HADAMARD CORRIGÉ • BAC 2026

Physique-chimie

Jour 2 · 17 juin 2026 (métropole) · sujet 26-PYCJ2ME1

3 exercices · 20 points · durée officielle 3 h 30 – corrigé question par question par l'Institut Hadamard.

Exercice 1 Le kéfir de fruit

9 points | viser 1 h 20 | **DIFFICILE**

Dosage des ions chlorure de l'eau (conductimétrie), cinétique de fermentation (ordre 1) et arôme (IR, extraction, chromatographie).

CORRIGÉ

1. DOSAGE DES IONS CHLORURE

Q1. Bécher contenant l'eau du robinet (solution titrée) avec la cellule conductimétrique et un agitateur magnétique ; burette contenant la solution de nitrate d'argent (solution titrante).

Q2. Ligne 4 : `V1=250` (volume titré en mL) ; ligne 5 : `C=1.00E-2` (concentration titrante en mol·L^{-1}).

Q3. À l'équivalence $C \cdot V_E = C_1 \cdot V_1$, donc ligne 7 : `VE=C1*V1/C`.

Q4. AgCl est nul au départ, puis maximal et constant après l'équivalence (réaction limitée par Cl^-) : ligne 15 : `nproduit=[0, C1*V1*0.001, C1*V1*0.001]`.

Q5. NO_3^- ne réagit pas : sa quantité croît linéairement, $n(NO_3^-) = C \cdot V$ – une droite passant par l'origine sur tout le titrage.

Q6. Avant l'équivalence, les Cl^- ($\lambda = 7{,}6$) sont remplacés par des NO_3^- ($\lambda = 7{,}1$, plus faible) et les Ag^+ sont consommés : σ diminue légèrement. Après l'équivalence, Ag^+ et NO_3^- s'accumulent : σ augmente. Le minimum marque l'équivalence.

Q7. Le minimum de σ donne $V_E \approx 11$ mL, donc $n(Cl^-) = C\,V_E = 1{,}00 \times 10^{-2} \times 11 \times 10^{-3} \approx 1{,}1 \times 10^{-4}$ mol, soit une concentration massique

$$t_m = \frac{n(\mathrm{Cl}^-)\,M(\mathrm{Cl})}{V_1} = \frac{1{,}1 \times 10^{-4} \times 35{,}5}{0{,}250} \approx 1{,}6 \times 10^{-2}\ \mathrm{g{\cdot}L^{-1}}.$$

C'est très inférieur à 2 g·L^{-1} : l'eau convient pour préparer le kéfir.

2. CINÉTIQUE DE LA FERMENTATION

Q8. On peut suivre le dégagement de CO_2 (mesure de la pression ou du volume de gaz), ou la perte de masse du système.

Q9. Tableau d'avancement ($C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2\,C_2H_5OH + 2\,CO_2$) : $n_{\text{glu}} = n_{\text{glu}}(t_0) - x$ et $n_{\text{éth}} = 2x$, donc $x = \dfrac{n_{\text{éth}}}{2} = \dfrac{C_{\text{éth}}\,V_{\text{Boisson}}}{2}$, d'où $n_{\text{glu}}(t) = n_{\text{glu}}(t_0) - \dfrac{C_{\text{éth}}(t)\,V_{\text{Boisson}}}{2}$.

Q10. Vitesse de disparition $v = -\dfrac{\mathrm{d}C_{\text{glu}}}{\mathrm{d}t}$; loi d'ordre 1 : $v = k\,C_{\text{glu}}$. Donc $\dfrac{\mathrm{d}C_{\text{glu}}}{\mathrm{d}t} + k\,C_{\text{glu}} = 0$.

Q11. Si $C_{\text{glu}}(t) = C_{\text{glu}}(0)\,\mathrm{e}^{-kt}$, alors $\dfrac{\mathrm{d}C_{\text{glu}}}{\mathrm{d}t} = -k\,C_{\text{glu}}(0)\,\mathrm{e}^{-kt} = -k\,C_{\text{glu}}$: l'équation est vérifiée, et $C_{\text{glu}}(0)$ est bien la valeur en $t = 0$.

Q12. $\ln C_{\text{glu}} = \ln C_{\text{glu}}(0) - k\,t$: c'est une fonction affine de t. Le tracé étant une droite (figure 3), la loi d'ordre 1 est confirmée.

Q13. L'ordonnée à l'origine vaut $-2{,}22$, donc $C_{\text{glu}}(0) = \mathrm{e}^{-2{,}22} \approx 0{,}109$ mol·L^{-1}. Masse $= C_{\text{glu}}(0)\,V_{\text{Boisson}}\,M = 0{,}109 \times 1 \times 180 \approx 20$ g – cohérent avec les 20 g de glucose de la recette.

Q14. La pente donne $k = 5{,}34 \times 10^{-6}$ s^{-1}, d'où $t_{1/2} = \dfrac{\ln 2}{k} \approx 1{,}30 \times 10^{5}$ s ≈ 36 h. La recette préconise au moins 24 h : c'est moins d'une demi-réaction, donc plus de la moitié du glucose subsiste ⇒ la boisson reste sucrée. Recette cohérente.

3. ARÔME DE LA BOISSON

Q15. Spectre A = citral (aldéhyde : bande C=O vers 1700 cm^{-1}, mais *pas* de bande O–H large) ; Spectre B = acide citrique (large bande O–H 3200–3700 cm^{-1} de l'acide et de l'alcool, plus C=O).

Q16. L'acétate d'éthyle : les trois espèces y sont solubles (citral et limonène « convenable », acide citrique « grande ») et il est peu miscible à l'eau, ce qui permet l'extraction. (Le cyclohexane ne dissout pas l'acide citrique ; l'eau dissout mal le citral et le limonène.)

Q17. Sur le chromatogramme, la tache de l'extrait K est à la même hauteur que celle de l'acide citrique A (faible migration) : l'espèce du citron présente dans la boisson est l'acide citrique, responsable du goût acidulé.

Exercice 2 La yaourtière

5,5 points | viser 45 min | MOYEN

Bilans d'énergie de la fabrication (chauffage + maintien), coût d'un yaourt, puis refroidissement d'un pot au réfrigérateur.

CORRIGÉ

1. FABRICATION DES YAOURTS

Q1. $Q_{\text{chauffage}} = C\,(\theta_{\text{fab}} - \theta_{\text{amb}}) = 4{,}0 \times 10^{3} \times (43 - 20) = 9{,}2 \times 10^{4}$ J.

Q2. $85\,\%$ de l'énergie électrique sert au chauffage : $0{,}85\,P_A\,\Delta t_A = Q_{\text{chauffage}}$, donc $\Delta t_A = \dfrac{9{,}2 \times 10^{4}}{0{,}85 \times 150} \approx 722$ s ≈ 12 min. Comme la phase dure 8 h, $\Delta t_B = 8$ h $- 12$ min ≈ 7 h 50 min.

Q3. Énergie électrique : étape A $\approx 150 \times 722 \approx 0{,}030$ kWh, étape B $\approx 20 \times 7{,}8$ h $\approx 0{,}156$ kWh, soit $\approx 0{,}19$ kWh $\rightarrow 0{,}19 \times 0{,}20 \approx 0{,}04$ €. Lait : $0{,}700 \times 1{,}05 = 0{,}735$ € ; ferments : $0{,}64$ €. Total $\approx 1{,}41$ € pour 7 yaourts, soit $\approx 0{,}20$ €/yaourt $< 0{,}35$ € : l'argument du coût est vérifié.

2. REFROIDISSEMENT AU RÉFRIGÉRATEUR

Q4. Conduction, convection et rayonnement.

Q5. $\Phi_0 = h\,S\,(\theta_0 - \theta_{\text{réfri}}) = 10 \times 0{,}019 \times (30 - 4{,}0) \approx 4{,}9$ W. À mesure que $\{P\}$ refroidit, θ diminue, donc $(\theta - \theta_{\text{réfri}})$ et Φ décroissent au cours du temps.

Q6. Après un temps très long, $\theta \rightarrow \theta_{\text{réfri}} = 4{,}0\,°\mathrm{C}$. L'énergie perdue vaut $Q = m\,c_Y\,(\theta_0 - \theta_{\text{réfri}}) = 0{,}19 \times 2{,}5 \times 10^{3} \times 26 \approx 1{,}2 \times 10^{4}$ J $= 12$ kJ.

Q7. $\Delta t_0 = \dfrac{Q}{\Phi_0} = \dfrac{1{,}2 \times 10^4}{4{,}9} \approx 2{,}5 \times 10^3$ s (soit ≈ 42 min).

Q8. $\theta(t)$ décroît exponentiellement de $30\,°$C vers $4\,°$C. Graphiquement, τ est l'abscisse de l'intersection de la tangente à l'origine avec l'asymptote $\theta = \theta_{\text{réfri}}$ (ou le temps pour atteindre $4 + 0{,}37 \times 26 \approx 13{,}6\,°$C).

Q9. $\tau = \dfrac{m\,c_Y}{h\,S} = \dfrac{0{,}19 \times 2{,}5 \times 10^3}{10 \times 0{,}019} = 2{,}5 \times 10^3$ s $= \Delta t_0$: les deux expressions sont identiques. Comme le flux réel diminue, le refroidissement complet prend en réalité plusieurs τ – les 2 h au réfrigérateur suffisent largement.

Exercice 3 Le satellite TESS

5,5 points | viser 45 min | **MOYEN**

Système planétaire TOI 270 (lois de Newton et de Kepler), puis mesure de la période par la méthode des transits.

CORRIGÉ

1. ÉTUDE DU SYSTÈME TOI 270

Q1. $\vec{F} = \dfrac{G\,M_2\,M_E}{R_2^2}\,\vec{u_N}$ (attraction dirigée de l'exoplanète vers E, selon $+\vec{u_N}$).

Q2. En mouvement circulaire uniforme, $\vec{a} = \dfrac{v_2^2}{R_2}\,\vec{u_N}$. La 2e loi de Newton $M_2\vec{a} = \vec{F}$ projetée sur $\vec{u_N}$ donne $\dfrac{M_2 v_2^2}{R_2} = \dfrac{GM_2M_E}{R_2^2}$, d'où $v_2 = \sqrt{\dfrac{GM_E}{R_2}}$.

Q3. Or $v_2 = \dfrac{2\pi R_2}{T_2}$, donc $\dfrac{GM_E}{R_2} = \dfrac{4\pi^2 R_2^2}{T_2^2}$, soit $M_E = \dfrac{4\pi^2 R_2^3}{G\,T_2^2}$.

Q4. Avec $R_2 = 1{,}08 \times 10^{10}$ m et $T_2 = 11{,}4 \times 86400 \approx 9{,}85 \times 10^5$ s : $M_E = \dfrac{4\pi^2 (1{,}08 \times 10^{10})^3}{6{,}67 \times 10^{-11} \times (9{,}85 \times 10^5)^2} \approx 7{,}7 \times 10^{29}$ kg, voisin des $7{,}68 \times 10^{29}$ kg du tableau.

Q5. 3e loi de Kepler : $\dfrac{T_1^2}{R_1^3} = \dfrac{T_2^2}{R_2^3}$, donc $T_1 = T_2\left(\dfrac{R_1}{R_2}\right)^{3/2} = 11{,}4 \times \left(\dfrac{6{,}77}{10{,}8}\right)^{3/2} \approx 5{,}7$ jours.

2. MESURE DE T_1 PAR LA MÉTHODE DES TRANSITS

Q6. $\Delta P_{\text{lum}} = \left(\dfrac{r_1}{r_E}\right)^2$: plus l'exoplanète est grande (grand r_1), plus elle masque de lumière, donc plus ΔP_{lum} est grande.

Q7. La figure 3 donne $\Delta P_{\text{lum}} \approx 1 - 0{,}996 = 4 \times 10^{-3}$, donc $r_1 = r_E\sqrt{\Delta P_{\text{lum}}} = 2{,}63 \times 10^5 \times \sqrt{4 \times 10^{-3}} \approx 1{,}7 \times 10^4$ km.

Q8. Pendant le transit, l'exoplanète balaie l'angle 2α avec $\alpha \approx \dfrac{r_E + r_1}{R_1} = \dfrac{(2{,}63 + 0{,}17) \times 10^5}{6{,}77 \times 10^6} \approx 4{,}1 \times 10^{-2}$ rad. La figure 3 donne $\Delta t = t_f - t_i \approx 1{,}8$ h. Comme $\dfrac{\Delta t}{T_1} = \dfrac{2\alpha}{2\pi}$:

$$T_1 = \frac{\pi\,\Delta t}{\alpha} \approx \frac{\pi \times 1{,}8}{4{,}1 \times 10^{-2}} \approx 1{,}4 \times 10^2 \text{ h} \approx 5{,}7 \text{ jours},$$

en bon accord avec la valeur obtenue par la loi de Kepler (Q5).