5] = 0 + 11,5 = 11,5$$

$$\lim_{(t \rightarrow +\infty)} T_1(t) = 11,5 \text{ °C}$$

La température de la boisson tend vers 11,5 °C lorsque $t \rightarrow +\infty$.

Question 6.

3 heures = $3 \times 3600 = 10\,800$ s.

On calcule $T_1(10800)$:

$$T_1(10800) = 11,5 \times e^{(-0,006 \times 10800)} + 11,5 = 11,5 \times e^{(-64,8)} + 11,5$$

Or $e^{-64,8} \approx 0$, donc :

$$T_1(10800) \approx 11,5 \text{ °C}$$

Discussion du modèle : Le modèle prédit que la boisson atteint ~11,5 °C après trois heures. Cependant, la température extérieure est de 23,0 °C ; le modèle suppose que la boisson se refroidit indéfiniment vers 11,5 °C sans jamais se réchauffer. En réalité, une fois le glaçon consommé (si c'est de la glace) ou une fois l'équilibre thermique atteint avec l'extérieur, la boisson se réchauffera vers la température ambiante. Ce modèle n'est pas applicable à très long terme : il n'est valide que tant que le glaçon est présent et que l'échange thermique avec l'extérieur est négligeable.

Question 7.

Le glaçon se réchauffe de $T_i = -18,0 \text{ °C}$ à $T_s = 0,0 \text{ °C}$ (phase solide, pas de changement d'état).

On applique : $Q_1 = m \times c_{\text{glace}} \times (T_s - T_i)$

$$Q_1 = 34,0 \times 10^{-3} \text{ kg} \times 2,06 \times 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1} \times (0,0 - (-18,0))$$

$$\text{Réponse } Q_1 = 1,26 \times 10^3 \text{ J} = 1,26 \text{ kJ}$$

Question 8.

Le changement d'état (fusion) à 0,0 °C s'effectue à pression constante. On utilise : $Q_2 = m \times L_f$

$$Q_2 = 34,0 \times 10^{-3} \text{ kg} \times 333 \times 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$Q_2 = 1,13 \times 10^4 \text{ J} = 11,3 \text{ kJ}$$

Question 9.

L'eau issue de la fusion se réchauffe de $T_s = 0,0 \text{ °C}$ à $T_f = 11,8 \text{ °C}$ (phase liquide) :

$$Q_3 = m \times c_{\text{eau}} \times (T_f - T_s)$$

$$Q_3 = 34,0 \times 10^{-3} \times 4,18 \times 10^3 \times (11,8 - 0,0)$$

$$Q_3 = 1,68 \times 10^3 \text{ J} = 1,68 \text{ kJ}$$

Question 10.

On compare les trois énergies thermiques reçues par le glaçon :

$Q_1 \approx 1,26 \text{ kJ}$ (réchauffement de la glace de -18 °C à 0 °C)

$Q_2 \approx 11,3 \text{ kJ}$ (fusion de la glace à 0 °C) – **valeur la plus élevée**

$Q_3 \approx 1,68 \text{ kJ}$ (réchauffement de l'eau liquide de 0°C à $11,8^\circ\text{C}$)

Conclusion : L'étape la plus utile au refroidissement de l'eau est la **fusion** (changement d'état), car le glaçon absorbe l'énergie thermique $Q_2 = 11,3 \text{ kJ}$, soit environ 9 fois plus que Q_1 et 7 fois plus que Q_3 . C'est cette étape qui retire le plus d'énergie à l'eau de la boisson et la refroidit le plus efficacement.

EXERCICE 2 – Étude d'une Tiny House (5,5 points)

A. Étude de l'isolation d'une Tiny House

Question 1.

Les trois modes de transfert thermique sont :

- **La conduction :** transfert de chaleur au sein d'un matériau solide (ou entre deux solides en contact) par propagation de proche en proche, sans déplacement de matière.
- **La convection :** transfert de chaleur par déplacement d'un fluide (liquide ou gaz). La convection naturelle est due aux différences de densité liées aux variations de température.
- **Le rayonnement :** transfert de chaleur par émission et absorption d'ondes électromagnétiques (infrarouge notamment), pouvant se propager dans le vide.

Question 2.

Pour une paroi de $1,0 \text{ m}^2$ composée d'un seul matériau, la résistance thermique est :

$$R = e / \lambda$$

où e est l'épaisseur de la couche en mètres (m), λ est la conductivité thermique en $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot^\circ\text{C}^{-1}$.

L'unité de R est : $\text{m} / (\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot^\circ\text{C}^{-1}) = \text{m}^2\cdot^\circ\text{C}\cdot\text{W}^{-1}$

$$R = e / \lambda \quad (\text{unité : } \text{m}^2\cdot^\circ\text{C}\cdot\text{W}^{-1})$$

Question 3.

On calcule la résistance thermique de chaque couche pour $1,0 \text{ m}^2$ de paroi :

Bardage extérieur : $e = 19 \text{ mm} = 0,019 \text{ m}$, $\lambda = 0,090 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot^\circ\text{C}^{-1}$

$$R_{\text{ext}} = 0,019 / 0,090 = 0,21 \text{ m}^2\cdot^\circ\text{C}\cdot\text{W}^{-1}$$

Lame d'air : $e = 25 \text{ mm} = 0,025 \text{ m}$, $\lambda = 0,024 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot^\circ\text{C}^{-1}$

$$R_{\text{air}} = 0,025 / 0,024 = 1,0 \text{ m}^2\cdot^\circ\text{C}\cdot\text{W}^{-1}$$

Isolant : $e = 100 \text{ mm} = 0,100 \text{ m}$, $\lambda = 0,038 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot^\circ\text{C}^{-1}$

$$R_{\text{iso}} = 0,100 / 0,038 = 2,6 \text{ m}^2\cdot^\circ\text{C}\cdot\text{W}^{-1}$$

Bardage intérieur : $e = 10 \text{ mm} = 0,010 \text{ m}$, $\lambda = 0,14 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot^\circ\text{C}^{-1}$

$$R_{\text{int}} = 0,010 / 0,14 = 0,071 \text{ m}^2\cdot^\circ\text{C}\cdot\text{W}^{-1}$$

Question 4.

Les couches sont en série, donc les résistances s'additionnent :

$$R_{\text{paroi}} = R_{\text{ext}} + R_{\text{air}} + R_{\text{iso}} + R_{\text{int}}$$

$$R_{\text{paroi}} = 0,21 + 1,0 + 2,6 + 0,071$$

$$R_{\text{paroi}} \approx 3,9 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{W}^{-1} \text{ (valeur confirmée)}$$

Question 5.

On applique la formule du flux thermique surfacique :

$$\begin{aligned} \varphi &= (T_{\text{chaud}} - T_{\text{froid}}) / R_{\text{paroi}} \\ &= (20,0 - 0,0) / 3,9 \\ \varphi &= 20,0 / 3,9 \end{aligned}$$

$$\Phi = 5,1 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$$

Question 6.

On calcule la surface totale des murs de la Tiny House. Ses dimensions sont 6,6 m × 2,5 m × 4,0 m de hauteur. La Tiny House a 4 murs :

- 2 murs en longueur : $2 \times (6,6 \times 4,0) = 2 \times 26,4 = 52,8 \text{ m}^2$
- 2 murs en largeur : $2 \times (2,5 \times 4,0) = 2 \times 10,0 = 20,0 \text{ m}^2$

$$S_{\text{totale}} = 52,8 + 20,0 = 72,8 \text{ m}^2$$

Le flux thermique total traversant les murs est :

$$\Phi = \varphi \times S_{\text{totale}} = 5,1 \times 72,8$$

$$\Phi \approx 3,7 \times 10^2 \text{ W}$$

Question 7.

Propositions d'amélioration : Pour limiter les déperditions thermiques, on peut :

- Augmenter l'épaisseur de l'isolant, ce qui augmente R_{paroi} , réduisant ainsi le flux Φ .
- Utiliser un isolant de meilleure qualité (conductivité λ plus faible).
- Doubler la lame d'air

B. Autonomie électrique de la Tiny House

Question 8.

La chaîne énergétique d'un panneau photovoltaïque est :

Énergie lumineuse (solaire) → Panneau photovoltaïque → Énergie électrique (utile) + Énergie thermique (perdue)

Question 9.

On calcule d'abord la puissance électrique totale consommée simultanément par tous les appareils :

Appareil	Nbre	Durée (h)	P (W)	E (Wh) $P \times \Delta t$
5 ampoules LED	5	4	5	$5 \times 5 \times 4 = 100$
Télévision	1	4	100	400
Chargeurs (3)	3	0,75	40	$3 \times 40 \times 0,75 = 90$
Ordinateur	1	4	75	300

Enceinte	1	3	50	150
Réfrigérateur A++	1	24	16	384
TOTAL			366 W	1 424 Wh = 1,42 kWh

Critère 1 – Puissance instantanée totale : La puissance totale simultanée est

$$P_{\text{totale}} = 5 \times 5 + 100 + 3 \times 40 + 75 + 50 + 16 = 25 + 100 + 120 + 75 + 50 + 16 = 386 \text{ W.}$$

Pour alimenter simultanément tous les appareils, le panneau solaire doit fournir au minimum 386 W en continu.

Critère 2 – Énergie journalière : La consommation totale journalière est

$$E_{\text{totale}} = 1,42 \text{ kWh.}$$

La batterie doit stocker au moins 1,42 kWh pour assurer 24 h d'autonomie.

Analyse des kits :

- KIT 1 : 350 W (insuffisant pour 386 W), batterie 1,44 kWh (limite). Éliminé sur la puissance.
- KIT 2 : 420 W $\geq$ 386 W ✓ ; batterie 2,05 kWh $\geq$ 1,42 kWh ✓ ; prix 1 037,99 €
- KIT 3 : 700 W ✓ ; batterie 2,05 kWh ✓ ; prix 2 336,99 € (plus cher sans nécessité)
- KIT 4 : 840 W ✓ ; batterie 1,14 kWh $<$ 1,42 kWh X. Éliminé sur la batterie.

Le KIT 2 (Sharp 420W – Bluetti AC200MAX, 1 037,99 €) est le plus approprié : il satisfait les deux critères (puissance $\geq$ 386 W et batterie $\geq$ 1,42 kWh) au meilleur coût.

EXERCICE 3 – Mathématiques (4 points)

Question 1.

1. La région hachurée est délimitée par la courbe C_x de f et l'axe des abscisses, pour $x \in [0; 2]$. Comme $f(x) \geq 0$ sur $[0; 2]$, l'aire vaut :

$$A = \int_0^2 f(x) dx = \int_0^2 (8x + 1) e^{(-x)} dx$$

$$A = \int_0^2 (8x + 1) e^{(-x)} dx$$

2. F est une primitive de f sur $\mathbb{R}$ avec $F(x) = -(8x + 9) e^{(-x)}$. On calcule :

$$A = [F(x)]_0^2 = F(2) - F(0)$$

Calcul de $F(2)$:

$$F(2) = -(8 \times 2 + 9) \times e^{(-2)} = -(16 + 9) \times e^{(-2)} = -25 e^{(-2)}$$

Calcul de $F(0)$:

$$F(0) = -(8 \times 0 + 9) \times e^0 = -9 \times 1 = -9$$

Donc :

$$A = F(2) - F(0) = -25 e^{(-2)} - (-9) = 9 - 25 e^{(-2)}$$

$$A = 9 - 25 e^{(-2)} \text{ (valeur exacte) } = 5,62 \text{ unités d'aire (arrondi à } 10^{-2} \text{)}$$

Question 2.

1. On a $g(x) = 2x + 1 + 4 \ln(x)$ pour $x \in]0 ; +\infty[$. On dérive terme à terme :

- La dérivée de $2x$ est 2.
- La dérivée de 1 est 0.
- La dérivée de $4 \ln(x)$ est $4/x$.

Donc :

$$g'(x) = 2 + 4/x = (2x + 4) / x$$

$$g'(x) = (2x + 4) / x \quad \checkmark$$

2.

Pour tout $x \in]0 ; +\infty[$:

- $x > 0$, donc le dénominateur x est strictement positif.
- $2x + 4 = 2(x + 2)$; comme $x > 0$, on a $x + 2 > 2 > 0$, donc $2x + 4 > 0$.

Ainsi $g'(x) = (2x + 4)/x > 0$ pour tout $x \in]0 ; +\infty[$.

g est strictement croissante sur $]0 ; +\infty[$.

Question 3.

On cherche à écrire $z = -2\sqrt{3} + 2i$ sous la forme $r \times e^{i\theta}$.

Étape 1 : Calcul du module r

$$|z| = \sqrt{(-2\sqrt{3})^2 + 2^2} = \sqrt{4 \times 3 + 4} = \sqrt{12 + 4} = \sqrt{16} = 4$$

Étape 2 : Détermination de l'argument θ

On écrit $z = r(\cos \theta + i \sin \theta)$, soit :

$$\cos \vartheta = (-2\sqrt{3}) / 4 = -\sqrt{3}/2 \quad \text{et} \quad \sin \vartheta = 2/4 = 1/2$$

D'après le cercle trigonométrique :

$\cos \theta = -\sqrt{3}/2$ et $\sin \theta = 1/2$ correspond à $\theta = 5\pi/6$ (2^e quadrant : $\cos < 0$, $\sin > 0$).

Vérification : $\cos(5\pi/6) = -\sqrt{3}/2 \quad \checkmark$ et $\sin(5\pi/6) = 1/2 \quad \checkmark$

Étape 3 : Écriture exponentielle

$$z = 4 \times e^{i 5\pi/6}$$

EXERCICE 4 – Rouler avec une pile à combustible (6 points)

Question 1.

Signification des pictogrammes sur la bouteille de dihydrogène :

- 1 pictogramme : le dihydrogène est un gaz extrêmement inflammable. Il peut s'enflammer facilement en présence d'une source d'ignition.
- 2 pictogrammes : le produit est contenu sous pression élevée dans la bouteille. Un choc ou une surchauffe peut provoquer une explosion.

Question 2.

- **Dihydrogène H_2** : À l'anode, H_2 perd des électrons ($H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$).

H_2 cède des électrons : il est **oxydé**. Il est donc un **réducteur**.

- **Dioxygène O_2** : À la cathode, O_2 gagne des électrons ($O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$).

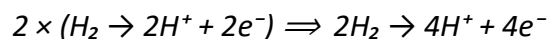
O_2 capte des électrons : il est **réduit**. Il est donc un **oxydant**.

Question 3.

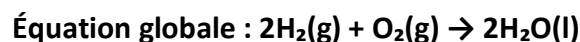
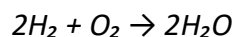
- **Demi-équation à l'anode ①** : $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$ est une **oxydation** (perte d'électrons).
- **Demi-équation à la cathode ②** : $O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$ est une **réduction** (gain d'électrons).

Question 4.

Pour établir l'équation globale, on équilibre les échanges d'électrons en multipliant la demi-équation ① par 2 :



On additionne les deux demi-équations et on simplifie les $4H^+$ et $4e^-$:



Question 5.

La cellule C1886 contient la formule =MOYENNE(C2:C1884), c'est-à-dire la moyenne de toutes les valeurs de la colonne C (P_{pile} en W) sur toute la durée de l'expérience.

La valeur 24,04 W affichée dans C1886 représente la puissance électrique moyenne fournie par la pile à combustible pendant la durée du test.

Question 6.

D'après la dernière ligne du tableau visible (ligne 1884, $t = 17\,687$ ms), la valeur de E_{pile} est lue en colonne F.

La dernière valeur de E_{pile} affichée est 425,71 J.

L'énergie totale fournie par la pile pendant $\Delta t \approx 17,7$ s est $E_{pile} = 425,71$ J

Question 7.

La puissance moyenne est donnée par :

$$\begin{aligned} P_{moy} &= E_{pile} / \Delta t \\ &= 425,71 / 17,7 \end{aligned}$$

$$P_{moy} = 24,1 \text{ W}$$

Cette valeur est très proche de la valeur affichée en C1886 (24,04 W), ce qui est cohérent : la moyenne des puissances instantanées et l'énergie totale divisée par la durée donnent le même résultat, conformément à la définition de la puissance moyenne.

Question 8.

La quantité d'électricité fournie par la pile avec une intensité constante $I = 2,70 \text{ A}$ pendant $\Delta t \approx 17,7 \text{ s}$:

$$\begin{aligned} Q &= I \times \Delta t \\ &= 2,70 \times 17,7 \end{aligned}$$

$$Q = 47,8 \text{ C}$$

Question 9.

On utilise la relation $Q = n(e^-) \times F$, d'où :

$$\begin{aligned} n(e^-) &= Q / F \\ &= 47,8 / 96\,485 \end{aligned}$$

$$n(e^-) = 4,95 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

Question 10.

D'après la demi-équation à l'anode : $\text{H}_2 \rightarrow 2\text{H}^+ + 2e^-$

Une mole de H_2 libère 2 moles d'électrons, donc :

$$\begin{aligned} n(\text{H}_2) &= n(e^-) / 2 \\ &= 4,95 \times 10^{-4} / 2 \end{aligned}$$

$$n(\text{H}_2) \approx 2,48 \times 10^{-4} \text{ mol} \quad \checkmark$$

Question 11.

La réaction dans la pile est : $2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$

Le dihydrogène contenu dans la cartouche est consommé et transformé en eau liquide. Mais l'eau produite reste dans le système (la pile). La masse de la cartouche diminue de la masse de H_2 consommé, MAIS l'eau produite à l'intérieur de la pile n'est pas pesée avec la cartouche.

Calcul de la masse de H_2 consommée :

$$M(\text{H}_2) = 2 \times M(\text{H}) = 2 \times 1,0 = 2,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\begin{aligned} m(\text{H}_2) &= n(\text{H}_2) \times M(\text{H}_2) \\ &= 2,5 \times 10^{-4} \times 2,0 \end{aligned}$$

$$m(\text{H}_2) = 5,0 \times 10^{-4} \text{ g} = 0,50 \text{ mg}$$

Cette masse est extrêmement faible (0,5 mg) par rapport à la précision de la balance affichant des valeurs en grammes (résolution apparente $\sim 0,01 \text{ g}$). La perte de masse est donc inférieure à la résolution de la balance et ne peut pas être détectée : la balance affiche la même valeur avant et après l'expérience.

La masse de H_2 consommée (0,50 mg) est bien inférieure à la résolution de la balance ($\sim 10 \text{ mg}$) : la variation de masse n'est pas mesurable.

Question 12.

La longueur d'onde est liée à la fréquence par la relation $\lambda = c / f$:

$$\lambda = c / f = (3,00 \times 10^8) / (2,60 \times 10^9)$$

$$\lambda \approx 0,115 \text{ m} = 11,5 \text{ cm}$$

Question 13.

D'après la photo, l'antenne de la télécommande mesure environ 6 cm (on lit sur la règle une longueur d'environ 6 cm).

On cherche n tel que $L = \lambda / n$:

$$n = \lambda / L = 0,115 / 0,06 = 1,9 \approx 2$$

On a donc $L \approx \lambda / 2$.

L'antenne de la télécommande est une antenne demi-onde ($L = \lambda / 2$), cohérent avec la mesure visible sur la photo.
