Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour consulter tous nos sujets d'annales et corrigés du Bac Général Maths + Physique, veuillez visiter :
bac-maths-physique.fr/annales-sujets-et-corriges

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL • CORRIGÉ DÉTAILLÉ

Physique-chimie

Session 2026 • Métropole • Jour 1 • Remplacement

Code sujet **26-PYCJ1ME3** 3 heures 30

Proposition de corrigé pédagogique • FormaV

Se repérer dans le corrigé

Exercice 1 — Étude d’une éruption volcanique
17 réponses • sujet p. 2–6

Exercice 2 — Loi de dilution d’Ostwald
9 réponses • sujet p. 7–9

Exercice 3 — Synthèse de l’alcool de champignon
10 réponses • sujet p. 10–13

Les numéros, parties et pages renvoient au sujet original. Chaque réponse rappelle la consigne, explique la démarche et donne le résultat.

Exercice 1

11 points

Étude d'une éruption volcanique

1. Modèle physique du mouvement d'un pyroclaste

Question Q1.

Sujet p. 2

> Dans le cadre du modèle de chute libre sans frottement, écrire la relation entre l'énergie mécanique du système au point O et celle au point S, sommet de la trajectoire.

Dans le modèle de chute libre sans frottement, le pyroclaste n'est soumis qu'à son poids, une force conservative. L'énergie mécanique se conserve donc entre O et S :

$$E_m(O) = E_m(S).$$

Comme l'origine de l'énergie potentielle de pesanteur est en O, on a aussi $E_p(O) = 0$ et $E_p(S) = mgh$.

RÉPONSE À RETENIR

$E_m(O) = E_m(S)$, soit $\frac{1}{2}mv_0^2 = \frac{1}{2}mv_S^2 + mgh$.

Question Q2.

Sujet p. 2

> Montrer que l'altitude maximale h atteinte par le pyroclaste s'écrit h = (v₀² − vS²)/(2·g), où v₀ désigne la vitesse initiale du pyroclaste et vS sa vitesse au sommet de la trajectoire.

On écrit la conservation de l'énergie mécanique entre O et S. À O, l'énergie potentielle est nulle ; à S, elle vaut mgh :

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

On isole h, puis on simplifie par la masse non nulle m :

$$mgh = \frac{1}{2}m(v_0^2 - v_S^2) \quad \Longrightarrow \quad h = \frac{v_0^2 - v_S^2}{2g}.$$

RÉPONSE À RETENIR

$$h = \frac{v_0^2 - v_S^2}{2g}.$$

Question Q3.

Sujet p. 3, 4

> Déterminer, à l'aide de la figure 3, la valeur de la vitesse initiale v₀.

Sur la figure 3, à $t = 0$, on lit $v_x \simeq 1,0\ \mathrm{m\,s^{-1}}$. L'équation indiquée pour la composante verticale donne $v_y(0) = 12,8\ \mathrm{m\,s^{-1}}$. La norme de la vitesse initiale est donc :

$$v_0 = \sqrt{v_x(0)^2 + v_y(0)^2} = \sqrt{1,0^2 + 12,8^2} \simeq 12,84\ \mathrm{m\,s^{-1}}.$$

RÉPONSE À RETENIR

La vitesse initiale vaut environ $12,8\ \mathrm{m\,s^{-1}}$, soit $13\ \mathrm{m\,s^{-1}}$ à deux chiffres significatifs.

Question Q4.

Sujet p. 3, 4

> Montrer, à l'aide de la figure 3, que la valeur de la vitesse au sommet de la trajectoire est voisine de 1 m·s⁻¹.

Au sommet de la trajectoire, la composante verticale de la vitesse s'annule. D'après $v_y = -2,7t + 12,8$, cela se produit à :

$$t_S = \frac{12,8}{2,7} \simeq 4,74 \text{ s}.$$

La figure 3 montre que la composante horizontale reste voisine de $1,0 \text{ m s}^{-1}$. Ainsi, au sommet, $v_y = 0$ et $v_x \simeq 1,0 \text{ m s}^{-1}$. La norme de la vitesse vaut alors $v_S = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \simeq 1,0 \text{ m s}^{-1}$.

RÉPONSE À RETENIR

Au sommet, $v_S \simeq 1,0 \text{ m s}^{-1}$.

Question Q5.

Sujet p. 2, 3, 4

> En déduire la valeur de l'altitude maximale h atteinte par le pyroclaste projeté par le mont Aso, dans le cadre du modèle de la chute libre sans frottement.

On utilise le résultat de Q2 avec $v_0 \simeq 12,84 \text{ m s}^{-1}$, $v_S \simeq 1,0 \text{ m s}^{-1}$ et $g = 9,8 \text{ m s}^{-2}$:

$$h = \frac{12,84^2 - 1,0^2}{2 \times 9,8} \simeq 8,36 \text{ m}.$$

Les données issues du graphique étant approximatives, on donne le résultat avec une précision adaptée.

RÉPONSE À RETENIR

Le modèle de chute libre sans frottement prévoit une altitude maximale d'environ $8,4 \text{ m}$.

Question Q6.

Sujet p. 3, 4

> En exploitant la photographie de la figure 2 et l'échelle associée, indiquer si l'altitude maximale du pyroclaste est compatible avec le modèle précédent.

Sur la photographie, la distance verticale entre O et le pyroclaste indiqué est de l'ordre de 3 cm. Avec l'échelle $1,0 \text{ cm} \leftrightarrow 16 \text{ m}$, son altitude sur la photographie est donc de l'ordre de $3 \times 16 = 48 \text{ m}$, soit environ 50 m. Cette lecture est approximative. Comme cette altitude observée est déjà nettement supérieure aux $8,4 \text{ m}$ prévus pour l'altitude maximale par le modèle, elle suffit à conclure à l'incompatibilité.

RÉPONSE À RETENIR

L'altitude observée sur la photographie est de l'ordre de 50 m, bien supérieure aux $8,4 \text{ m}$ prédits comme altitude maximale. La photographie n'est donc pas compatible avec le modèle de chute libre sans frottement.

Question Q7.

Sujet p. 4

> Déterminer les expressions des coordonnées ax et ay du vecteur accélération a⃗ du pyroclaste, dans le repère (Ox ; Oy), en fonction de g, m et F. La force de poussée F⃗ est supposée constante, verticale et dirigée vers le haut.

Dans le repère choisi, les forces appliquées au pyroclaste sont son poids $\vec{P} = -mg\,\vec{j}$ et la poussée $\vec{F} = F\,\vec{j}$. La deuxième loi de Newton donne $m\vec{a} = \vec{P} + \vec{F}$. La résultante n'a pas de composante horizontale, et sa composante verticale vaut $F - mg$.

On en déduit :

$$a_x = 0, \qquad a_y = \frac{F}{m} - g.$$

RÉPONSE À RETENIR

$\boxed{a_x = 0\ ;\ a_y = F/m - g}$, avec l'axe vertical orienté vers le haut.

Question Q8.

Sujet p. 4

> Montrer que les expressions des coordonnées vx(t) et vy(t) du vecteur vitesse v⃗(t) du pyroclaste, dans le repère (Ox ; Oy), peuvent s'écrire : vx(t) = v₀·cos α et vy(t) = (F/m − g)·t + v₀·sin α.

Les coordonnées de l'accélération sont constantes d'après Q7. En intégrant chacune des équations $dv_x/dt = a_x$ et $dv_y/dt = a_y$, puis en utilisant les composantes initiales $v_x(0) = v_0\cos\alpha$ et $v_y(0) = v_0\sin\alpha$, on obtient :

$$v_x(t) = v_0\cos\alpha, \qquad v_y(t) = \left(\frac{F}{m} - g\right)t + v_0\sin\alpha.$$

RÉPONSE À RETENIR

$$\boxed{v_x(t) = v_0\cos\alpha, \qquad v_y(t) = \left(\frac{F}{m} - g\right)t + v_0\sin\alpha.}$$

Question Q9.

Sujet p. 3, 4

> Justifier, à l'aide de la figure 3, que le modèle adopté est correct et montrer que la valeur F de la force de poussée est voisine de 24 N.

Le modèle prévoit une composante horizontale constante et une composante verticale affine en fonction du temps. La figure 3 montre bien v_x presque constante, autour de $1,0\ \mathrm{m\,s^{-1}}$, et $v_y = -2,7t + 12,8$, qui est une droite. Les évolutions expérimentales sont donc conformes au modèle avec une poussée verticale constante.

La pente de $v_y(t)$ est l'accélération verticale : $a_y = -2,7\ \mathrm{m\,s^{-2}}$. Or $a_y = F/m - g$, donc $F = m(a_y + g)$. Avec $m = 3,4\ \mathrm{kg}$ et $g = 9,8\ \mathrm{m\,s^{-2}}$:

$$F = 3,4 \times (-2,7 + 9,8) = 24,14\ \mathrm{N}.$$

RÉPONSE À RETENIR

Le modèle est en accord avec les formes observées sur la figure 3, et la poussée vaut $F \simeq 24\ \mathrm{N}$.

2. Accélération des gaz éjectés

Question Q10.

Sujet p. 4

> Montrer que l'équation d'état du gaz parfait conduit à la relation P·M = ρ·R·T.

L'équation des gaz parfaits est $PV = nRT$. La masse du gaz vérifie $m = nM$, tandis que sa masse volumique vérifie $\rho = m/V$. Ainsi, $n/V = \rho/M$. En divisant l'équation des gaz parfaits par V, puis en remplaçant n/V, on obtient :

$$P = \frac{n}{V}RT = \frac{\rho}{M}RT \quad \Longrightarrow \quad PM = \rho RT.$$

RÉPONSE À RETENIR

$\boxed{PM = \rho RT}$.

Question Q11.

Sujet p. 4, 5

> Déterminer la valeur de l'accélération ascendante du volume de gaz chaud. Commenter le résultat.

On calcule d'abord la masse volumique des gaz chauds à partir de Q10. On convertit la masse molaire : $M = 22\ \mathrm{g\,mol^{-1}} = 0,022\ \mathrm{kg\,mol^{-1}}$.

$$\rho = \frac{PM}{RT} = \frac{8,7 \times 10^4 \times 0,022}{8,31 \times 1300} \simeq 0,177\ \mathrm{kg\,m^{-3}}.$$

Avec la relation fournie pour l'accélération ascendante :

$$a = g\frac{\rho_{air} - \rho}{\rho} = 9,8 \times \frac{0,91 - 0,177}{0,177} \simeq 40,6\ \mathrm{m\,s^{-2}}.$$

Cette valeur est positive : la résultante des forces est dirigée vers le haut. L'accélération calculée est supérieure à g, ce qui s'explique par la poussée d'Archimède importante devant le poids des gaz chauds peu denses.

RÉPONSE À RETENIR

L'accélération ascendante du gaz chaud est d'environ $41\ \mathrm{m\,s^{-2}}$. Elle est positive et supérieure à g : le gaz est accéléré vers le haut.

3. Estimation de la durée de refroidissement des pyroclastes éjectés — Étude théorique : établissement d'un modèle

Question Q12.

Sujet p. 5

> En appliquant le premier principe de la thermodynamique, exprimer la variation d'énergie interne ΔU du système pendant la durée Δt en fonction du flux thermique φ. En déduire une relation entre m, c, φ, Δt et Δθ.

Sur la durée Δt, le système reçoit l'énergie thermique $Q = \varphi \Delta t$, puisque φ est le flux thermique reçu, en watts. Le système étant incompressible et sans travail autre que les échanges thermiques considérés, le premier principe donne $\Delta U = Q$. Pour une variation de température $\Delta\theta$, la variation d'énergie interne vaut aussi $\Delta U = mc\Delta\theta$.

RÉPONSE À RETENIR

$$\boxed{\Delta U = \varphi \Delta t = mc\Delta\theta.}$$

Question Q13.

Sujet p. 5

Montrer que l'équation différentielle vérifiée par la température θ(t) du système peut s'écrire dθ(t)/dt + θ(t)/τ = θamb/τ, avec τ = m·c/(h·S).

Sur un petit intervalle Δt, Q12 donne $mc\,\Delta\theta = \varphi \Delta t$. En faisant tendre Δt vers zéro :

$$mc\frac{d\theta}{dt} = \varphi = hS(\theta_{amb} - \theta).$$

On divise par mc, puis on pose $\tau = mc/(hS)$:

$$\frac{d\theta}{dt} = \frac{hS}{mc}(\theta_{amb} - \theta) = \frac{\theta_{amb} - \theta}{\tau},$$

d'où :

$$\boxed{\frac{d\theta(t)}{dt} + \frac{\theta(t)}{\tau} = \frac{\theta_{amb}}{\tau}, \qquad \tau = \frac{mc}{hS}.}$$

RÉPONSE À RETENIR

$\dfrac{d\theta(t)}{dt} + \dfrac{\theta(t)}{\tau} = \dfrac{\theta_{amb}}{\tau}$, avec $\tau = \dfrac{mc}{hS}$.

Question Q14.

Sujet p. 5

Montrer que la grandeur m·c/(h·S) est homogène à un temps.

La capacité thermique mc a pour unité $\mathrm{kg} \times \mathrm{J\,kg^{-1}\,K^{-1}} = \mathrm{J\,K^{-1}}$. Le produit hS a pour unité $\mathrm{W\,K^{-1}}$, car h est en $\mathrm{W\,K^{-1}\,m^{-2}}$ et S en $\mathrm{m^2}$. Ainsi :

$$\left[\frac{mc}{hS}\right] = \frac{\mathrm{J\,K^{-1}}}{\mathrm{W\,K^{-1}}} = \frac{\mathrm{J}}{\mathrm{W}} = \mathrm{s},$$

puisque $1\ \mathrm{W} = 1\ \mathrm{J\,s^{-1}}$.

RÉPONSE À RETENIR

$mc/(hS)$ est homogène à une durée, exprimée en secondes.

Question Q15.

Sujet p. 5, 6

Exprimer θ(0) et la limite θlim de θ(t) lorsque t → +∞ en fonction de A et B. En déduire les expressions littérales des constantes A et B en fonction de θ_0 et θamb.

La solution générale est $\theta(t) = Ae^{-t/\tau} + B$. À $t = 0$, l'exponentielle vaut 1, donc $\theta(0) = A + B$. Quand $t \to +\infty$, $e^{-t/\tau} \to 0$ pour $\tau > 0$, donc $\theta_{lim} = B$. Le système finit par atteindre la température de l'air ambiant, ainsi $\theta_{lim} = \theta_{amb}$. Enfin, la condition initiale impose $\theta_0 = A + B$.

RÉPONSE À RETENIR

$$\boxed{A = \theta_0 - \theta_{amb}, \qquad B = \theta_{amb}.}$$

3. Estimation de la durée de refroidissement des pyroclastes éjectés — Vérification expérimentale du modèle établi

Question Q16.

Sujet p. 6

> Déterminer la valeur de la constante de temps τ.

La représentation de $\ln(\theta(t)-\theta_{amb})$ en fonction du temps est une droite de pente $-1/\tau$. On lit sur la droite de modélisation environ 5,1 à $t=0$ s et 1,5 à $t=800$ s. La pente vaut donc approximativement :

$$a \simeq \frac{1,5-5,1}{800-0} = -4,5\times10^{-3}\ \mathrm{s^{-1}}.$$

Comme $a=-1/\tau$, on trouve $\tau \simeq 1/(4,5\times10^{-3}) \simeq 2,2\times10^{2}$ s. La lecture graphique étant approximative, on retient environ 230 s.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> La constante de temps est $\tau \simeq 2,3\times10^{2}$ s, soit environ 230 s.

Question Q17.

Sujet p. 6

> En déduire la valeur du coefficient h d'échange thermique surfacique entre la pierre ponce et l'air ambiant. Commenter le résultat obtenu en s'appuyant sur les valeurs données dans le tableau.

On réarrange $\tau = mc/(hS)$ pour obtenir $h = mc/(\tau S)$. En utilisant les données de la pierre ponce et $\tau \simeq 230$ s :

$$h = \frac{(1,6\times10^{-2}\ \mathrm{kg})(1,0\times10^{3}\ \mathrm{J\,kg^{-1}\,K^{-1}})}{(230\ \mathrm{s})(5,5\times10^{-3}\ \mathrm{m^{2}})} \simeq 12,6\ \mathrm{W\,K^{-1}\,m^{-2}}.$$

Compte tenu de l'imprécision de lecture de la pente, cette valeur est de l'ordre de $13\ \mathrm{W\,K^{-1}\,m^{-2}}$. Elle est légèrement supérieure à la plage de 5 à 10 donnée pour une absence de courant d'air, et appartient à la plage de 10 à 500 associée à un courant d'air.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $h \simeq 13\ \mathrm{W\,K^{-1}\,m^{-2}}$. Cette valeur est compatible avec la plage indiquée « avec courant d'air » (10 à 500) et non avec la plage « sans courant d'air » (5 à 10), à la précision de l'estimation graphique près.

Exercice 2

4 points

Loi de dilution d'Ostwald

Question Q1.

Sujet p. 7

> Recopier la molécule d'acide méthanoïque puis entourer et nommer son groupe caractéristique.

La représentation développée de la molécule est `H–C(=O)–OH`. Le groupe à entourer est l'ensemble formé par le carbone, l'oxygène en double liaison et le groupe hydroxyle : `–C(=O)–OH`.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le groupe caractéristique est le groupe carboxyle **–COOH** ; la fonction est celle d'un acide carboxylique.

Question Q2.

Sujet p. 7

> Déterminer la verrerie à utiliser pour effectuer la dilution avec un seul prélèvement de S_0, afin de préparer la solution S_1 de concentration en soluté apporté C = 4,0×10⁻² mol·L⁻¹ à partir de S_0 de concentration C_0 = 2,0×10⁻¹ mol·L⁻¹. On dispose de fioles jaugées de volumes 50 mL ou 200 mL et de pipettes jaugées de volumes 10 mL, 20 mL ou 25 mL.

Lors d'une dilution, la quantité de soluté prélevée dans la solution mère est conservée : $C_0 V_{\text{prélevé}} = C V_{\text{final}}$. Le rapport de dilution requis est donc $C_0/C = (2{,}0 \times 10^{-1})/(4{,}0 \times 10^{-2}) = 5$. Il faut ainsi que le volume de la fiole soit cinq fois celui prélevé à la pipette.

Parmi les verreries disponibles, la combinaison qui convient est une pipette jaugée de 10 mL et une fiole jaugée de 50 mL. On prélève 10 mL de S_0, on les verse dans la fiole, on complète à l'eau distillée jusqu'au trait de jauge, puis on homogénéise.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Utiliser une **pipette jaugée de 10 mL** et une **fiole jaugée de 50 mL** : leur rapport de volumes vaut 5, comme le facteur de dilution demandé.

Question Q3.

Sujet p. 7

> À l'aide d'un diagramme de prédominance, justifier que l'acide méthanoïque ne se dissocie pas totalement dans l'eau dans les conditions de l'expérience.

Pour le couple acide méthanoïque/ion méthanoate HCOOH(aq)/$HCOO^-$(aq), la frontière de prédominance est au $pH = pK_A = 3{,}8$. Le diagramme s'interprète ainsi :

Domaine de pH	Espèce prédominante
pH < 3,8	HCOOH
pH = 3,8	HCOOH et $HCOO^-$ en proportions égales
pH > 3,8	$HCOO^-$

Pour la solution étudiée, le pH mesuré est 2,70, avec une incertitude-type de 0,05 : il est nettement inférieur à 3,8. La forme acide HCOOH prédomine donc ; une dissociation totale aurait au contraire conduit à ne plus avoir de HCOOH.

RÉPONSE À RETENIR

Comme $pH = 2{,}70 < pK_A = 3{,}8$, HCOOH prédomine sur $HCOO^-$. L'acide méthanoïque ne se dissocie donc pas totalement dans les conditions de l'expérience.

Question Q4.

Sujet p. 7

Déterminer la relation entre la constante d'acidité KA, les concentrations en quantité de matière des différentes espèces à l'équilibre et la concentration standard c°.

Pour la réaction $\mathrm{HCOOH(aq) + H_2O(\ell) \rightleftharpoons HCOO^-(aq) + H_3O^+(aq)}$, l'eau liquide, solvant pur, n'apparaît pas dans l'expression de la constante. En exprimant les activités des espèces dissoutes par leurs concentrations rapportées à la concentration standard c°, on obtient :

$$K_A = \frac{([\mathrm{HCOO^-}]_{\text{éq}}/c^\circ)([\mathrm{H_3O^+}]_{\text{éq}}/c^\circ)}{[\mathrm{HCOOH}]_{\text{éq}}/c^\circ} = \frac{[\mathrm{HCOO^-}]_{\text{éq}}[\mathrm{H_3O^+}]_{\text{éq}}}{[\mathrm{HCOOH}]_{\text{éq}}c^\circ}.$$

Le rapport est sans dimension, comme doit l'être une constante thermodynamique d'équilibre.

RÉPONSE À RETENIR

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

Question Q5.

Sujet p. 7

Exprimer la constante d'acidité KA en fonction uniquement de la concentration en ion oxonium à l'équilibre [H₃O⁺]éq, de la concentration en soluté apporté C et de la concentration standard c°.

Posons $x = [\mathrm{H_3O^+}]_{\text{éq}}$. Dans le modèle utilisé pour établir l'équation fournie, l'autoprotolyse de l'eau est négligée : la réaction produit alors autant d'ions $HCOO^-$ que d'ions H_3O^+, donc $[\mathrm{HCOO^-}]_{\text{éq}} = x$. La conservation de la matière apportée en acide donne $[\mathrm{HCOOH}]_{\text{éq}} = C - x$. En substituant dans l'expression de Q4 :

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

La réorganisation donne $x^2 + K_A c^\circ x - K_A C c^\circ = 0$, ce qui correspond à l'équation (1) du sujet.

RÉPONSE À RETENIR

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

Question Q6.

Sujet p. 8

> Recopier sur la copie et compléter les lignes 8, 9 et 10 du programme permettant de calculer les solutions x_1 et x_2 de l'équation du second degré (1).

L'équation (1) est $x^2 + K_A c^\circ x - K_A C c^\circ = 0$. En la comparant à $ax^2 + bx + c = 0$, on identifie le coefficient de x^2, celui de x, puis le terme constant. Les lignes 8 à 10 du programme sont donc :

```
a = 1
b = Ka*c0
c = -Ka*C*c0
```

RÉPONSE À RETENIR

Compléter les lignes 8, 9 et 10 ainsi :

```
a = 1
b = Ka*c0
c = -Ka*C*c0
```

Question Q7.

Sujet p. 7, 8

> Déduire des résultats renvoyés par le programme la valeur théorique du pH de la solution S_1 dans ce modèle. Vérifier l'accord entre la valeur expérimentale obtenue précédemment et cette valeur théorique, considérée comme référence.

Le programme fournit $x_1 = 0{,}00239852892488128$ et $x_2 = -0{,}0025983422134949244$. Une concentration ne pouvant pas être négative, on retient $[\mathrm{H_3O^+}]_{\text{éq}} = x_1$. Avec $c^\circ = 1{,}0\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$, le pH est :

$$pH = -\log_{10}\left(\frac{[\mathrm{H_3O^+}]_{\text{éq}}}{c^\circ}\right) = -\log_{10}(0{,}00239852892488128) \simeq 2{,}620.$$

Le quotient de comparaison demandé, avec la mesure expérimentale comme valeur mesurée et le pH théorique comme référence, vaut $\frac{|2{,}70 - 2{,}620|}{0{,}05} \simeq 1{,}6$. Ce quotient étant inférieur à 2, les valeurs sont compatibles selon le critère usuel d'accord.

RÉPONSE À RETENIR

Le pH théorique du modèle d'acide faible vaut environ **2,62**. Le quotient de comparaison vaut environ **1,6** : la mesure expérimentale $pH = 2{,}70$ est compatible avec cette valeur théorique.

Question Q8.

Sujet p. 9

> Parmi les deux modèles étudiés (acide fort ou acide faible), indiquer en justifiant celui qui rend le mieux compte du comportement de l'acide méthanoïque dans l'eau, dans l'intervalle de pH étudié.

Sur la figure 2, les mesures expérimentales (symboles +) sont globalement plus proches de la courbe du modèle de l'acide faible (triangles) que de celle du modèle de l'acide fort (cercles). L'écart avec le modèle de l'acide fort est particulièrement visible aux concentrations les moins diluées : ce modèle prévoit alors des pH plus faibles que ceux mesurés. La comparaison porte sur l'intervalle représenté par le graphique.

RÉPONSE À RETENIR

Le **modèle de l'acide faible** rend le mieux compte du comportement mesuré de l'acide méthanoïque dans l'intervalle de pH étudié, car sa courbe est globalement la plus proche des points expérimentaux.

Question Q9.

Sujet p. 9

> Vérifier que les deux modèles proposés confirment la loi de dilution d'Ostwald appliquée aux réactions acide-base : « en solution aqueuse très diluée, un acide faible se comporte comme un acide fort ».

À mesure que la solution est diluée, $-\log C$ augmente. Sur la figure 2, dans la zone des solutions les plus diluées représentées, les courbes du modèle d'acide faible et du modèle d'acide fort se rapprochent. Pour le modèle d'acide fort, $pH = -\log C$ (avec la concentration exprimée relativement à c°). Le rapprochement signifie que, dans le modèle d'acide faible, la concentration en ions oxonium tend vers la concentration apportée en acide : la dissociation devient de plus en plus avancée. Les deux modèles illustrent donc la loi de dilution d'Ostwald sur la plage étudiée.

RÉPONSE À RETENIR

Oui. À forte dilution, les courbes des deux modèles se rapprochent : l'acide faible tend vers le comportement prédit par le modèle d'acide fort, $pH = -\log C$. Cela confirme la loi de dilution d'Ostwald dans l'intervalle représenté.

Exercice 3

5 points

Synthèse de l'alcool de champignon

1. Contrôle qualité d'une solution commerciale de bromure de pentylmagnésium

Question Q1.

Sujet p. 11

> Justifier que le quotient réactionnel à l'état initial est nul et en déduire que cette transformation chimique est bien spontanée dans le sens direct dès l'ajout de la première goutte de la solution de butan-2-ol.

La réaction met en jeu le bromure de pentylmagnésium et le butan-2-ol comme réactifs, et forme deux produits. À l'état initial, avant que la transformation ait commencé, les produits ne sont pas présents. Le quotient réactionnel, rapport des activités des produits à celles des réactifs, est donc nul : le numérateur est nul et les réactifs ont une activité non nulle après ajout de la première goutte.

Or la constante d'équilibre vaut $K = 10^{25}$. Comme $Q_{r,i} = 0 < K$, l'évolution spontanée se fait dans le sens direct.

RÉPONSE À RETENIR

$Q_{r,i} = 0 < K = 10^{25}$: la transformation est spontanée dans le sens direct dès l'ajout de la première goutte de butan-2-ol.

Question Q2.

Sujet p. 11

> Préciser le changement de couleur observé à l'équivalence lors de ce titrage, la solution de butan-2-ol étant placée dans la burette. Justifier.

La bisquinoléine est rose en présence de bromure de pentylmagnésium et incolore en son absence. Tant que ce réactif est présent, l'indicateur est rose. À l'équivalence, le bromure de pentylmagnésium a été consommé par le butan-2-ol versé depuis la burette : l'indicateur passe donc à sa couleur en l'absence de ce réactif.

RÉPONSE À RETENIR

À l'équivalence, la couleur passe du rose à l'incolore.

Question Q3.

Sujet p. 11

> Déterminer la concentration réelle en quantité de matière, notée Créel, en bromure de pentylmagnésium.

L'équation du titrage montre une proportion stœchiométrique de 1:1 entre le bromure de pentylmagnésium et le butan-2-ol. À l'équivalence, les quantités de matière ayant réagi sont donc égales :

$C_{réel}V_0 = C_{alcool}V_E$.

En utilisant les deux volumes dans la même unité :

$C_{réel} = C_{alcool}V_E/V_0 = (1{,}00\ \text{mol·L}^{-1} \times 19{,}4\ \text{mL})/(10{,}0\ \text{mL}) = 1{,}94\ \text{mol·L}^{-1}$.

RÉPONSE À RETENIR

La concentration réelle mesurée est $C_{\text{réel}}$ = 1,94 mol·L^{-1}.

Question Q4.

Sujet p. 11

Calculer la valeur de l'incertitude-type u(Créel) sur la concentration expérimentale Créel.

On applique la relation d'incertitude donnée dans le sujet, qui combine les incertitudes relatives par une somme quadratique :

$$\frac{u(C_{réel})}{C_{réel}} = \sqrt{\left(\frac{0,01}{10,0}\right)^2 + \left(\frac{0,05}{1,00}\right)^2 + \left(\frac{0,06}{19,4}\right)^2} \approx 0,0501.$$

Ainsi, $u(C_{réel}) = 1,94 \times 0,0501 \approx 0,0972 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, soit environ 0,10 mol·L^{-1} après arrondi.

RÉPONSE À RETENIR

$u(C_{réel}) \approx 0,097 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, soit 0,10 mol·L^{-1} à deux chiffres significatifs.

Question Q5.

Sujet p. 11, 12

Comparer la valeur de la concentration réelle mesurée en bromure de pentylmagnésium et celle indiquée sur la bouteille neuve. Conclure.

La valeur indiquée pour une bouteille neuve est $C_{com} = 2,00 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$. L'écart à cette valeur est : $|C_{réel} - C_{com}| = |1,94 - 2,00| = 0,06 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

Il est inférieur à l'incertitude-type obtenue à la question précédente, environ 0,10 mol·L^{-1}. Le quotient demandé vaut aussi $0,06/0,0972 \approx 0,62$: l'écart entre la mesure et la référence est faible au regard de l'incertitude.

RÉPONSE À RETENIR

La mesure $1,94 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ est compatible avec la valeur indiquée $2,00 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$, compte tenu de l'incertitude-type. La solution contrôlée est donc suffisamment proche de la valeur annoncée.

2. Synthèse de l'alcool de champignon

Question Q6.

Sujet p. 12

Justifier l'utilisation d'un montage à reflux lors du chauffage de l'étape de synthèse.

Le chauffage accélère la transformation, mais le diéthyléther et certaines espèces du milieu peuvent se vaporiser. Dans un montage à reflux, les vapeurs sont refroidies dans le réfrigérant, se condensent et retombent dans le ballon. On peut ainsi chauffer le mélange pendant 10 minutes en limitant les pertes de matière volatile.

RÉPONSE À RETENIR

Le reflux permet de chauffer efficacement le milieu réactionnel tout en limitant les pertes par évaporation, car les vapeurs condensées retournent dans le ballon.

Question Q7.

Sujet p. 10, 12

> Indiquer, en justifiant, les espèces présentes dans chacune des deux phases de l'ampoule à décanter.

Le diéthyléther constitue la phase organique. L'alcool de champignon est insoluble dans l'eau et soluble dans le diéthyléther : il se trouve donc dans cette phase. L'acroléine en excès, peu soluble dans l'eau et soluble dans le diéthyléther, s'y trouve également principalement.

La phase aqueuse contient l'eau et les espèces ioniques apportées ou formées lors du traitement par la solution de chlorure d'ammonium, notamment NH_4^+, Cl^-, Mg^{2+} et Br^-. Le protocole précise que l'ammoniac NH_3 formé se trouve majoritairement dans cette phase.

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Phase organique : diéthyléther, alcool de champignon et principalement l'acroléine en excès. Phase aqueuse : eau et espèces ioniques, notamment NH_4^+, Cl^-, Mg^{2+} et Br^-, ainsi que l'ammoniac NH_3, majoritairement présent dans cette phase.

Question Q8.

Sujet p. 10, 12

> Indiquer la température à sélectionner pour obtenir le produit désiré.

Lors d'une distillation fractionnée, la température mesurée en haut de la colonne correspond aux vapeurs qui sont ensuite condensées. D'après le tableau, l'alcool de champignon a une température d'ébullition de 175 °C à pression atmosphérique. Elle est distincte de celles de l'acroléine (53 °C) et du diéthyléther (35 °C).

> **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Il faut sélectionner une température voisine de 175 °C pour recueillir l'alcool de champignon.

Question Q9.

Sujet p. 10, 13

> Interpréter les résultats des analyses des figures 2 et 3.

Le spectre infrarouge présente une large bande vers 3349 cm^{-1}, caractéristique d'une liaison O–H. La bande vers 1644 cm^{-1} est compatible avec la liaison C=C de l'alcool de champignon. Les absorptions dans la zone des liaisons C–H sont également présentes. Le spectre ne montre pas de bande forte et fine caractéristique d'une liaison C=O : il est donc cohérent avec le produit attendu et non avec l'acroléine, qui possède une liaison C=O.

Sur la CCM, le dépôt (3), correspondant au produit après purification, donne une seule tache détectable. Elle migre à la même hauteur qu'une tache du dépôt (2), la phase organique avant purification, et à une hauteur différente de la tache du dépôt (1), l'acroléine commerciale. La phase organique brute contient donc notamment l'espèce obtenue, avec d'autres espèces détectables, tandis que la purification conduit à un produit d'apparence plus pure selon cette CCM.

RÉPONSE À RETENIR

Le spectre IR est compatible avec un alcool insaturé : bande O–H large, bande C=C et absence de bande C=O caractéristique. La CCM montre qu'après purification le produit donne une seule tache détectable, distincte de l'acroléine et de même migration qu'une espèce présente dans la phase organique brute. Les analyses sont donc cohérentes avec la formation puis la purification de l'alcool de champignon.

Question Q10.

Sujet p. 10, 12

Déterminer le rendement de la synthèse.

L'acroléine est introduite en excès et les ions NH_4^+ sont ensuite également en excès. Le bromure de pentylmagnésium est donc le réactif limitant. L'équation de synthèse montre qu'une mole de ce réactif peut former une mole d'alcool de champignon.

La quantité initiale de bromure de pentylmagnésium, avec les données du protocole, vaut :

$n = CV = 2,00\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1} \times 0,0100\ \text{L} = 0,0200\ \text{mol}.$

La quantité maximale d'alcool est donc 0,0200 mol. Avec $M = 128,2\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$, la masse théorique est $m_{th} = 0,0200 \times 128,2 = 2,564\ \text{g}$. Pour 2,25 g obtenus :

$$\eta = \frac{2,25}{2,564} \times 100 \approx 87,8\ \%.$$

RÉPONSE À RETENIR

Le rendement de la synthèse est d'environ 88 %.

Sujet : https://www.labolycee.org/fichiers/2026-09-metropole-j1-sujet-original-e62376.pdf
© FormaV EI • Proposition de correction, distincte d'un corrigé officiel.

Copyright © 2027 FormaV®. Tous droits réservés.

FormaV® est une marque déposée auprès de l'INPI sous le numéro 5227897.

Ce document a été élaboré par FormaV® avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV®, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV® se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.