Corrigé

Baccalauréat général — Spécialité Physique-Chimie

Métropole – Jour 2 – Session de remplacement 2024

Épreuve du jeudi 12 septembre 2024 — Durée 3 h 30 (24-PYCJ2ME3)

Exercice 1 — Vol en montgolfière

(11 pts)

Partie 1 — L'envol de la montgolfière

RAPPEL

Référentiel terrestre supposé galiléen ; forces : poids et poussée d'Archimède $\pi_A = \rho V g$. Air : 80 % de N_2 et 20 % de O_2 (en quantité de matière), gaz parfait, $R = 8{,}31\ \text{J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. Au sol : $\rho_{ext} = 1{,}2\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$, $\theta_{ext} = 21\ °\text{C}$, $p_{atm} = 1{,}0\times10^{5}\ \text{Pa}$; $V = 2{,}5\times10^{3}\ \text{m}^3$, $m_{ens} = 500\ \text{kg}$, $g = 9{,}81\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$.

Q1. Masse molaire de l'air.

MÉTHODE

La masse molaire d'un mélange est la moyenne des masses molaires de ses constituants, pondérée par leurs proportions en quantité de matière.

$M(N_2) = 2\times14\times10^{-3} = 28\times10^{-3}\ \text{kg}\cdot\text{mol}^{-1}$ et $M(O_2) = 2\times16\times10^{-3} = 32\times10^{-3}\ \text{kg}\cdot\text{mol}^{-1}$.

$$M_{air} = 0{,}80\times28\times10^{-3} + 0{,}20\times32\times10^{-3} = 28{,}8\times10^{-3}\ \text{kg}\cdot\text{mol}^{-1}.$$

RÉPONSE

$M_{air} \approx 29\times10^{-3}\ \text{kg}\cdot\text{mol}^{-1}$.

Q2. Masse d'air intérieur.

$p_{int}\,V = n\,R\,T_{int}$ avec $n = \dfrac{m_{int}}{M_{air}}$:

$$p_{int}\,V = \frac{m_{int}}{M_{air}}\,R\,T_{int} \iff m_{int} = \frac{p_{int}\,V\,M_{air}}{R\,T_{int}}.$$

RÉPONSE

$$m_{int} = \frac{p_{int}\,V\,M_{air}}{R\,T_{int}}.$$

Q3. Poids total.

RÉPONSE

$P_{total} = (m_{ens} + m_{int})\,g$.

Q4. Poussée d'Archimède au sol.

Le volume immergé est celui de l'enveloppe (nacelle négligeable), dans l'air extérieur :

$$\pi_{\mathrm{A}} = \rho_{\text{ext}}\, V\, g = 1{,}2 \times 2{,}5 \times 10^{3} \times 9{,}81 \approx 2{,}9 \times 10^{4}\ \mathrm{N}.$$

RÉPONSE

$\pi_{\mathrm{A}} \approx 2{,}9 \times 10^{4}$ N.

Q5. Température minimale de décollage.

MÉTHODE

La montgolfière décolle si la poussée d'Archimède l'emporte sur le poids : $\pi_{\mathrm{A}} \geqslant P_{\text{total}}$. On remplace m_{int} par son expression de Q2 et on isole T_{int} (une plus grande température donne un air intérieur moins dense, donc plus léger).

$$\pi_{\mathrm{A}} \geqslant (m_{\text{ens}} + m_{\text{int}})\, g \iff m_{\text{int}} \leqslant \frac{\pi_{\mathrm{A}}}{g} - m_{\text{ens}}$$

$$\iff \frac{p_{\text{int}}\, V\, M_{\text{air}}}{R\, T_{\text{int}}} \leqslant \frac{\pi_{\mathrm{A}}}{g} - m_{\text{ens}} \iff T_{\text{int}} \geqslant \frac{p_{\text{int}}\, V\, M_{\text{air}}}{R\left(\dfrac{\pi_{\mathrm{A}}}{g} - m_{\text{ens}}\right)}.$$

Avec $\dfrac{\pi_{\mathrm{A}}}{g} = \rho_{\text{ext}}\, V = 3{,}0 \times 10^{3}$ kg :

$$T_{\text{min}} = \frac{1{,}0 \times 10^{5} \times 2{,}5 \times 10^{3} \times 29 \times 10^{-3}}{8{,}31 \times (3{,}0 \times 10^{3} - 500)} \approx 3{,}5 \times 10^{2}\ \mathrm{K}.$$

RÉPONSE

$T_{\text{min}} = \dfrac{p_{\text{int}}\, V\, M_{\text{air}}}{R\left(\dfrac{\pi_{\mathrm{A}}}{g} - m_{\text{ens}}\right)} \approx 349$ K, soit environ $76\ ^{\circ}\mathrm{C}$: l'air intérieur doit être chauffé d'au moins $55\ ^{\circ}\mathrm{C}$ au-dessus de l'air extérieur.

Q6. Accélération et vitesse.

MÉTHODE

Deuxième loi de Newton en projection sur l'axe (Oz) vertical ascendant : $m_{\text{tot}}\, a_z = \pi_{\mathrm{A}} - m_{\text{tot}}\, g$. Les forces étant constantes, a_z est constante et, la vitesse initiale étant nulle, $v_z(t) = a_z\, t$.

$$a_z = \frac{\pi_{\mathrm{A}}}{m_{\text{tot}}} - g = \frac{2{,}9 \times 10^{4}}{2{,}8 \times 10^{3}} - 9{,}81 \approx 0{,}55\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}.$$

$$v(10\ \mathrm{s}) = 0{,}55 \times 10 \approx 5{,}5\ \mathrm{m \cdot s^{-1}} \qquad v(60\ \mathrm{s}) = 0{,}55 \times 60 \approx 33\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}.$$

RÉPONSE

$a \approx 0{,}55\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$; $v \approx 5{,}5\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$ au bout de 10 s et $v \approx 33\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$ au bout d'une minute.

Q7. Critique du modèle.

En $\mathrm{km \cdot h^{-1}}$: $5{,}5 \times 3{,}6 \approx 20\ \mathrm{km \cdot h^{-1}}$ après 10 s et $33 \times 3{,}6 \approx 1{,}2 \times 10^{2}\ \mathrm{km \cdot h^{-1}}$ après une minute. Dans ce modèle, la vitesse croît indéfiniment.

RÉPONSE

Une vitesse d'ascension de $120\ \text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ est irréaliste pour une montgolfière (qui monte de quelques mètres par seconde). Le modèle néglige les frottements de l'air, dont l'intensité augmente avec la vitesse, ainsi que la diminution de la masse volumique de l'air (donc de la poussée d'Archimède) avec l'altitude et le refroidissement de l'air intérieur. Piste d'amélioration : ajouter une force de frottement fluide opposée au mouvement (par exemple proportionnelle à v ou à v^2), qui conduit à une vitesse limite.

Partie 2 — Une enveloppe plus performante

Q8. Sens du flux thermique.

RÉPONSE

Un transfert thermique s'effectue spontanément du corps le plus chaud vers le corps le plus froid. Comme $\theta_{\text{int}} = 106\ ^\circ\text{C} > \theta_{\text{ext}} = 21\ ^\circ\text{C}$, le flux thermique est dirigé de l'intérieur vers l'extérieur de l'enveloppe ($\phi_1 > 0$).

Q9. Flux à travers l'enveloppe simple couche.

$$\phi_1 = \frac{\theta_{\text{int}} - \theta_{\text{ext}}}{R_{\text{th},1}} = \frac{106 - 21}{3{,}0 \times 10^{-4}} \approx 2{,}8 \times 10^5\ \text{W}.$$

RÉPONSE

$\phi_1 \approx 2{,}8 \times 10^5\ \text{W} = 280\ \text{kW}$ environ.

Q10. Comparaison avec l'enveloppe double paroi.

$$\frac{\phi_1 - \phi_2}{\phi_1} = \frac{283 - 165}{283} \approx 0{,}42 \qquad R_{\text{th},2} = \frac{\theta_{\text{int}} - \theta_{\text{ext}}}{\phi_2} = \frac{85}{165 \times 10^3} \approx 5{,}2 \times 10^{-4}\ \text{K} \cdot \text{W}^{-1}.$$

RÉPONSE

Avec la double paroi, le flux thermique perdu est réduit d'environ $40\,\%$ (sa résistance thermique est environ $1{,}7$ fois plus grande, grâce à la couche d'air, mauvais conducteur thermique). Pour maintenir la même température intérieure, les brûleurs doivent compenser moins de pertes : la consommation de carburant diminue.

Partie 3 — La gourde en aluminium

RAPPEL

Système {gourde + boisson}, $C = 2{,}1 \times 10^3\ \text{J} \cdot \text{K}^{-1}$, $S = 0{,}042\ \text{m}^2$, $\theta_0 = 48\ ^\circ\text{C}$, $\theta_{\text{ext}} = 21\ ^\circ\text{C}$; loi de Newton : $\phi = h\,S\,(\theta_{\text{ext}} - \theta(t))$, flux reçu par le système. Modélisation : $\theta(t) = 27\,\text{e}^{-0{,}000\,196\,t} + 21$.

Q11. Bilan d'énergie.

MÉTHODE

Premier principe appliqué au système (de volume constant, sans travail échangé) entre t et $t + \Delta t$: $\Delta U = Q$, avec $\Delta U = C\,\big(\theta(t + \Delta t) - \theta(t)\big)$ et $Q = \phi\,\Delta t$ (ϕ quasi constant sur Δt, durée courte).

$$C\,\big(\theta(t + \Delta t) - \theta(t)\big) = h\,S\,(\theta_{\text{ext}} - \theta(t))\,\Delta t \iff \theta(t + \Delta t) - \theta(t) = \frac{h\,S\,(\theta_{\text{ext}} - \theta(t))\,\Delta t}{C}.$$

RÉPONSE

Le premier principe donne bien $\theta(t+\Delta t)-\theta(t)=\dfrac{h\,S\,(\theta_{\text{ext}}-\theta(t))\,\Delta t}{C}$.

Q12. Constantes A et B.

$\theta(0)=A\,\mathrm{e}^{0}+B=A+B=\theta_0$. Quand $t\to+\infty$, $\mathrm{e}^{-t/\tau}\to 0$ donc $\theta\to B$; or la gourde finit à la température de l'air : $B=\theta_{\text{ext}}$.

RÉPONSE

$B=\theta_{\text{ext}}=21\ ^\circ\mathrm{C}$ et $A=\theta_0-\theta_{\text{ext}}=48-21=27\ ^\circ\mathrm{C}$. On retrouve exactement les coefficients de la modélisation numérique $\theta(t)=27\,\mathrm{e}^{-0{,}000\,196\,t}+21$: le modèle de Newton décrit bien l'expérience.

Q13. Temps caractéristique.

Par identification de $\mathrm{e}^{-t/\tau}$ avec $\mathrm{e}^{-0{,}000\,196\,t}$: $1/\tau=1{,}96\times10^{-4}\ \mathrm{s}^{-1}$.

RÉPONSE

$\tau=\dfrac{1}{1{,}96\times10^{-4}}\approx 5{,}1\times10^{3}\ \mathrm{s}$, soit environ $1\ \mathrm{h}\ 25\ \mathrm{min}$.

Q14. Coefficient d'échange h.

$$\tau=\frac{C}{h\,S}\iff h=\frac{C}{\tau\,S}=\frac{2{,}1\times10^{3}}{5{,}1\times10^{3}\times0{,}042}\approx 9{,}8\ \mathrm{W\cdot K^{-1}\cdot m^{-2}}.$$

RÉPONSE

$h\approx 9{,}8\ \mathrm{W\cdot K^{-1}\cdot m^{-2}}$, valeur comprise dans l'intervalle « sans courant d'air » (5 à 10), en cohérence avec une expérience menée au laboratoire, en air calme. (Dans la nacelle, le vent relatif ferait augmenter h et la boisson refroidirait plus vite.)

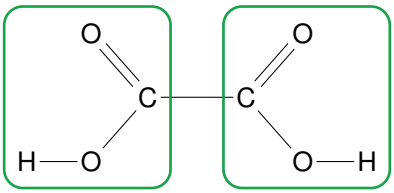
Exercice 2 — Traitement contre le varroa

(4 pts)

RAPPEL

Acide oxalique $\mathrm{C_2H_2O_4}$; dihydrate $M=126\ \mathrm{g\cdot mol^{-1}}$; $\mathrm{p}K_{\mathrm{A1}}=1{,}3$ ($\mathrm{C_2H_2O_4/C_2HO_4^-}$), $\mathrm{p}K_{\mathrm{A2}}=4{,}3$ ($\mathrm{C_2HO_4^-/C_2O_4^{2-}}$). $\mathrm{S_1}$: solution commerciale S diluée 10 fois ; titrage de $V=20{,}0\ \mathrm{mL}$ de $\mathrm{S_1}$ par la soude à $c=1{,}0\times10^{-1}\ \mathrm{mol\cdot L^{-1}}$.

Q1. Formule développée.



deux groupes carboxyle

RÉPONSE

L'acide oxalique est formé de deux groupes carboxyle $-\mathrm{COOH}$ liés par une liaison C–C : $\mathrm{HOOC-COOH}$.

Q2. Préparation de $\mathrm{S_1}$.

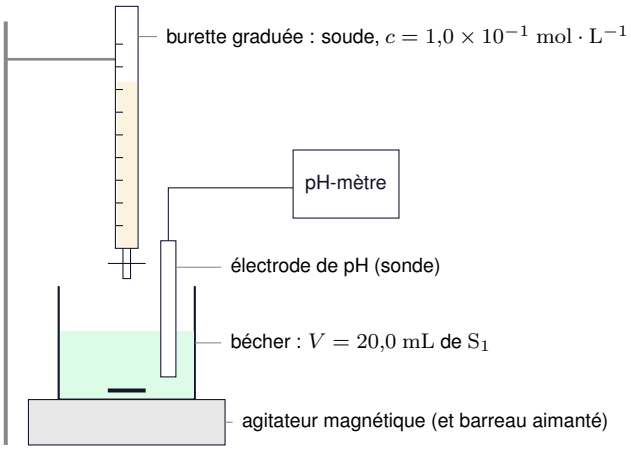
MÉTHODE

Dilution d'un facteur 10 : $V_{\text{mère}} = V_{\text{fille}}/10 = 100{,}0/10 = 10{,}0\ \mathrm{mL}$. On choisit de la verrerie jaugée, la plus précise.

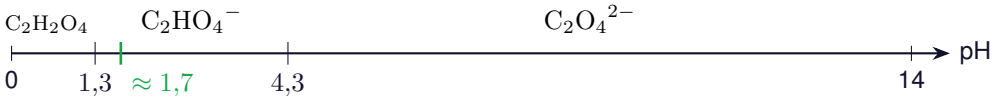
RÉPONSE

Verser un peu de solution S dans un bécher. Prélever $10{,}0\ \mathrm{mL}$ de S 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, boucher et homogénéiser. Pipette et fiole jaugées sont utilisées car elles mesurent un volume précis.

Q3. Montage du titrage.



Q4. Espèce prédominante dans $\mathrm{S_1}$.



Sur la figure 1, le pH initial (avant tout ajout de soude) vaut environ $1{,}7$.

RÉPONSE

$\mathrm{p}K_{\mathrm{A1}} = 1{,}3 < \mathrm{pH} \approx 1{,}7 < \mathrm{p}K_{\mathrm{A2}} = 4{,}3$: l'ion hydrogénooxalate $\mathrm{C_2HO_4^-}$ est la forme prédominante dans $\mathrm{S_1}$. La figure 2 le confirme : à $V_{\text{titrant}} = 0$, $n_2 \approx 3{,}6 \times 10^{-4}\ \mathrm{mol}$ est le double de $n_1 \approx 1{,}8 \times 10^{-4}\ \mathrm{mol}$.

Q5. Attribution des courbes.

RÉPONSE

n_1 décroît dès le début du titrage jusqu'à s'annuler : c'est l'acide le plus fort, $\mathrm{C_2H_2O_4}$, consommé en premier. n_3, nulle au départ, croît jusqu'à un palier : c'est la base finale $\mathrm{C_2O_4^{2-}}$, produit du titrage. n_2 croît puis décroît : c'est l'espèce amphotère $\mathrm{C_2HO_4^-}$, formée à partir de $\mathrm{C_2H_2O_4}$ puis consommée pour donner $\mathrm{C_2O_4^{2-}}$.

Q6. Retrouver $\mathrm{p}K_{\mathrm{A2}}$.

MÉTHODE

$\mathrm{pH} = \mathrm{p}K_{\mathrm{A2}} + \log([\mathrm{C_2O_4}^{2-}]/[\mathrm{C_2HO_4}^{-}])$: lorsque les deux espèces sont en quantités égales, $\mathrm{pH} = \mathrm{p}K_{\mathrm{A2}}$.

Sur la figure 2, les courbes n_2 et n_3 se croisent pour $V_{\text{titrant}} \approx 8{,}7\ \mathrm{mL}$. Sur la figure 1, le pH correspondant (entre $4{,}0$ à $8{,}0\ \mathrm{mL}$ et $4{,}5$ à $9{,}0\ \mathrm{mL}$) vaut environ $4{,}3$.

RÉPONSE

On lit sur la figure 2 le volume pour lequel $n_2 = n_3$ ($\approx 8{,}7\ \mathrm{mL}$), puis le pH correspondant sur la figure 1 : $\mathrm{pH} \approx 4{,}3 = \mathrm{p}K_{\mathrm{A2}}$.

Q7. Concentration de la solution commerciale (résolution de problème).

MÉTHODE

1. Repérer l'équivalence (saut de pH, figure 1). **2.** À l'équivalence, d'après l'équation, $n_{\text{acide}} = n(\mathrm{HO^-})_{\text{versé}}/2 = c\,V_E/2$. **3.** En déduire la concentration de $\mathrm{S_1}$, puis de S (facteur 10), puis la concentration en masse en dihydrate ($C_m = C \times M$).

Le saut de pH se produit entre $10{,}5$ et $11{,}0\ \mathrm{mL}$: $V_E \approx 10{,}8\ \mathrm{mL}$. La figure 2 le confirme : $\mathrm{C_2HO_4}^-$ disparaît vers $10{,}5\ \mathrm{mL}$ et le palier de $\mathrm{C_2O_4}^{2-}$, $5{,}4 \times 10^{-4}\ \mathrm{mol}$, est égal à la quantité initiale d'acide ($n_1 + n_2 = 1{,}8 \times 10^{-4} + 3{,}6 \times 10^{-4}$).

$$n_{\text{acide}} = \frac{c\,V_E}{2} = \frac{1{,}0 \times 10^{-1} \times 10{,}8 \times 10^{-3}}{2} = 5{,}4 \times 10^{-4}\ \mathrm{mol}$$

$$C_1 = \frac{n_{\text{acide}}}{V} = \frac{5{,}4 \times 10^{-4}}{20{,}0 \times 10^{-3}} = 2{,}7 \times 10^{-2}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$$

$$C_{\mathrm{S}} = 10\,C_1 = 0{,}27\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}} \qquad C_{m,\mathrm{S}} = C_{\mathrm{S}} \times M = 0{,}27 \times 126 \approx 34\ \mathrm{g \cdot L^{-1}}.$$

RÉPONSE

La solution commerciale contient environ $34\ \mathrm{g}$ d'acide oxalique dihydraté par litre, proche de la dose de $35\ \mathrm{g \cdot L^{-1}}$ recommandée : efficacité bonne contre le varroa, et produit correctement toléré par les abeilles. La solution est conforme aux recommandations.

Exercice 3 — Décoloration de la phénolphtaléine

(5 pts)

RAPPEL

$\mathrm{P^{2-}(aq) + HO^-(aq) \longrightarrow POH^{3-}(aq)}$, lente ; $K_e = 1{,}0 \times 10^{-14}$, $c^\circ = 1{,}0\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$. $30\ \mathrm{mL}$ de soude à $C = 0{,}50\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$ (en large excès, $[\mathrm{HO^-}]$ constante) + $0{,}50\ \mathrm{mL}$ de phénolphtaléine à $1{,}6 \times 10^{-3}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$ en $\mathrm{P^{2-}}$.

Partie 1 — Conditions initiales

Q1. Pictogramme et choix des conditions.

RÉPONSE

Le pictogramme signale un **danger grave pour la santé** (espèce cancérogène, mutagène ou toxique pour la reproduction). Il ne s'applique qu'à la phénolphtaléine solide ou en solution de concentration supérieure à $3\times10^{-2}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$: c'est pourquoi on utilise une solution très diluée ($1{,}6\times10^{-3}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$) et en très petite quantité ($0{,}50\ \text{mL}$), avec gants et lunettes.

Q2. pH de la solution de soude.

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{K_e\, c^{\circ 2}}{[\text{HO}^-]} = \frac{1{,}0\times10^{-14}}{0{,}50} = 2{,}0\times10^{-14}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1} \iff \text{pH} = -\log(2{,}0\times10^{-14}) \approx 13{,}7.$$

RÉPONSE

$\text{pH} \approx 13{,}7 > 12$: le milieu est très basique, la forme POH^{3-} y est prédominante. La transformation de P^{2-} (rose) en POH^{3-} (incolore) est donc possible : la solution se décolore progressivement.

Q3. Concentration initiale en P^{2-}.

Les ions P^{2-} apportés sont dilués dans le volume total $30 + 0{,}50 = 30{,}5\ \text{mL}$:

$$[\text{P}^{2-}]_0 = \frac{1{,}6\times10^{-3}\times0{,}50}{30{,}5} \approx 2{,}6\times10^{-5}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}.$$

RÉPONSE

$[\text{P}^{2-}]_0 \approx 2{,}6\times10^{-5}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

Partie 2 — Étude cinétique

Q4. Compatibilité avec une loi d'ordre 1.

RÉPONSE

Pour une loi d'ordre 1, la vitesse de disparition est proportionnelle à la concentration : $v_d = k\,[\text{P}^{2-}]$. Les points de la figure 1 sont alignés sur une droite passant (en la prolongeant) par l'origine : la vitesse est bien proportionnelle à $[\text{P}^{2-}]$, les résultats sont compatibles avec l'hypothèse.

Q5. Constante de vitesse k.

MÉTHODE

$v_d = -\text{d}[\text{P}^{2-}]/\text{d}t = k\,[\text{P}^{2-}]$: k est le coefficient directeur de la droite $v_d = f([\text{P}^{2-}])$, à calculer avec deux points éloignés de la droite moyenne.

La droite moyenne passe par l'origine et par le point $(2{,}0\times10^{-5}\,;1{,}2\times10^{-7})$:

$$k = \frac{1{,}2\times10^{-7}}{2{,}0\times10^{-5}} = 6{,}0\times10^{-3}\ \text{s}^{-1}.$$

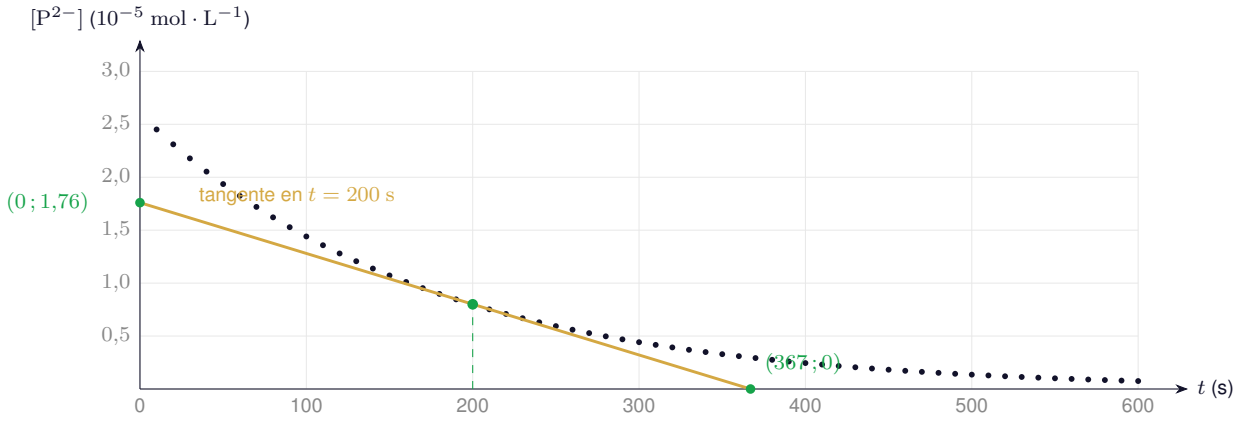
RÉPONSE

$k \approx 6{,}0\times10^{-3}\ \text{s}^{-1}$.

Q6. Vitesse de disparition à $t = 200$ s.

MÉTHODE

$v_d(t) = -\mathrm{d}[\mathrm{P}^{2-}]/\mathrm{d}t$ est l'opposé du coefficient directeur de la tangente à la courbe au point d'abscisse t. Tracer la tangente en $t = 200$ s et choisir deux points éloignés sur cette tangente.



La tangente en $t = 200$ s (où $[\mathrm{P}^{2-}] \approx 0{,}80 \times 10^{-5}$ mol · L^{-1}) passe par les points $(0\,;1{,}76 \times 10^{-5})$ et $(367\,;0)$:

$$v_d(200\text{ s}) = -\frac{0 - 1{,}76 \times 10^{-5}}{367 - 0} \approx 4{,}8 \times 10^{-8}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}.$$

Vérification : $k\,[\mathrm{P}^{2-}](200\text{ s}) = 6{,}0 \times 10^{-3} \times 0{,}80 \times 10^{-5} = 4{,}8 \times 10^{-8}$ mol · L^{-1} · s^{-1}.

RÉPONSE

$v_d(200\text{ s}) \approx 4{,}8 \times 10^{-8}$ mol · L^{-1} · s^{-1} (la lecture graphique de la tangente donne une valeur comprise entre environ 4 et 6×10^{-8} mol · L^{-1} · s^{-1}).

Q7. Évolution de la vitesse.

RÉPONSE

La vitesse de disparition diminue au cours du temps : la pente des tangentes à la courbe diminue en valeur absolue, ce qui traduit aussi $v_d = k\,[\mathrm{P}^{2-}]$, avec une concentration en réactif P^{2-} qui diminue (facteur cinétique).

Q8. Temps de demi-réaction.

Le temps de demi-réaction $t_{1/2}$ est la durée au bout de laquelle l'avancement atteint la moitié de sa valeur finale. La transformation étant totale et P^{2-} le réactif limitant, c'est la durée au bout de laquelle $[\mathrm{P}^{2-}] = [\mathrm{P}^{2-}]_0/2 = 1{,}3 \times 10^{-5}$ mol · L^{-1}.

RÉPONSE

Sur la figure 2, $[\mathrm{P}^{2-}] = 1{,}3 \times 10^{-5}$ mol · L^{-1} pour $t_{1/2} \approx 1{,}2 \times 10^{2}$ s (environ 2 minutes).

Q9. Relation entre k et $t_{1/2}$.

$$[\mathrm{P}^{2-}]_0\,\mathrm{e}^{-k\,t_{1/2}} = \frac{[\mathrm{P}^{2-}]_0}{2} \iff \mathrm{e}^{-k\,t_{1/2}} = \frac{1}{2} \iff k\,t_{1/2} = \ln 2 \iff t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k}.$$

RÉPONSE

$t_{1/2} = \dfrac{\ln 2}{k}$.

Q10. Comparaison des deux valeurs.

$t_{1/2} = \dfrac{\ln 2}{6{,}0 \times 10^{-3}} \approx 1{,}2 \times 10^{2}\ \text{s}\ (116\ \text{s})$.

RÉPONSE

Les deux valeurs (lecture graphique et calcul à partir de k) concordent, à environ $1{,}2 \times 10^{2}\ \text{s}$: les données confirment la loi de vitesse d'ordre 1.

Q11. Conséquence pour les titrages.

RÉPONSE

En milieu très basique ($\text{pH} > 12$), la teinte rose de la phénolphtaléine disparaît de moitié en deux minutes environ. Lors d'un titrage d'un acide par la soude, le virage (incolore $\rightarrow$ rose) se produit à l'équivalence, vers $\text{pH} \approx 9$ à 10, où la décoloration n'a pas lieu : l'indicateur reste utilisable. En revanche, si l'on ajoute un large excès de soude après l'équivalence ($\text{pH} > 12$), la solution se décolore en quelques minutes : il faut repérer le virage sans attendre.

© Pierre Carrée – pierre-carree.fr