Corrigé

Baccalauréat général — Spécialité Physique-Chimie

Métropole – Jour 1 – Session de remplacement 2024

Épreuve du mercredi 11 septembre 2024 — Durée 3 h 30 (24-PYCJ1ME3)

Exercice 1 — L'acide citrique, produit ménager

(9 pts)

RAPPEL

Acide citrique, triacide noté $\mathrm{H_3A}$, $M = 192{,}1\ \mathrm{g \cdot mol^{-1}}$; $\mathrm{p}K_{\mathrm{A1}} = 3{,}1$, $\mathrm{p}K_{\mathrm{A2}} = 4{,}8$, $\mathrm{p}K_{\mathrm{A3}} = 6{,}4$; $c^\circ = 1\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$. Solution étudiée en partie 1 : $c = 2{,}6 \times 10^{-2}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$, $\mathrm{pH} \approx 2{,}3$.

Partie 1 — Propriétés de l'acide citrique

Q1. Groupes caractéristiques.

RÉPONSE

Groupe 1 : groupe **carboxyle** $-\mathrm{COOH}$ (famille des acides carboxyliques) ; groupe 2 : groupe **hydroxyle** $-\mathrm{OH}$ (famille des alcools). Les propriétés acides dans l'eau sont dues aux trois groupes carboxyle, qui peuvent céder un ion $\mathrm{H^+}$.

Q2. Spectre infrarouge.

MÉTHODE

Associer chaque bande caractéristique à une liaison du tableau (nombre d'onde et allure), en tenant compte du changement d'échelle de l'axe à $2\,000\ \mathrm{cm^{-1}}$.

- bande fine et intense vers $3\,500\ \mathrm{cm^{-1}}$, dans la plage $3\,100$–$3\,500\ \mathrm{cm^{-1}}$: liaison O–H d'un alcool ;
- bande forte vers $3\,300\ \mathrm{cm^{-1}}$ se prolongeant par un large massif jusque vers $2\,600\ \mathrm{cm^{-1}}$: liaison O–H d'un acide carboxylique ;
- double bande forte et fine vers $1\,700$–$1\,750\ \mathrm{cm^{-1}}$: liaison C=O ;
- bandes fortes vers $1\,200$–$1\,250\ \mathrm{cm^{-1}}$: liaison C–O.

RÉPONSE

Le spectre présente les bandes des liaisons O–H (alcool et acide carboxylique), C=O et C–O, toutes présentes dans la molécule d'acide citrique : il est compatible avec sa structure.

Q3. Différence de solubilité.

RÉPONSE

L'acide citrique possède de nombreux groupes polaires $-\mathrm{OH}$ et $-\mathrm{COOH}$: la molécule est polaire et établit de nombreuses liaisons hydrogène avec les molécules d'eau, elle-même polaire. L'hexane, formé uniquement de liaisons C–C et C–H, est apolaire et ne forme pas de liaisons hydrogène : il est quasi insoluble dans l'eau.

Q4. Attribution des courbes du diagramme de distribution.

MÉTHODE

Une forme acide-base prédomine dans l'intervalle de pH compris entre les $\mathrm{p}K_\mathrm{A}$ de ses deux couples ; deux espèces conjuguées sont en proportions égales (croisement de leurs courbes) pour $\mathrm{pH} = \mathrm{p}K_\mathrm{A}$.



RÉPONSE

Courbe 1 (maximum vers $\mathrm{pH} \approx 4$, entre $3{,}1$ et $4{,}8$) : $\mathrm{H_2A^-}$. Courbe 2 (maximum vers $\mathrm{pH} \approx 5{,}6$, entre $4{,}8$ et $6{,}4$) : $\mathrm{HA^{2-}}$. Courbe 3 (proche de $100\,\%$ pour les pH élevés) : $\mathrm{A^{3-}}$. Les courbes 1 et 2 se croisent bien à $\mathrm{pH} = 4{,}8 = \mathrm{p}K_{\mathrm{A}2}$ et les courbes 2 et 3 à $\mathrm{pH} = 6{,}4 = \mathrm{p}K_{\mathrm{A}3}$. La courbe de $\mathrm{H_3A}$, prédominant pour $\mathrm{pH} < 3{,}1$, n'est pas tracée.

Q5. Proportions à $\mathrm{pH} = 2{,}3$.

À $\mathrm{pH} = 2{,}3$, la courbe 1 ($\mathrm{H_2A^-}$) indique une proportion d'environ $15\,\%$. Les espèces $\mathrm{HA^{2-}}$ et $\mathrm{A^{3-}}$ sont absentes ; le reste est l'acide $\mathrm{H_3A}$.

RÉPONSE

Environ $15\,\%$ de $\mathrm{H_2A^-}$ et $100 - 15 = 85\,\%$ de $\mathrm{H_3A}$.

Q6. Concentrations à $\mathrm{pH} = 2{,}3$.

$$[\mathrm{H_3A}]_{\text{éq}} = 0{,}85 \times 2{,}6 \times 10^{-2} \approx 2{,}2 \times 10^{-2}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$$
$$[\mathrm{H_2A^-}]_{\text{éq}} = 0{,}15 \times 2{,}6 \times 10^{-2} \approx 3{,}9 \times 10^{-3}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}.$$

RÉPONSE

On retrouve $[\mathrm{H_3A}]_{\text{éq}} \approx 2{,}2 \times 10^{-2}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$ et $[\mathrm{H_2A^-}]_{\text{éq}} \approx 3{,}9 \times 10^{-3}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$.

Q7. Constante d'acidité et rapport des concentrations.

$$K_{\mathrm{A}1} = \frac{[\mathrm{H_2A^-}]_{\text{éq}}\,[\mathrm{H_3O^+}]_{\text{éq}}}{[\mathrm{H_3A}]_{\text{éq}}\,c^\circ} \iff \log K_{\mathrm{A}1} = \log \frac{[\mathrm{H_2A^-}]_{\text{éq}}}{[\mathrm{H_3A}]_{\text{éq}}} + \log \frac{[\mathrm{H_3O^+}]_{\text{éq}}}{c^\circ}$$
$$\iff -\mathrm{p}K_{\mathrm{A}1} = \log \frac{[\mathrm{H_2A^-}]_{\text{éq}}}{[\mathrm{H_3A}]_{\text{éq}}} - \mathrm{pH}.$$

RÉPONSE

$\log \dfrac{[\mathrm{H_2A^-}]_{\text{éq}}}{[\mathrm{H_3A}]_{\text{éq}}} = \mathrm{pH} - \mathrm{p}K_{\mathrm{A}1}$, soit $\dfrac{[\mathrm{H_2A^-}]_{\text{éq}}}{[\mathrm{H_3A}]_{\text{éq}}} = 10^{\mathrm{pH}-\mathrm{p}K_{\mathrm{A}1}}$.

Q8. Cohérence avec le diagramme.

$$10^{\mathrm{pH}-\mathrm{p}K_{\mathrm{A}1}} = 10^{2{,}3-3{,}1} = 10^{-0{,}8} \approx 0{,}16 \qquad \frac{[\mathrm{H_2A^-}]_{\text{éq}}}{[\mathrm{H_3A}]_{\text{éq}}} = \frac{3{,}9 \times 10^{-3}}{2{,}2 \times 10^{-2}} \approx 0{,}18.$$

RÉPONSE

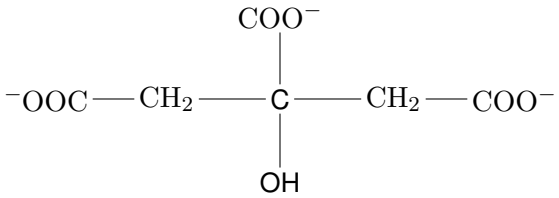
Les deux valeurs sont très proches ($0{,}16$ et $0{,}18$) : les proportions lues sur le diagramme sont cohérentes avec la relation de Q7, l'écart venant de l'imprécision de la lecture graphique et du pH ($\approx 2{,}3$). Le rapport $0{,}16$ correspond à $14\,\%$ de $\mathrm{H_2A^-}$ et $86\,\%$ de $\mathrm{H_3A}$.

Partie 2 — Titrage de l'acide citrique

RAPPEL

$V_{\text{jus}} = 46\ \mathrm{mL}$, jus dilué 10 fois ; prise d'essai $V_{\text{dilué}} = 25{,}0\ \mathrm{mL}$; soude $c_{\mathrm{B}} = 2{,}5 \times 10^{-1}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$; $\mathrm{H_3A\,(aq) + 3\,HO^-\,(aq) \longrightarrow A^{3-}\,(aq) + 3\,H_2O\,(l)}$.

Q9. Formule semi-développée de l'ion $\mathrm{A^{3-}}$.



RÉPONSE

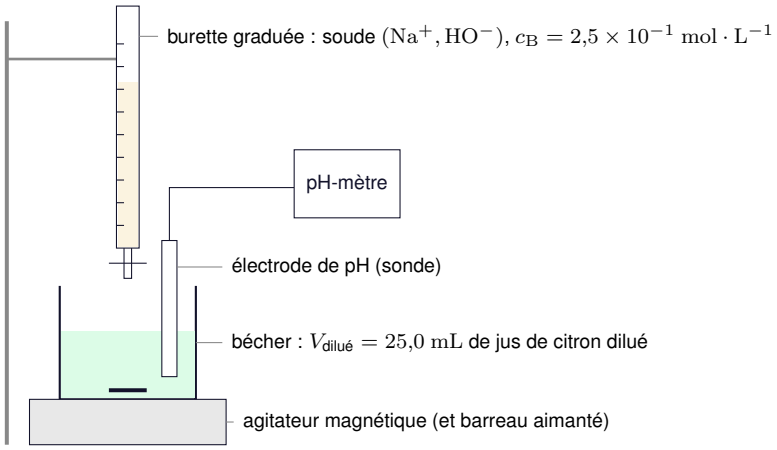
Chacun des trois groupes carboxyle $-\mathrm{COOH}$ a cédé un ion $\mathrm{H^+}$ et devient un groupe carboxylate $-\mathrm{COO^-}$; le groupe hydroxyle est inchangé.

Q10. Dilution au dixième du jus.

RÉPONSE

Prélever $10{,}0\ \mathrm{mL}$ de jus filtré avec une **pipette jaugée de** $10{,}0\ \mathrm{mL}$ munie d'une propipette ; les verser dans une **fiole jaugée de** $100{,}0\ \mathrm{mL}$; ajouter de l'eau distillée aux trois quarts, boucher et agiter ; compléter jusqu'au trait de jauge et homogénéiser. Le rapport des volumes, $100{,}0/10{,}0 = 10$, est le facteur de dilution ; la verrerie jaugée donne des volumes précis.

Q11. Schéma du dispositif de titrage.



Q12. Choix de l'indicateur coloré.

MÉTHODE

L'équivalence correspond au maximum de la dérivée $\mathrm{d}\mathrm{pH}/\mathrm{d}V$. Un indicateur convient si sa zone de virage contient le pH à l'équivalence.

Le pic de la dérivée est atteint pour $V_E \approx 8{,}4\ \mathrm{mL}$; le pH vaut alors environ 9 (point d'inflexion du saut, entre $7{,}6$ et $10{,}7$).

RÉPONSE

La **phénolphtaléine** convient : sa zone de virage $(8{,}2\text{–}10{,}0)$ contient le pH à l'équivalence (≈ 9). Avant l'équivalence le milieu est acide et l'indicateur incolore ; après, la soude est en excès et le milieu basique : la solution passe de l'**incolore** au **rose** à l'équivalence.

Q13. Masse d'acide citrique dans le citron (résolution de problème).

MÉTHODE

1. À l'équivalence, les réactifs sont dans les proportions de l'équation : $n(\mathrm{H_3A}) = n(\mathrm{HO^-})_{\text{versé}}/3 = c_\mathrm{B}\,V_E/3$. **2.** Remonter à la concentration du jus (facteur de dilution 10), puis à la quantité dans les $46\ \mathrm{mL}$ de jus. **3.** $m = n \times M$.

$$n_{\text{dosé}} = \frac{c_\mathrm{B}\,V_E}{3} = \frac{2{,}5\times10^{-1}\times 8{,}4\times10^{-3}}{3} = 7{,}0\times10^{-4}\ \mathrm{mol}$$

$$c_{\text{dilué}} = \frac{7{,}0\times10^{-4}}{25{,}0\times10^{-3}} = 2{,}8\times10^{-2}\ \mathrm{mol\cdot L^{-1}}$$

$$c_{\text{jus}} = 10\times c_{\text{dilué}} = 0{,}28\ \mathrm{mol\cdot L^{-1}} \qquad n_{\text{citron}} = c_{\text{jus}}\,V_{\text{jus}} = 0{,}28\times46\times10^{-3} \approx 1{,}3\times10^{-2}\ \mathrm{mol}$$

$$m = n_{\text{citron}} \times M = 1{,}29\times10^{-2}\times192{,}1 \approx 2{,}5\ \mathrm{g}.$$

RÉPONSE

Un citron contient environ $2{,}5\ \mathrm{g}$ d'acide citrique.

Q14. La pelle doseuse vaut-elle 10 citrons ?

$$N = \frac{23}{2{,}47} \approx 9{,}3.$$

RÉPONSE

Une pelle doseuse apporte autant d'acide citrique qu'environ 9 citrons : l'indication « 1 pelle doseuse = la puissance de 10 citrons » est cohérente en ordre de grandeur. La quantité d'acide varie d'un citron à l'autre (taille, maturité) et le jus n'a pas été extrait en totalité : l'indication de l'emballage reste une valeur arrondie.

Exercice 2 — La découverte de Neptune

(5 pts)

RAPPEL

Uranus : $a_{\text{Réf U}} = 19{,}2$ UA, $T_{\text{Réf U}} = 84{,}1$ ans ; Neptune : $T_{\text{Réf N}} = 165$ ans, $a_{\text{Verrier N}} = 36{,}2$ UA (prévision de Le Verrier), $d_{\text{T–N}} = 4{,}4 \times 10^9$ km, $D = 4{,}95 \times 10^4$ km. Pouvoir séparateur de l'œil : 3×10^{-4} rad. Lunette de Berlin : $f'_1 = 4{,}27$ m, $f'_2 = 28$ mm.

Partie 1 — Les prévisions de Le Verrier

Q1. Position du Soleil.

RÉPONSE

Le Soleil occupe l'un des deux **foyers** de l'ellipse : c'est la première loi de **Kepler**.

Q2. Comparaison des périodes.

RÉPONSE

Le rapport T^2/a^3 est le même pour les deux planètes (troisième loi de Kepler). Neptune étant plus éloignée du Soleil qu'Uranus, $a_{\text{N}} > a_{\text{U}}$, donc $T_{\text{N}}^2 = T_{\text{U}}^2 \times (a_{\text{N}}/a_{\text{U}})^3 > T_{\text{U}}^2$: la période de révolution de Neptune est plus grande.

Q3. Période prévue par Le Verrier.

$$\frac{T_{\text{Verrier N}}^2}{a_{\text{Verrier N}}^3} = \frac{T_{\text{Réf U}}^2}{a_{\text{Réf U}}^3} \iff T_{\text{Verrier N}} = T_{\text{Réf U}} \left(\frac{a_{\text{Verrier N}}}{a_{\text{Réf U}}}\right)^{3/2} = 84{,}1 \times \left(\frac{36{,}2}{19{,}2}\right)^{3/2} \approx 218 \text{ ans.}$$

RÉPONSE

$T_{\text{Verrier N}} \approx 218$ ans (les demi-grands axes peuvent rester en UA, seul leur rapport intervient).

Q4. Accord avec la valeur de référence.

$$\frac{|T_{\text{Verrier N}} - T_{\text{Réf N}}|}{u(T_{\text{Verrier N}})} = \frac{|218 - 165|}{13} \approx 4{,}1.$$

RÉPONSE

Le quotient vaut environ $4{,}1 > 2$: la période prévue par Le Verrier n'est pas en accord avec la valeur de référence actuelle.

Q5. Comparaison des orbites (figure 2).

RÉPONSE

Sur la figure 2, l'orbite prédite par Le Verrier est extérieure à l'orbite réelle de Neptune : le demi-grand axe prévu est plus grand que le demi-grand axe réel. D'après la troisième loi de Kepler, un demi-grand axe plus grand donne une période plus grande : c'est cohérent avec $T_{\text{Verrier N}} \approx 218$ ans $> T_{\text{Réf N}} = 165$ ans.

Partie 2 — Observation de Neptune

Q6. Diamètre apparent de Neptune à l'œil nu.

$\tan\theta = \dfrac{D}{d_{\mathrm{T-N}}}$ et $\tan\theta \approx \theta$:

$$\theta = \frac{4{,}95 \times 10^{4}}{4{,}4 \times 10^{9}} \approx 1{,}1 \times 10^{-5}\ \text{rad}.$$

RÉPONSE

$\theta \approx 1{,}1 \times 10^{-5}$ rad (les deux longueurs en kilomètres) : c'est bien inférieur au pouvoir séparateur de l'œil, Neptune apparaît comme un point à l'œil nu.

Q7. Lunette afocale.

RÉPONSE

Le foyer image F_1' de l'objectif est confondu avec le foyer objet F_2 de l'oculaire : l'image intermédiaire d'un objet à l'infini se forme dans le plan focal image de l'objectif, qui est aussi le plan focal objet de l'oculaire ; l'image finale est donc rejetée à l'infini. Une lunette qui donne d'un objet à l'infini une image à l'infini est afocale.

Q8. Marche des rayons.

MÉTHODE

Le rayon passant par $\mathrm{O_1}$ n'est pas dévié et coupe le plan focal image de l'objectif en $\mathrm{B_1}$; les autres rayons parallèles convergent aussi en $\mathrm{B_1}$. $\mathrm{B_1}$ étant dans le plan focal objet de l'oculaire, les rayons émergent parallèles à la droite $(\mathrm{B_1O_2})$ (rayon non dévié de construction).

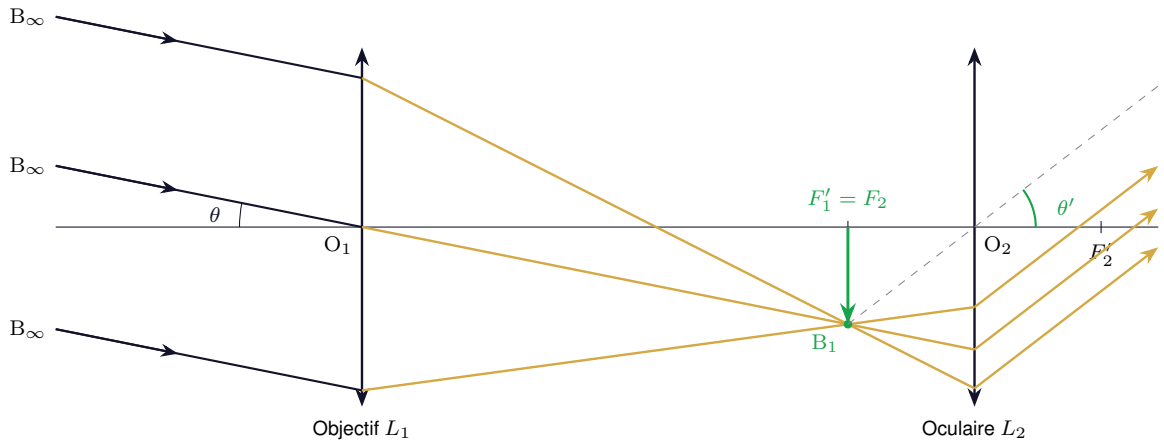


Schéma qualitatif, aux proportions de l'annexe ; θ' est l'angle entre l'axe et les rayons émergents (parallèles à $(\mathrm{B_1O_2})$).

Q9. Grossissement et diamètre apparent dans la lunette (résolution de problème).

MÉTHODE

Dans les triangles rectangles $\mathrm{O_1A_1B_1}$ et $\mathrm{O_2A_1B_1}$ (avec $\mathrm{A_1} = F_1' = F_2$) : $\tan\theta = \mathrm{A_1B_1}/f_1'$ et $\tan\theta' = \mathrm{A_1B_1}/f_2'$. Approximation des petits angles, puis $G = \theta'/\theta$.

$$\theta \approx \frac{\mathrm{A_1B_1}}{f_1'} \quad \text{et} \quad \theta' \approx \frac{\mathrm{A_1B_1}}{f_2'} \iff G = \frac{\theta'}{\theta} = \frac{f_1'}{f_2'} = \frac{4{,}27}{28 \times 10^{-3}} \approx 1{,}5 \times 10^{2}$$

$$\theta' = G\,\theta = 152{,}5 \times 1{,}125 \times 10^{-5} \approx 1{,}7 \times 10^{-3}\ \text{rad}.$$

RÉPONSE

$G = f'_1/f'_2 \approx 1{,}5 \times 10^2$ et $\theta' \approx 1{,}7 \times 10^{-3}$ rad, près de six fois le pouvoir séparateur de l'œil (3×10^{-4} rad) : deux points diamétralement opposés du disque de Neptune peuvent être distingués. Neptune n'apparaît donc pas comme un point mais comme un petit disque, ce qui confirme la phrase de Le Verrier.

Exercice 3 — Une bouteille isotherme

(6 pts)

RAPPEL

Eau froide $m_{\text{EF}} = 300$ g à $\theta_{\text{EF}} = 15$ °C (vase à la même température) ; eau chaude $m_{\text{EC}} = 100$ g à $\theta_{\text{EC}} = 60$ °C ; $\theta_{\text{éq}} = 26$ °C ; $c_{\text{E}} = 4{,}18 \times 10^3$ J · kg^{-1} · K^{-1} ; vase $m_1 = 100$ g ; $\theta_{\text{ext}} = 19$ °C, $\Delta t = 180$ s, $R = 23$ K · W^{-1}.

Partie 1 — Constitution et échanges thermiques

Q1. Rôle des ressorts et du support.

RÉPONSE

Ils limitent la surface de contact entre le vase interne et la bouteille extérieure : ils minimisent les transferts thermiques par **conduction**.

Q2. Surfaces réfléchissantes.

RÉPONSE

Des surfaces réfléchissantes renvoient le rayonnement (infrarouge) au lieu de l'absorber : elles limitent les transferts thermiques par **rayonnement**, vers l'extérieur pour un liquide chaud, vers l'intérieur pour un liquide froid.

Q3. Gaz à très basse pression.

RÉPONSE

Un gaz à très basse pression contient très peu de particules : la conduction et la convection, qui nécessitent un milieu matériel, y sont quasi inexistantes. Ce quasi-vide isole très efficacement le vase interne.

Partie 2 — Capacité thermique du vase interne

Q4. Premier principe : $\Delta U_{\text{S}} = 0$.

RÉPONSE

Premier principe : $\Delta U_{\text{S}} = W + Q$. L'hypothèse 1 donne $Q = 0$ (pas de transfert thermique avec l'extérieur) et l'hypothèse 2 donne $W = 0$; donc $\Delta U_{\text{S}} = 0$.

Q5. Expression de C_{Vase}.

$$C_{\text{Vase}}\,(\theta_{\text{éq}} - \theta_{\text{EF}}) + m_{\text{EF}}\,c_{\text{E}}\,(\theta_{\text{éq}} - \theta_{\text{EF}}) + m_{\text{EC}}\,c_{\text{E}}\,(\theta_{\text{éq}} - \theta_{\text{EC}}) = 0$$

$$\iff C_{\text{Vase}}\,(\theta_{\text{éq}} - \theta_{\text{EF}}) = m_{\text{EC}}\,c_{\text{E}}\,(\theta_{\text{EC}} - \theta_{\text{éq}}) - m_{\text{EF}}\,c_{\text{E}}\,(\theta_{\text{éq}} - \theta_{\text{EF}})$$

$$\iff C_{\text{Vase}} = \frac{m_{\text{EC}}\,c_{\text{E}}\,(\theta_{\text{EC}} - \theta_{\text{éq}})}{\theta_{\text{éq}} - \theta_{\text{EF}}} - m_{\text{EF}}\,c_{\text{E}}.$$

RÉPONSE

$$C_{\text{Vase}} = \frac{m_{\text{EC}}\, c_{\text{E}}\, (\theta_{\text{EC}} - \theta_{\text{éq}})}{\theta_{\text{éq}} - \theta_{\text{EF}}} - m_{\text{EF}}\, c_{\text{E}}.$$

Q6. Valeur de C_{Vase}.

$$C_{\text{Vase}} = \frac{0{,}100 \times 4{,}18 \times 10^3 \times (60 - 26)}{26 - 15} - 0{,}300 \times 4{,}18 \times 10^3 \approx 1\,292 - 1\,254 \approx 38\ \text{J} \cdot \text{K}^{-1}.$$

RÉPONSE

$C_{\text{Vase}} \approx 38\ \text{J} \cdot \text{K}^{-1}$ (masses en kilogrammes ; les écarts de température s'expriment indifféremment en °C ou en K).

Q7. Capacité thermique massique du vase.

$$c_{\text{Vase}} = \frac{C_{\text{Vase}}}{m_1} = \frac{38}{0{,}100} = 3{,}8 \times 10^2\ \text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}.$$

RÉPONSE

$c_{\text{Vase}} \approx 380\ \text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, valeur la plus proche de celle de l'**acier inoxydable** ($450\ \text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$), matériau courant pour les bouteilles isothermes. L'écart s'explique par l'imprécision de la méthode : C_{Vase} est la différence de deux termes voisins ($1\,292$ et $1\,254\ \text{J} \cdot \text{K}^{-1}$), si bien qu'une petite erreur sur les températures modifie fortement le résultat.

Q8. Flux thermique vers l'extérieur.

$$\Phi_{\text{ext}} = \frac{\theta_{\text{S}} - \theta_{\text{ext}}}{R} = \frac{26 - 19}{23} \approx 0{,}30\ \text{W}.$$

RÉPONSE

$\Phi_{\text{ext}} \approx 0{,}3\ \text{W}$, du système vers l'extérieur (plus froid).

Q9. Énergie échangée pendant l'expérience.

$$Q_{\text{ext}} = \Phi_{\text{ext}}\, \Delta t = 0{,}30 \times 180 \approx 55\ \text{J}.$$

RÉPONSE

Q_{ext} est de l'ordre de $5 \times 10^1\ \text{J}$ (environ $55\ \text{J}$ perdus par le système).

Q10. Validité de l'hypothèse 1.

$$\Delta U_{\text{Eau chaude}} = m_{\text{EC}}\, c_{\text{E}}\, (\theta_{\text{éq}} - \theta_{\text{EC}}) = 0{,}100 \times 4{,}18 \times 10^3 \times (26 - 60) \approx -1{,}4 \times 10^4\ \text{J}$$

$$\frac{|Q_{\text{ext}}|}{|\Delta U_{\text{Eau chaude}}|} \approx \frac{55}{1{,}4 \times 10^4} \approx 0{,}4\,\%.$$

RÉPONSE

L'énergie perdue vers l'extérieur représente moins de $1\,\%$ de l'énergie cédée par l'eau chaude : l'hypothèse 1 est justifiée pour le bilan global. Elle pèse toutefois davantage sur C_{Vase}, obtenu par différence : $55\ \text{J}$ répartis sur $11\ °\text{C}$ représentent environ $5\ \text{J} \cdot \text{K}^{-1}$, soit plus de $10\,\%$ de la valeur trouvée.

Corrigé réalisé par Pierre Carrée – pierre-carree.fr –Document à usage pédagogique uniquement