Corrigé

Baccalauréat général — Spécialité Physique-Chimie

Métropole – Jour 1 – Session de remplacement 2026

Épreuve du mardi 8 septembre 2026 — Durée 3 h 30 — Calculatrice autorisée (26-PYCJ1ME3)

Exercice 1 — Étude d'une éruption volcanique

(11 pts)

Partie 1 — Mouvement d'un pyroclaste

Q1. Relation entre les énergies mécaniques en O et en S.

Dans le modèle de la chute libre, le pyroclaste n'est soumis qu'à son poids, force conservative : l'énergie mécanique se conserve.

RÉPONSE

$\mathcal{E}_m(\mathrm{O}) = \mathcal{E}_m(\mathrm{S})$.

Q2. Expression de l'altitude maximale h.

MÉTHODE

$\mathcal{E}_m = \mathcal{E}_c + \mathcal{E}_{pp}$ avec $\mathcal{E}_c = \frac{1}{2}mv^2$ et $\mathcal{E}_{pp} = mgy$ (origine en $y = 0$, axe orienté vers le haut).

En O : $y_\mathrm{O} = 0$, donc $\mathcal{E}_m(\mathrm{O}) = \frac{1}{2}mv_0^2$. En S : $y_\mathrm{S} = h$, donc $\mathcal{E}_m(\mathrm{S}) = \frac{1}{2}mv_\mathrm{S}^2 + mgh$.

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv_\mathrm{S}^2 + mgh \iff gh = \frac{v_0^2 - v_\mathrm{S}^2}{2} \iff h = \frac{v_0^2 - v_\mathrm{S}^2}{2\,g}.$$

RÉPONSE

La conservation de l'énergie mécanique entre O et S donne bien $h = \dfrac{v_0^2 - v_\mathrm{S}^2}{2\,g}$.

Q3. Vitesse initiale v_0 (figure 3).

À $t = 0$, on lit $v_x(0) \approx 1{,}1\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$ (droite horizontale des « + ») et, d'après la modélisation, $v_y(0) = 12{,}8\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$ (ordonnée à l'origine de $v_y = -2{,}7\,t + 12{,}8$).

$$v_0 = \sqrt{v_x(0)^2 + v_y(0)^2} = \sqrt{1{,}1^2 + 12{,}8^2} \approx 12{,}8\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}.$$

RÉPONSE

$v_0 \approx 13\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$ (plus précisément $12{,}8\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$) : la composante horizontale est négligeable devant la composante verticale.

Q4. Vitesse au sommet.

Au sommet S, le vecteur vitesse est horizontal : $v_y = 0$. Sur la figure 3, v_x est constante, égale à environ $1{,}1\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$ à toute date. Donc $v_\mathrm{S} = \sqrt{v_x^2 + 0^2} = v_x$.

RÉPONSE

$v_S = v_x \approx 1{,}1\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, voisine de $1\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Q5. Altitude maximale dans le modèle de la chute libre.

$$h = \frac{v_0^2 - v_S^2}{2\,g} = \frac{12{,}85^2 - 1{,}1^2}{2 \times 9{,}8} \approx 8{,}4\ \text{m}.$$

RÉPONSE

Dans le modèle de la chute libre sans frottement, $h \approx 8{,}4\ \text{m}$.

Q6. Compatibilité avec la photographie.

MÉTHODE

Mesurer à la règle, sur la figure 2, la distance verticale entre l'axe (Ox) et le sommet de la trajectoire désignée, puis convertir avec l'échelle $1{,}0\ \text{cm} \leftrightarrow 16\ \text{m}$.

Sur le sujet imprimé, le sommet de l'arc désigné se situe à environ $3\ \text{cm}$ au-dessus de l'axe (Ox), d'où $h_{\text{photo}} \approx 3 \times 16 \approx 50\ \text{m}$ (l'ordre de grandeur seul importe, la mesure dépendant de l'impression).

Le modèle de la chute libre prévoit $8{,}4\ \text{m}$, soit à peine $0{,}5\ \text{cm}$ sur la photographie.

RÉPONSE

L'altitude observée (plusieurs dizaines de mètres) est bien supérieure aux $8{,}4\ \text{m}$ prévus : le modèle de la chute libre **n'est pas compatible** avec l'observation. Une autre force, dirigée vers le haut, agit sur le pyroclaste.

Q7. Coordonnées du vecteur accélération avec la poussée des gaz.

MÉTHODE

Deuxième loi de Newton dans un référentiel galiléen : $m\,\vec{a} = \sum \vec{F}_{\text{ext}}$. Projeter ensuite sur les deux axes.

Le système {pyroclaste} est soumis à son poids $\vec{P} = -mg\,\vec{j}$ et à la poussée $\vec{F} = F\,\vec{j}$. Donc $m\,\vec{a} = \vec{P} + \vec{F}$, soit en projection :

$$m\,a_x = 0 \qquad \text{et} \qquad m\,a_y = -mg + F.$$

RÉPONSE

$$\vec{a}\begin{pmatrix} a_x = 0 \\ a_y = \dfrac{F}{m} - g \end{pmatrix}$$

Q8. Coordonnées du vecteur vitesse.

MÉTHODE

$\vec{a} = \dfrac{\mathrm{d}\vec{v}}{\mathrm{d}t}$: on cherche des primitives de a_x et a_y, puis on fixe les constantes avec les conditions initiales $\vec{v}(0) = \vec{v_0}$, de coordonnées $v_0\cos\alpha$ et $v_0\sin\alpha$.

$a_x = 0$ et $a_x = \frac{dv_x}{dt}$ donc $v_x(t) = C_1$; à $t = 0$, $C_1 = v_0\cos\alpha$.
$a_y = \frac{F}{m} - g$ est constante donc $v_y(t) = \left(\frac{F}{m} - g\right)t + C_2$; à $t = 0$, $C_2 = v_0\sin\alpha$.

RÉPONSE

$$\vec{v}(t)\begin{pmatrix} v_x(t) = v_0\cos\alpha \\ v_y(t) = \left(\dfrac{F}{m} - g\right)t + v_0\sin\alpha \end{pmatrix}$$

Q9. Validation du modèle et valeur de F.

Sur la figure 3 :

- v_x est constante, conformément à $v_x(t) = v_0\cos\alpha$;
- v_y est une fonction affine du temps, conformément à l'expression établie en Q8.

Le modèle est donc correct. Par identification avec $v_y = -2{,}7\,t + 12{,}8$, le coefficient directeur vaut

$$\frac{F}{m} - g = -2{,}7\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2} \iff F = m\,(g - 2{,}7) = 3{,}4\times(9{,}8 - 2{,}7) \approx 24\ \text{N}.$$

RÉPONSE

Les évolutions de v_x (constante) et de v_y (affine) valident le modèle, et $F \approx 24$ N. L'accélération verticale ($-2{,}7\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$) est bien plus faible en valeur que g, ce qui explique l'altitude atteinte.

Partie 2 — Accélération des gaz éjectés

RAPPEL

$PV = nRT$, $R = 8{,}31\ \text{J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$; $\rho_{\text{air}} = 0{,}91\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$; gaz chauds : $T = 1\,300$ K, $P = 8{,}7\times10^4$ Pa, $M = 22\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

Q10. Établir $PM = \rho RT$.

Pour le système de masse m et de volume V : $n = \dfrac{m}{M}$ et $\rho = \dfrac{m}{V}$.

$$PV = \frac{m}{M}RT \iff PM = \frac{m}{V}RT \iff PM = \rho RT.$$

RÉPONSE

En remplaçant n par $\dfrac{m}{M}$ dans l'équation d'état, on obtient $PM = \rho RT$.

Q11. Accélération ascendante du gaz chaud.

MÉTHODE

Calculer d'abord $\rho = \dfrac{PM}{RT}$ en unités SI (M en $\text{kg}\cdot\text{mol}^{-1}$), puis $a = g\,\dfrac{\rho_{\text{air}} - \rho}{\rho}$.

$$\rho = \frac{8{,}7\times10^4\times22\times10^{-3}}{8{,}31\times1\,300} \approx 0{,}18\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3} \qquad a = 9{,}8\times\frac{0{,}91 - 0{,}177}{0{,}177} \approx 41\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}.$$

RÉPONSE

$a \approx 41\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$, soit environ $4\,g$. Les gaz chauds, environ cinq fois moins denses que l'air ambiant, subissent une poussée d'Archimède bien supérieure à leur poids : ils s'élèvent très vivement et entraînent les pyroclastes, ce qui est cohérent avec la force de poussée $\vec{F}$ mise en évidence dans la partie 1.

Partie 3 — Refroidissement des pyroclastes

RAPPEL

Système {pyroclaste} incompressible, de masse m et de capacité thermique massique c ; $\theta(0) = \theta_0$, air ambiant à θ_{amb} constante. Loi de Newton : $\varphi = h\,S\,(\theta_{\text{amb}} - \theta(t))$.

Q12. Premier principe.

MÉTHODE

Premier principe : $\Delta U = W + Q$. Pour un système incompressible, $W = 0$ et $\Delta U = m\,c\,\Delta\theta$. Pendant Δt, le transfert thermique reçu vaut $Q = \varphi\,\Delta t$.

RÉPONSE

$\Delta U = Q = \varphi\,\Delta t$, d'où $m\,c\,\Delta\theta = \varphi\,\Delta t$.

Q13. Équation différentielle.

En remplaçant φ par la loi de Newton :

$$m\,c\,\frac{\Delta\theta}{\Delta t} = h\,S\,\big(\theta_{\text{amb}} - \theta(t)\big).$$

Δt étant faible devant la durée caractéristique d'évolution, $\dfrac{\Delta\theta}{\Delta t} \approx \dfrac{\mathrm{d}\theta}{\mathrm{d}t}$, d'où

$$\frac{\mathrm{d}\theta}{\mathrm{d}t} = \frac{hS}{mc}\,\theta_{\text{amb}} - \frac{hS}{mc}\,\theta(t) \iff \frac{\mathrm{d}\theta}{\mathrm{d}t} + \frac{\theta(t)}{\tau} = \frac{\theta_{\text{amb}}}{\tau} \quad \text{avec} \quad \tau = \frac{m\,c}{h\,S}.$$

RÉPONSE

$\dfrac{\mathrm{d}\theta(t)}{\mathrm{d}t} + \dfrac{\theta(t)}{\tau} = \dfrac{\theta_{\text{amb}}}{\tau}$ avec $\tau = \dfrac{m\,c}{h\,S}$.

Q14. Homogénéité de τ.

- $[m\,c] = \mathrm{kg} \times \mathrm{J}\cdot\mathrm{kg}^{-1}\cdot\mathrm{K}^{-1} = \mathrm{J}\cdot\mathrm{K}^{-1}$;
- $[h\,S] = \mathrm{W}\cdot\mathrm{K}^{-1}\cdot\mathrm{m}^{-2} \times \mathrm{m}^2 = \mathrm{W}\cdot\mathrm{K}^{-1} = \mathrm{J}\cdot\mathrm{s}^{-1}\cdot\mathrm{K}^{-1}$ (car $1\ \mathrm{W} = 1\ \mathrm{J}\cdot\mathrm{s}^{-1}$).

RÉPONSE

$\left[\dfrac{mc}{hS}\right] = \dfrac{\mathrm{J}\cdot\mathrm{K}^{-1}}{\mathrm{J}\cdot\mathrm{s}^{-1}\cdot\mathrm{K}^{-1}} = \mathrm{s}$: τ est homogène à un temps.

Q15. Constantes A et B.

$\theta(0) = A\,\mathrm{e}^{0} + B = A + B$. Comme $\tau > 0$, $\mathrm{e}^{-t/\tau} \to 0$ quand $t \to +\infty$, donc $\theta_{\text{lim}} = B$.

Physiquement, $\theta(0) = \theta_0$, et le pyroclaste finit à la température de l'air ambiant : $\theta_{\text{lim}} = \theta_{\text{amb}}$ (c'est aussi la solution constante de l'équation différentielle).

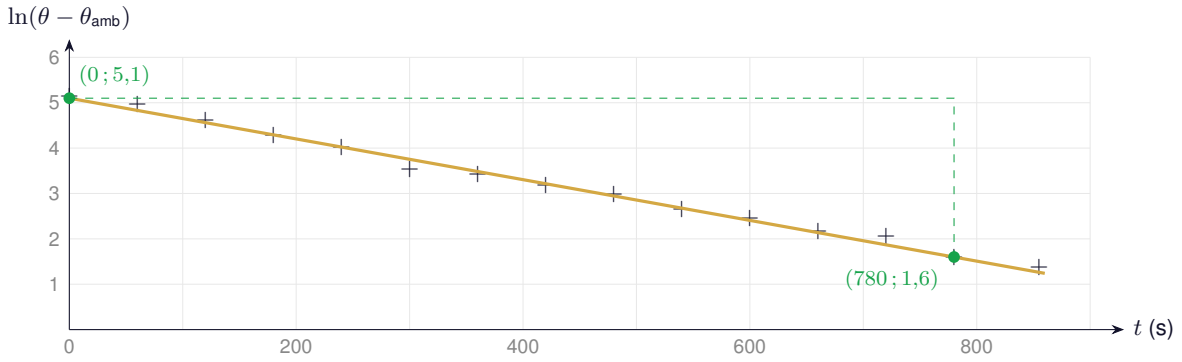
RÉPONSE

$\theta(0) = A + B$ et $\theta_{\text{lim}} = B$, d'où $B = \theta_{\text{amb}}$ et $A = \theta_0 - \theta_{\text{amb}}$: $\theta(t) = (\theta_0 - \theta_{\text{amb}})\,\mathrm{e}^{-t/\tau} + \theta_{\text{amb}}$.

Q16. Constante de temps τ (figure 4).

MÉTHODE

$\ln(\theta(t)-\theta_{\text{amb}}) = K - \dfrac{t}{\tau}$ est une fonction affine de t de coefficient directeur $-\dfrac{1}{\tau}$. On le détermine avec deux points éloignés de la droite de modélisation (et non des points expérimentaux).



Points choisis sur la droite : $(0\,;5{,}1)$ et $(780\,;1{,}6)$.

$$-\frac{1}{\tau} = \frac{1{,}6-5{,}1}{780-0} \approx -4{,}5\times10^{-3}\ \text{s}^{-1} \iff \tau \approx 2{,}2\times10^{2}\ \text{s}.$$

RÉPONSE

$\tau \approx 2{,}2\times10^{2}$ s, soit un peu moins de 4 minutes.

Q17. Coefficient d'échange h.

$$\tau = \frac{m\,c}{h\,S} \iff h = \frac{m\,c}{\tau\,S} = \frac{1{,}6\times10^{-2}\times1{,}0\times10^{3}}{2{,}2\times10^{2}\times5{,}5\times10^{-3}} \approx 13\ \text{W}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}.$$

RÉPONSE

$h \approx 13\ \text{W}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$. Cette valeur dépasse l'intervalle « sans courant d'air » (5 à 10) et se situe dans le bas de l'intervalle « avec courant d'air » (10 à 500) : la pierre posée au sol et exposée à l'air extérieur a refroidi sous l'effet d'un léger courant d'air, ce qui est plausible. Le résultat est cohérent avec les valeurs de référence.

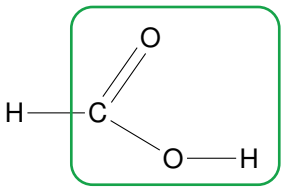
Exercice 2 — Acide méthanoïque et loi de dilution d'Ostwald

(4 pts)

RAPPEL

$\text{HCOOH(aq)} + \text{H}_2\text{O(l)} \rightleftharpoons \text{HCOO}^-\text{(aq)} + \text{H}_3\text{O}^+\text{(aq)}$; $\text{p}K_\text{A} = 3{,}8$; $c^\circ = 1{,}0\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$. Solution S_1 : $C = 4{,}0\times10^{-2}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, préparée à partir de S_0 ($C_0 = 2{,}0\times10^{-1}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$) ; mesure $\text{pH} = 2{,}70$, $u(\text{pH}) = 0{,}05$.

Q1. Groupe caractéristique.



groupe carboxyle
(famille des acides carboxyliques)

RÉPONSE

L'acide méthanoïque possède le groupe **carboxyle** $-\mathrm{COOH}$: c'est un acide carboxylique.

Q2. Verrerie de dilution.

MÉTHODE

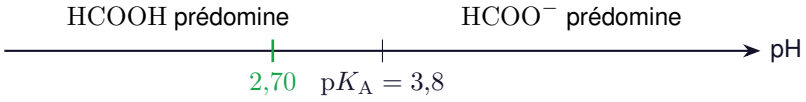
Lors d'une dilution, la quantité de soluté se conserve : $C_0 V_0 = C\,V_f$. Le facteur de dilution $F = C_0/C = V_f/V_0$ doit correspondre à un couple (fiole, pipette) disponible.

$F = \dfrac{2{,}0 \times 10^{-1}}{4{,}0 \times 10^{-2}} = 5$. Les seuls couples disponibles vérifiant $V_f = 5\,V_0$ sont : fiole de $50\ \mathrm{mL}$ et pipette de $10\ \mathrm{mL}$ (les autres donnent 100, 125, $40\ \mathrm{mL}\ldots$, volumes de fiole indisponibles).

RÉPONSE

Prélever $10{,}0\ \mathrm{mL}$ de $\mathrm{S_0}$ avec une **pipette jaugée de** $10\ \mathrm{mL}$, les verser dans une **fiole jaugée de** $50\ \mathrm{mL}$, compléter avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge et homogénéiser.

Q3. Dissociation partielle.



RÉPONSE

$\mathrm{pH} = 2{,}70 < \mathrm{p}K_\mathrm{A} = 3{,}8$: l'acide HCOOH prédomine dans $\mathrm{S_1}$, il n'est donc pas totalement dissocié. (Une dissociation totale donnerait d'ailleurs $\mathrm{pH} = -\log C \approx 1{,}40$.)

Q4. Expression de K_A.

RÉPONSE

$$K_\mathrm{A} = \frac{[\mathrm{HCOO^-}]_{\text{éq}}\,[\mathrm{H_3O^+}]_{\text{éq}}}{[\mathrm{HCOOH}]_{\text{éq}}\,c^\circ}$$

Q5. K_A en fonction de $[\mathrm{H_3O^+}]_{\text{éq}}$ et C.

MÉTHODE

En négligeant l'autoprotolyse de l'eau, les ions $\mathrm{HCOO^-}$ et $\mathrm{H_3O^+}$ sont formés en quantités égales. La conservation de la matière en acide donne $C = [\mathrm{HCOOH}]_{\text{éq}} + [\mathrm{HCOO^-}]_{\text{éq}}$.

$[\mathrm{HCOO^-}]_{\text{éq}} = [\mathrm{H_3O^+}]_{\text{éq}}$ et $[\mathrm{HCOOH}]_{\text{éq}} = C - [\mathrm{H_3O^+}]_{\text{éq}}$.

RÉPONSE

$$K_\mathrm{A} = \frac{[\mathrm{H_3O^+}]_{\text{éq}}^2}{\left(C - [\mathrm{H_3O^+}]_{\text{éq}}\right) c^\circ}$$

Q6. Lignes 8, 9 et 10 du programme.

Par identification de l'équation (1) avec $ax^2 + bx + c = 0$, où $x = [\mathrm{H_3O^+}]_{\text{éq}}$: $a = 1$, $b = K_\mathrm{A}\, c^\circ$, $c = -K_\mathrm{A}\, C\, c^\circ$.

```
a = 1                   # pas d'unité
b = Ka*c0               # mol/L
c = -Ka*C*c0            # mol²/L²
```

Q7. pH théorique et accord avec la mesure.

Une concentration est positive : seule la racine $x_1 \approx 2{,}44 \times 10^{-3}$ convient, donc $[\mathrm{H_3O^+}]_{\text{éq}} \approx 2{,}44 \times 10^{-3}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$ et

$$\mathrm{pH}_{\text{réf}} = -\log \frac{[\mathrm{H_3O^+}]_{\text{éq}}}{c^\circ} = -\log(2{,}44 \times 10^{-3}) \approx 2{,}61.$$

$$\frac{|\mathrm{pH} - \mathrm{pH}_{\text{réf}}|}{u(\mathrm{pH})} = \frac{|2{,}70 - 2{,}61|}{0{,}05} \approx 1{,}7.$$

RÉPONSE

$\mathrm{pH}_{\text{théo}} \approx 2{,}61$. Le quotient vaut environ $1{,}7 < 2$: la valeur mesurée est **en accord** avec la valeur théorique du modèle de l'acide faible.

Q8. Modèle le plus adapté.

Sur la figure 2, les mesures expérimentales (« + ») sont pratiquement confondues avec les triangles du modèle de l'acide faible sur tout l'intervalle étudié, alors qu'elles s'écartent fortement du modèle de l'acide fort pour les solutions les plus concentrées : par exemple, pour $-\log C \approx 0{,}7$, on mesure $\mathrm{pH} \approx 2{,}4$, le modèle de l'acide faible prévoit environ $2{,}3$ et celui de l'acide fort $0{,}7$.

RÉPONSE

Le **modèle de l'acide faible** rend le mieux compte du comportement de l'acide méthanoïque dans l'eau sur l'intervalle étudié.

Q9. Loi de dilution d'Ostwald.

Une solution très diluée correspond à une grande valeur de $-\log C$. Pour les solutions les plus concentrées, les deux modèles donnent des pH très différents (écart supérieur à une unité pour $-\log C < 1{,}5$) ; l'écart se réduit quand la dilution augmente, et pour $-\log C \geqslant 4$ (soit $C \leqslant 10^{-4}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$), les deux courbes sont pratiquement confondues ($\mathrm{pH} \approx 4{,}0$; $5{,}0$; $5{,}3$ pour les deux modèles).

RÉPONSE

Aux fortes dilutions, le pH calculé avec le modèle de l'acide faible rejoint celui du modèle de l'acide fort : l'acide méthanoïque très dilué est quasi totalement dissocié et se comporte comme un acide fort, ce que prévoit la loi de dilution d'Ostwald.

Exercice 3 — Synthèse de l'alcool de champignon

(5 pts)

RAPPEL

Alcool de champignon $\mathrm{C_8H_{16}O}$ ($M = 128{,}2\ \mathrm{g\cdot mol^{-1}}$, $\theta_{éb} = 175\ ^\circ\mathrm{C}$, insoluble dans l'eau, soluble dans le diéthyléther). Solution commerciale de bromure de pentylmagnésium : $C_{com} = 2{,}00\ \mathrm{mol\cdot L^{-1}}$. Titrage par le butan-2-ol ($C_{alcool} = 1{,}00\ \mathrm{mol\cdot L^{-1}}$), $K = 10^{25}$.

Partie 1 — Contrôle qualité du réactif

Q1. Quotient réactionnel initial.

MÉTHODE

Le quotient de réaction a les concentrations des produits au numérateur. Critère d'évolution spontanée : si $Q_r < K$, le système évolue dans le sens direct.

À la première goutte de butan-2-ol versée, aucun produit n'est encore formé : les concentrations des produits 1 et 2, au numérateur de Q_r, sont nulles, donc $Q_{r,\mathrm{i}} = 0$.

RÉPONSE

$Q_{r,\mathrm{i}} = 0 < K = 10^{25}$: la transformation est spontanée dans le sens direct dès l'ajout de la première goutte (et, K étant très grand, elle est quasi totale, ce qui convient à un titrage).

Q2. Changement de couleur à l'équivalence.

Avant l'équivalence, le bromure de pentylmagnésium (titré, dans l'erlenmeyer) est en excès : la solution est rose. À l'équivalence, il a été entièrement consommé par le butan-2-ol versé.

RÉPONSE

La solution passe du **rose** à l'**incolore** à l'équivalence, car le bromure de pentylmagnésium disparaît du milieu.

Q3. Concentration réelle $C_{réel}$.

MÉTHODE

À l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques de l'équation (ici 1 pour 1) : $n_{\text{magnésien}} = n_{\text{alcool versé}}$.

$$C_{réel}\,V_0 = C_{alcool}\,V_E \iff C_{réel} = \frac{C_{alcool}\,V_E}{V_0} = \frac{1{,}00 \times 19{,}4}{10{,}0} = 1{,}94\ \mathrm{mol\cdot L^{-1}}.$$

RÉPONSE

$C_{réel} = 1{,}94\ \mathrm{mol\cdot L^{-1}}$.

Q4. Incertitude-type.

$$\frac{u(C_{réel})}{C_{réel}} = \sqrt{\left(\frac{0{,}01}{10{,}0}\right)^2 + \left(\frac{0{,}05}{1{,}00}\right)^2 + \left(\frac{0{,}06}{19{,}4}\right)^2} \approx 5{,}0 \times 10^{-2}$$

$$u(C_{réel}) \approx 1{,}94 \times 5{,}0 \times 10^{-2} \approx 0{,}097\ \mathrm{mol\cdot L^{-1}}.$$

RÉPONSE

$u(C_{\text{réel}}) \approx 0{,}1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (plus précisément $0{,}097 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$) ; elle provient presque entièrement de l'incertitude sur C_{alcool}.

Q5. Comparaison avec l'étiquette.

$$\frac{|C_{\text{réel}} - C_{\text{com}}|}{u(C_{\text{réel}})} = \frac{|1{,}94 - 2{,}00|}{0{,}097} \approx 0{,}6.$$

RÉPONSE

Le quotient vaut environ $0{,}6 < 2$: la concentration mesurée est compatible avec la valeur indiquée sur l'étiquette. La solution commerciale ne s'est pas dégradée de façon significative et peut être utilisée pour la synthèse.

Partie 2 — Synthèse de l'alcool de champignon

Q6. Intérêt du chauffage à reflux.

RÉPONSE

Le chauffage accélère la transformation (la température est un facteur cinétique). Le réfrigérant à reflux condense les vapeurs, qui retombent dans le ballon : on évite la perte des espèces très volatiles, en particulier le diéthyléther ($35\ ^\circ\text{C}$) et l'acroléine ($53\ ^\circ\text{C}$), et la mise en contact de ces vapeurs inflammables avec l'air extérieur.

Q7. Contenu des deux phases.

Le diéthyléther, non miscible à l'eau, constitue la phase organique ; la solution de chlorure d'ammonium constitue la phase aqueuse.

RÉPONSE

Phase organique : le diéthyléther (solvant), l'alcool de champignon (insoluble dans l'eau, soluble dans le diéthyléther) et l'acroléine en excès (peu soluble dans l'eau, soluble dans le diéthyléther).
Phase aqueuse : l'eau et les espèces ioniques ou très solubles dans l'eau : Mg^{2+}, Br^-, NH_4^+ en excès, Cl^- et l'ammoniac NH_3 (majoritairement en phase aqueuse d'après l'énoncé).

Q8. Température de distillation.

RÉPONSE

Il faut recueillir le distillat lorsque la température en tête de colonne vaut $\mathbf{175}\ ^\circ\text{C}$, température d'ébullition de l'alcool de champignon ; le diéthyléther ($35\ ^\circ\text{C}$) et l'acroléine ($53\ ^\circ\text{C}$), plus volatils, distillent avant et sont éliminés.

Q9. Analyse du produit.

MÉTHODE

Spectre IR : associer chaque bande caractéristique à une liaison du tableau de données, et vérifier l'absence des bandes des réactifs. CCM : un produit pur donne une seule tache ; deux taches à la même hauteur indiquent la même espèce.

Spectre IR (figure 2).

- bande forte et large vers $3\,350\ \text{cm}^{-1}$: liaison O–H d'un alcool ;
- bandes fortes entre $2\,850$ et $3\,100\ \text{cm}^{-1}$: liaisons C–H ;
- bande fine d'intensité modérée à $1\,644\ \text{cm}^{-1}$: liaison C=C ;

– aucune bande forte et fine entre $1\,650$ et $1\,730\ \mathrm{cm^{-1}}$: pas de liaison C=O, donc plus d'acroléine.

Chromatogramme (figure 3). Le dépôt (3), produit purifié, ne donne qu'une seule tache : il est pur (au sens de la CCM). Le dépôt (2), phase organique brute, donne trois taches : l'une à la hauteur de l'acroléine (1), restée en excès, une autre à la hauteur du produit (3), et une troisième, très basse, due à une autre impureté.

RÉPONSE

Le spectre IR montre les liaisons O–H et C=C de l'alcool de champignon et l'absence de C=O : c'est l'espèce attendue. La CCM confirme que la distillation a éliminé l'acroléine et l'autre impureté présentes dans la phase organique brute : le produit obtenu est l'alcool de champignon, pur.

Q10. Rendement de la synthèse.

MÉTHODE

$\eta = n_{\text{obtenue}}/n_{\text{max}}$, où n_{max} se calcule à partir du réactif limitant. Acroléine et ions $\mathrm{NH_4^+}$ étant en excès, le réactif limitant est le bromure de pentylmagnésium, et les coefficients stœchiométriques valent tous 1.

$$n_{\text{max}} = C_{\text{com}}\,V = 2{,}00 \times 10{,}0 \times 10^{-3} = 2{,}00 \times 10^{-2}\ \mathrm{mol}$$

$$n_{\text{obtenue}} = \frac{m}{M} = \frac{2{,}25}{128{,}2} \approx 1{,}76 \times 10^{-2}\ \mathrm{mol}$$

$$\eta = \frac{1{,}76 \times 10^{-2}}{2{,}00 \times 10^{-2}} \approx 0{,}88.$$

RÉPONSE

Le rendement de la synthèse vaut environ $88\,\%$.

Remarque : avec la concentration réelle mesurée ($1{,}94\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$), on trouverait $\eta \approx 90\,\%$; l'écart reste compris dans l'incertitude de la question Q4.

© Pierre Carrée – pierre-carree.fr