

Corrigé

Épreuve d'enseignement de spécialité — Physique-Chimie

Baccalauréat Général — Session 2026 — Métropole — Jour 1

Sujet 26-PYCJ1ME1 — 16 juin 2026

Exercice 1 — Étude d'un lave-linge (11 points)

1. Remplissage de la cuve

Q1. Durée de remplissage à moitié

Le volume d'eau à introduire est la moitié du volume du cube, soit $\frac{V_c}{2} = \frac{a^3}{2}$. Avec le débit volumique D_v (volume par unité de temps) :

$$\Delta t_1 = \frac{V_c/2}{D_v} = \frac{a^3}{2D_v}.$$

Avec $a = 60,0 \text{ cm} = 0,600 \text{ m}$ et $D_v = 12 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$:

$$\Delta t_1 = \frac{(0,600)^3}{2 \times 12 \times 10^{-3}} = \frac{0,216}{0,024} = 9,0 \text{ min.}$$

RÉPONSE

La durée nécessaire pour remplir la moitié de la cuve est $\Delta t_1 = \frac{a^3}{2D_v} \approx 9,0 \text{ min.}$

Q2. Sens de variation de la pression

RÉPONSE

Lorsque le niveau d'eau monte, une partie de l'eau pénètre dans la chambre de compression et comprime l'air enfermé : à quantité de matière et température constantes, le volume de l'air diminue. D'après la loi de Boyle–Mariotte ($P \cdot V = \text{constante}$), une diminution du volume entraîne une augmentation de la pression. La pression augmente donc dans la chambre.

Q3. Volume V_2 de l'air à l'arrêt du remplissage

L'eau monte d'une hauteur h dans le cylindre de rayon r , occupant le volume $\pi r^2 h$ qui n'est plus disponible pour l'air.

RÉPONSE

Le volume occupé par l'air à l'arrêt du remplissage est $V_2 = V_0 - \pi r^2 h$.

Q4. Expression de P_2 et de la surpression ΔP

L'air se comporte comme un gaz parfait, à température et quantité de matière constantes : la loi de Boyle–Mariotte donne $P_0 V_0 = P_2 V_2$, d'où :

$$P_2 = \frac{P_0 V_0}{V_2} = \frac{P_0 V_0}{V_0 - \pi r^2 h}.$$

La surpression vaut alors :

$$\Delta P = P_2 - P_0 = \frac{P_0 V_0}{V_0 - \pi r^2 h} - P_0 = P_0 \frac{V_0 - (V_0 - \pi r^2 h)}{V_0 - \pi r^2 h} = P_0 \times \frac{\pi r^2 h}{V_0 - \pi r^2 h}.$$

RÉPONSE

On obtient bien $\Delta P = P_0 \times \frac{\pi r^2 h}{V_0 - \pi r^2 h}$.

Q5. Valeur de la surpression lors du test

Avec $r = 3,0 \times 10^{-2}$ m, $h = 5,0 \times 10^{-3}$ m et $V_0 = 0,50 \times 10^{-3}$ m³ :

$$\pi r^2 h = \pi \times (3,0 \times 10^{-2})^2 \times 5,0 \times 10^{-3} \approx 1,41 \times 10^{-5} \text{ m}^3,$$

$$\Delta P = 1,01 \times 10^5 \times \frac{1,41 \times 10^{-5}}{5,0 \times 10^{-4} - 1,41 \times 10^{-5}} \approx 2,9 \times 10^3 \text{ Pa}.$$

RÉPONSE

La surpression lors du test vaut $\Delta P \approx 2,9 \times 10^3$ Pa, soit environ 20 fois la valeur d'un cycle normal (150 Pa). C'est cohérent : lors du test, la cuve est remplie à moitié (hauteur d'eau bien plus grande), ce qui crée une surpression nettement supérieure.

Q6. Vérification par la statique des fluides

MÉTHODE

Entre deux points A et B d'un même fluide incompressible au repos : $P_A + \rho g z_A = P_B + \rho g z_B$.

Le point A est à la surface libre de l'eau dans la cuve (altitude $z_A = \frac{a}{2}$, pression P_0) ; le point B est à la surface de l'eau dans la chambre (altitude $z_B = h$, pression P_2) :

$$P_0 + \rho g \frac{a}{2} = P_2 + \rho g h \implies \Delta P = P_2 - P_0 = \rho g \left(\frac{a}{2} - h \right).$$

$$\Delta P = 1,0 \times 10^3 \times 9,81 \times (0,30 - 0,005) \approx 2,9 \times 10^3 \text{ Pa}.$$

RÉPONSE

La statique des fluides redonne $\Delta P \approx 2,9 \times 10^3$ Pa : les deux méthodes sont en parfait accord.

Q7. Volume d'eau en fonctionnement normal

En fonctionnement normal, $\Delta P = 150$ Pa et h est négligeable : la statique des fluides donne $\Delta P = \rho g H$, où H est la hauteur d'eau dans la cuve. Donc :

$$H = \frac{\Delta P}{\rho g} = \frac{150}{1,0 \times 10^3 \times 9,81} \approx 1,53 \times 10^{-2} \text{ m},$$

$$V_{\text{eau}} = a^2 \times H = (0,60)^2 \times 1,53 \times 10^{-2} \approx 5,5 \times 10^{-3} \text{ m}^3 = 5,5 \text{ L}.$$

RÉPONSE

En fonctionnement normal sans linge, la cuve contient un volume d'eau $V_{\text{eau}} \approx 5,5$ L.

2. Durée de temporisation

Q8. Équation différentielle

À la charge (K en position 1), la loi des mailles s'écrit $E = u_R + u_C$. Avec $u_R = Ri$ et, pour le condensateur, $i = C \frac{du_C}{dt}$, il vient $E = RC \frac{du_C}{dt} + u_C$.

RÉPONSE

La tension u_C vérifie bien l'équation différentielle $u_C(t) + RC \frac{du_C}{dt}(t) = E$.

Q9. Détermination de la constante A

En régime permanent ($t \rightarrow +\infty$), $\frac{du_C}{dt} \rightarrow 0$, donc $u_C \rightarrow E$. Or $u_C(t) = A(1 - e^{-t/\tau}) \rightarrow A$. On identifie $A = E$.

RÉPONSE

La constante vaut $A = E = 4,5 \text{ V}$ (et l'on vérifie $u_C(0) = 0$, condensateur déchargé).

Q10. Tension aux bornes du conducteur ohmique

La loi des mailles donne $u_R = E - u_C = E - E(1 - e^{-t/\tau})$.

RÉPONSE

On obtient $u_R(t) = E e^{-t/\tau}$.

Q11. Date de fin de temporisation

La fin de temporisation a lieu lorsque $u_R(t_{\text{seuil}}) = \frac{E}{3}$:

$$E e^{-t_{\text{seuil}}/\tau} = \frac{E}{3} \iff e^{-t_{\text{seuil}}/\tau} = \frac{1}{3} \iff -\frac{t_{\text{seuil}}}{\tau} = -\ln 3 \iff t_{\text{seuil}} = \tau \ln 3.$$

RÉPONSE

La date de fin de temporisation s'écrit $t_{\text{seuil}} = \tau \ln 3$.

Q12. Choix de la résistance

On souhaite $\Delta t_2 = \tau \ln 3 = RC \ln 3 \approx 30 \text{ s}$, soit $R = \frac{\Delta t_2}{C \ln 3} = \frac{30}{4,70 \times 10^{-3} \times \ln 3} \approx 5,8 \times 10^3 \Omega$.

RÉPONSE

La valeur la plus proche est $R_2 = 5,0 \text{ k}\Omega$ (elle donne $\Delta t_2 = 5,0 \times 10^3 \times 4,70 \times 10^{-3} \times \ln 3 \approx 26 \text{ s}$, voisine de 30 s).

Q13. Valeur initiale $u_R(t = 0)$ à la décharge**RÉPONSE**

Graphiquement (figure 3), $u_R(t = 0) \approx 4,5 \text{ V}$. À la décharge, la loi des mailles pour le circuit RC donne $u_R = u_C$; or le condensateur a été chargé sous $u_C(0) = E = 4,5 \text{ V}$. On retrouve donc $u_R(0) = E = 4,5 \text{ V}$: la lecture graphique est en accord avec la loi des mailles.

Q14. Constante de temps expérimentale**MÉTHODE**

À la décharge, $u_R(t) = E e^{-t/\tau}$: à $t = \tau$, $u_R = 0,37 E \approx 1,7 \text{ V}$. On lit l'abscisse correspondante.

RÉPONSE

Pour $u_R \approx 0,37 \times 4,5 \approx 1,7 \text{ V}$, on lit $\tau_{\text{exp}} \approx 23 \text{ s}$. Cette valeur est cohérente avec la valeur théorique $\tau = RC = 5,0 \times 10^3 \times 4,70 \times 10^{-3} = 23,5 \text{ s}$: l'écart est compatible avec la précision de lecture graphique.

3. Chauffage de l'eau**Q15. Modes de transfert thermique**

RÉPONSE

Les trois modes de transfert thermique sont la **conduction**, la **convection** et le **rayonnement**. Compte tenu des faibles températures mises en jeu (20 à 30 °C), c'est le **rayonnement** qui peut être négligé.

Q16. Transfert thermique nécessaire

La masse d'eau vaut $m = \rho_{\text{eau}} V_{\text{eau}} = 1,0 \times 10^3 \times 5,7 \times 10^{-3} = 5,7 \text{ kg}$, et $\Delta\theta = \theta_f - \theta_0 = 10 \text{ K}$:

$$Q = m c_{\text{eau}} \Delta\theta = 5,7 \times 4,18 \times 10^3 \times 10 \approx 2,4 \times 10^5 \text{ J.}$$

RÉPONSE

Le transfert thermique nécessaire est $Q \approx 0,24 \text{ MJ}$.

Q17. Durée de chauffage Δt_3

La puissance est intégralement transmise : $Q = P_{\text{él}} \Delta t_3$, donc $\Delta t_3 = \frac{Q}{P_{\text{él}}} = \frac{2,4 \times 10^5}{2 \times 10^3} \approx 119 \text{ s}$.

RÉPONSE

La durée de fonctionnement nécessaire est $\Delta t_3 \approx 119 \text{ s} \approx 2,0 \text{ min}$.

Q18. Températures du thermoplongeur

Lorsque l'eau a atteint $\theta_f = 30 \text{ °C}$, le flux vaut $\Phi = P_{\text{él}} = 2 \text{ kW}$, et $\theta_{\text{thermo}} = \theta_f + \frac{\Phi}{h_c S}$.

$$\text{Sans brassage : } \theta_{\text{thermo}} = 30 + \frac{2000}{1,0 \times 10^3 \times 0,020} = 130 \text{ °C,}$$

$$\text{Avec brassage : } \theta_{\text{thermo}} = 30 + \frac{2000}{4,0 \times 10^3 \times 0,020} = 55 \text{ °C.}$$

RÉPONSE

La température du thermoplongeur est d'environ 130 °C sans brassage et d'environ 55 °C avec brassage de l'eau.

Q19. Lecture des figures 4 et 5**RÉPONSE**

D'après la figure 4 (courbe « sans tartre »), l'eau atteint 30 °C au bout d'environ 100 s. À cet instant, la figure 5 (courbe « sans tartre ») indique une température du thermoplongeur d'environ 55 °C. Cette valeur est en accord avec celle obtenue à la question Q18 avec brassage (55 °C), ce qui est cohérent puisque la modélisation suppose un brassage efficace de l'eau.

Q20. Surconsommation due au tartre**MÉTHODE**

L'énergie électrique consommée est $E_{\text{él}} = P_{\text{él}} \times \Delta t$: à puissance constante, elle est proportionnelle à la durée de chauffage. On compare les durées pour atteindre 30 °C avec et sans tartre.

D'après la figure 4, l'eau atteint 30 °C au bout de $t_1 \approx 100 \text{ s}$ sans tartre et de $t_2 \approx 115 \text{ s}$ avec 2 mm de tartre. La surconsommation relative vaut :

$$\frac{E_2 - E_1}{E_1} = \frac{t_2 - t_1}{t_1} \approx \frac{115 - 100}{100} \approx 0,15.$$

RÉPONSE

La présence de tartre augmente la durée de chauffage (donc l'énergie consommée) d'environ 15 %, ce qui justifie la recommandation de l'ADEME de détartrer régulièrement le lave-linge.

Exercice 2 — L'odeur de jasmin (4 points)

Q1. Groupe caractéristique et famille

RÉPONSE

Le groupe caractéristique entouré est le groupe **ester** $-C(=O)-O-$ (liaison entre le carbonyle $C=O$ et l'atome d'oxygène lié au groupe benzyle). L'éthanoate de benzyle appartient donc à la famille des **esters**.

Q2. Rôle de l'étape C

RÉPONSE

Verser le contenu du tube dans de l'eau distillée glacée réalise une **trempe** : la dilution et le refroidissement brutal ralentissent fortement (bloquent) la réaction. La composition du mélange est ainsi figée, ce qui permet de la doser à une date t bien définie.

Q3. Relation entre les quantités de matière

La réaction $C_2H_4O_2 + C_7H_8O \rightleftharpoons C_9H_{10}O_2 + H_2O$ a des nombres stœchiométriques égaux à 1. Avec l'avancement x : $n_{ac}(t) = n_{0,ac} - x$ et $n_{EB}(t) = x$ (l'éthanoate de benzyle, absent initialement, se forme).

RÉPONSE

En éliminant l'avancement, $n_{ac}(t) = n_{0,ac} - n_{EB}(t)$.

Q4. Vérification de $n_{0,ac}$

Le mélange contient 25 % en volume d'acide éthanoïque, soit, dans $V = 2,0$ mL, un volume d'acide $V_{ac} = 0,25 \times 2,0 = 0,50$ mL :

$$n_{0,ac} = \frac{\rho_{ac} V_{ac}}{M_{ac}} = \frac{1,05 \times 0,50}{60,1} \approx 8,7 \times 10^{-3} \text{ mol.}$$

RÉPONSE

On retrouve bien $n_{0,ac} \approx 8,7 \times 10^{-3}$ mol (= 0,0087 mol, ligne 7 du programme).

Q5. Ligne 18 du programme

```
for i in range(0, 9):
    n_EB[i] = n_0ac - n_ac[i]
```

RÉPONSE

La ligne 18 s'écrit : $n_{EB}[i] = n_{0ac} - n_{ac}[i]$ (d'après la relation de la question Q3).

Q6. Temps de demi-réaction

RÉPONSE

Le temps de demi-réaction $t_{1/2}$ est la durée au bout de laquelle l'avancement (ici la quantité d'éthanoate de benzyle formée) atteint la moitié de sa valeur finale. La courbe plafonne à $n_{EB,max} \approx 5,8 \times 10^{-3}$ mol ; la moitié vaut $\approx 2,9 \times 10^{-3}$ mol. En reportant cette ordonnée sur la courbe, on lit $t_{1/2} \approx 2,5$ min.

Q7. Vitesse volumique d'apparition

RÉPONSE

La vitesse volumique d'apparition de l'éthanoate de benzyle s'écrit $v_{EB} = \frac{1}{V} \frac{dn_{EB}}{dt}$.

Q8. Vitesse initiale

MÉTHODE

On trace la tangente à la courbe $n_{EB}(t)$ à l'instant $t = 0$ (elle passe par l'origine) ; son coefficient directeur donne $\left(\frac{dn_{EB}}{dt}\right)_{t=0}$.

La tangente à l'origine a un coefficient directeur d'environ $\frac{dn_{EB}}{dt}(0) \approx 2 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{min}^{-1}$, d'où :

$$v_{EB}(0) = \frac{1}{V} \left(\frac{dn_{EB}}{dt}\right)_0 \approx \frac{2 \times 10^{-3}}{2,0 \times 10^{-3}} \approx 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}.$$

RÉPONSE

La vitesse volumique d'apparition initiale est de l'ordre de $v_{EB}(0) \approx 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$.

Q9. Facteur cinétique

RÉPONSE

La vitesse diminue au cours du temps. Le facteur cinétique responsable est la **concentration des réactifs** : à mesure qu'ils sont consommés, leur concentration diminue, ce qui ralentit la réaction (la température, fixée par le bain thermostaté, reste constante).

Q10. Optimisation du rendement

RÉPONSE

La synthèse est une estérification, transformation limitée par un équilibre. Pour augmenter le rendement, on peut **éliminer l'eau formée au fur et à mesure** (par exemple à l'aide d'un montage de Dean–Stark), ce qui déplace l'équilibre dans le sens de la formation de l'ester. (On pourrait aussi augmenter encore l'excès d'alcool benzylique.)

Exercice 3 — Coloration de la laine (5 points)

1. Synthèse d'un « colorant acide »

Q1. Intermédiaire réactionnel

RÉPONSE

Un intermédiaire réactionnel est une espèce chimique formée au cours d'une étape d'un mécanisme réactionnel puis entièrement consommée lors d'une étape ultérieure : il n'apparaît ni parmi les réactifs ni parmi les produits de l'équation de réaction globale.

Q2. Intermédiaires réactionnels du mécanisme

RÉPONSE

Les deux intermédiaires réactionnels à souligner sont l'**acide nitreux** $\text{HO}-\text{N}=\text{O}$ (formé à l'étape 1 et consommé à l'étape 2) et l'**ion nitreux protoné** $\text{H}_2\text{O}^+-\text{N}=\text{O}$ (formé à l'étape 2 et consommé à l'étape 3).

Q3. Sites donneur et accepteur (étape 1)

RÉPONSE

Dans l'étape 1, le **site donneur de doublet d'électrons** est l'atome d'oxygène portant la charge négative de l'ion NO_2^- (atome riche en électrons, porteur de doublets non liants). Le **site accepteur** est l'ion H^+ (espèce déficiente en électrons, chargée positivement).

Q4. Flèches courbes (annexe A2)

RÉPONSE

Étape 1 : une flèche part d'un doublet non liant de l'oxygène chargé négativement de NO_2^- vers l'ion H^+ (formation de la liaison O–H).

Étape 2 : une flèche part d'un doublet non liant de l'oxygène du groupe –OH vers H^+ (protonation, formation de H_2O^+).

Étape 3 : une flèche part de la liaison N–O (de l'eau partante) vers l'atome d'oxygène (départ de la molécule d'eau), et un doublet non liant de l'azote bascule pour former la liaison triple de l'ion nitrosonium $\text{N}\equiv\text{O}^+$.

Q5. Masse maximale de colorant

Les réactifs réagissent mole à mole. Les quantités introduites sont :

$$n_{\text{sulf}} = \frac{0,87}{173,2} \approx 5,02 \times 10^{-3} \text{ mol}, \quad n_{\beta} = \frac{0,72}{144,2} \approx 4,99 \times 10^{-3} \text{ mol}.$$

Le β -naphthol est le réactif limitant ($n_{\beta} < n_{\text{sulf}}$, l'acide nitreux étant en excès), donc $n_{\text{colorant,max}} = n_{\beta}$:

$$m_{\text{max}} = n_{\beta} \times M_{\text{colorant}} = 4,99 \times 10^{-3} \times 328,3 \approx 1,64 \text{ g}.$$

RÉPONSE

La masse maximale de colorant pouvant être obtenue est $m_{\text{max}} \approx 1,64 \text{ g}$ (le β -naphthol étant le réactif limitant).

Q6. Rendement

$$\eta = \frac{m_{\text{exp}}}{m_{\text{max}}} = \frac{1,53}{1,64} \approx 0,93.$$

RÉPONSE

Le rendement de la synthèse est $\eta \approx 93\%$.

Q7. Couleur du colorant**MÉTHODE**

La couleur perçue est la couleur **complémentaire** de la couleur de la lumière absorbée (au maximum d'absorption), lue sur le cercle chromatique.

RÉPONSE

Le spectre montre une absorption maximale autour de $\lambda_{\max} \approx 480\text{ nm}$ (domaine du bleu), l'absorbance devenant nulle au-delà de 570 nm. La couleur du colorant est la complémentaire du bleu : ce colorant est donc **orange**.

2. Étude du bain de teinture**Q8. Concentration pour le titrage n°1**

À l'équivalence, les réactifs sont introduits dans les proportions stœchiométriques : $n_{\text{ac}}(\text{prélèvement}) = n_{\text{HO}^-}$ versé, soit $C_{\text{dilué}} V_A = C_B V_E$. Le vinaigre ayant été dilué dix fois, $C = 10 C_{\text{dilué}}$:

$$C = 10 \times \frac{C_B V_E}{V_A} = 10 \times \frac{0,10 \times 13,50}{10,0} = 1,350 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}.$$

RÉPONSE

Pour le titrage n°1, $C = \frac{10 C_B V_{E1}}{V_A} = 1,350 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Q9. Moyenne et écart-type**RÉPONSE**

La valeur moyenne est $C_{\text{moy}} = 1,3621 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ et l'écart-type vaut $\sigma = 0,009 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ (les mesures sont resserrées autour de 1,36 mol/L).

Q10. Incertitude-type

$$u(C_{\text{moy}}) = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{0,009}{\sqrt{12}} \approx 0,003 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}.$$

RÉPONSE

L'incertitude-type vaut $u(C_{\text{moy}}) \approx 0,003 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. Le résultat s'écrit, avec un nombre de chiffres significatifs adapté : $C = (1,362 \pm 0,003) \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Q11. Accord avec l'étiquette

La valeur de référence (étiquette 8°) est $C_{\text{ref}} = 1,360 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$:

$$\frac{|C_{\text{moy}} - C_{\text{ref}}|}{u(C_{\text{moy}})} = \frac{|1,362 - 1,360|}{0,003} \approx 0,7.$$

RÉPONSE

Le quotient vaut environ 0,7, valeur inférieure à 2 : la concentration mesurée est **compatible** avec la valeur indiquée sur l'étiquette. Le résultat expérimental est donc en accord avec l'indication du fabricant.