Corrigé complet — Bac 2025 Métropole Jour 2

Physique-chimie, enseignement de spécialité **20 points** **3 h 30**

Ex 1	**Mesure de l'épaisseur d'un film alimentaire** Charge d'un condensateur (circuit RC) · Capacité d'un condensateur plan · Incertitude-type et valeur de référence · Masse volumique · Interférences de deux ondes lumineuses	11 pts	1 h 56	15 questions	p. 2
Ex 2	**Eau de Quinton** Dilution · Titrage conductimétrique · Équivalence · Loi de Kohlrausch · Concentration en masse · Incertitude-type	4 pts	42 min	8 questions	p. 7
Ex 3	**Un parfum de rose** Groupes caractéristiques · Spectroscopie infrarouge · Mécanisme réactionnel et catalyse · Estérification · Titrage pH-métrique · Rendement	5 pts	53 min	11 questions	p. 11

Comment s'en servir. Fais d'abord le sujet en temps limité, puis corrige-toi exercice par exercice. À gauche de chaque question, sur les carreaux : ce qu'il faut écrire sur ta copie. À droite : les pièges, ce qu'il faut comprendre et les méthodes.

Mesure de l'épaisseur d'un film alimentaire

Bac 2025 Métropole Jour 2 · Exercice 1 **11 points** **Durée conseillée 1 h 56**

Q1 Établir l'équation différentielle $\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} + \frac{1}{\tau}u_C = \frac{E}{\tau}$ vérifiée par la tension u_C, et donner l'expression du temps caractéristique τ.

Interrupteur fermé, on oriente le courant i et on note u_R la tension aux bornes du conducteur ohmique, en convention récepteur (schéma).

Loi des mailles : $E = u_R + u_C$.

Loi d'Ohm : $u_R = R\,i$.

Condensateur : $q = C\,u_C$ et $i = \frac{\mathrm{d}q}{\mathrm{d}t}$, donc $i = C\,\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}$ (C constante).

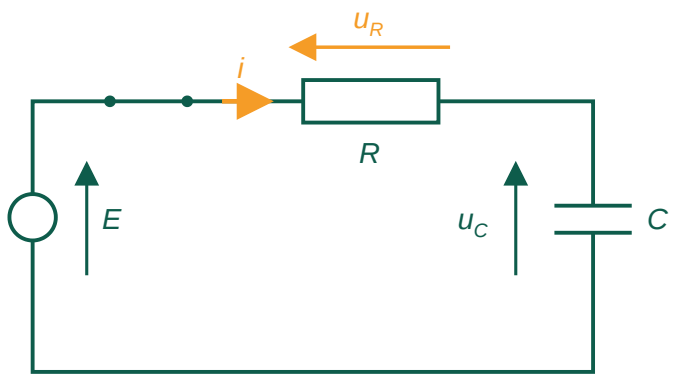
On remplace : $E = R\,C\,\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} + u_C$, puis on divise par $R\,C$:

$$\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} + \frac{1}{R\,C}u_C = \frac{E}{R\,C}$$

On retrouve l'équation demandée, avec $\tau = R\,C$.

PIÈGE
Oublier de diviser par $R\,C$: le coefficient devant $\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}$ doit valoir 1 avant d'identifier τ.

MÉTHODE
Circuit RC : 1) schéma avec i et les flèches de tension ; 2) loi des mailles ; 3) loi d'Ohm et $i = C\,\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}$; 4) mise sous la forme de l'énoncé, puis identification de τ.



Q1 · Montage de la figure 2, interrupteur fermé : courant et tension u_R ajoutés

Q2 La solution est $u_C(t) = A\left(1 - \mathrm{e}^{-t/\tau}\right)$. Déterminer l'expression de la constante A.

On dérive la solution : $\frac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} = \frac{A}{\tau}\,\mathrm{e}^{-t/\tau}$.

On reporte dans l'équation différentielle :

$$\frac{A}{\tau}\,\mathrm{e}^{-t/\tau} + \frac{A}{\tau}\left(1 - \mathrm{e}^{-t/\tau}\right) = \frac{E}{\tau} \quad \text{soit} \quad \frac{A}{\tau} = \frac{E}{\tau}$$

$A = E$, donc $u_C(t) = E\left(1 - \mathrm{e}^{-t/\tau}\right)$

COMPRENDRE
Vérification rapide : quand t devient très grand, l'exponentielle tend vers 0 et u_C tend vers A. Or le condensateur chargé a la tension E du générateur à ses bornes (asymptote de la figure 3).

Q3 Exprimer, en fonction de E, la tension $u_C(\tau)$ à la date $t = \tau$.

$u_C(\tau) = E\left(1 - \mathrm{e}^{-\tau/\tau}\right) = E\left(1 - \mathrm{e}^{-1}\right)$

$u_C(\tau) = 0{,}63\,E$

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$1 - e^{-1}$

$\approx$ 0.6321206

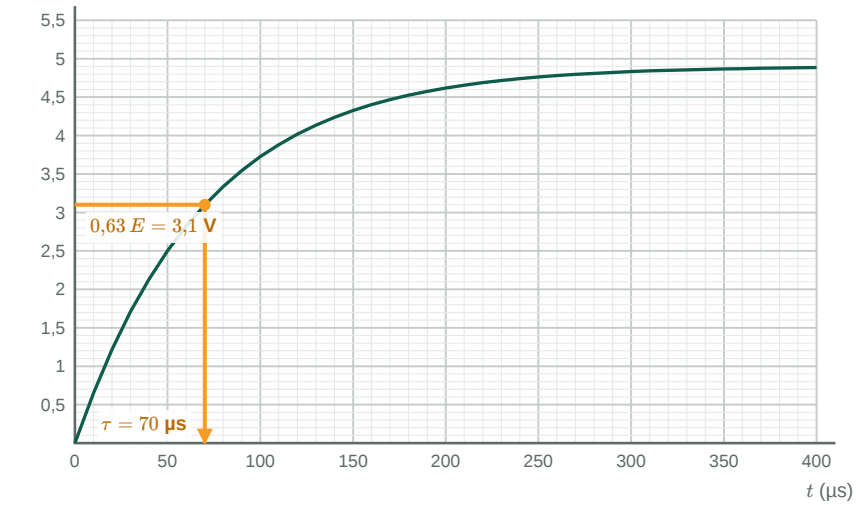
Q4 Exploiter la courbe de la figure 3 et le résultat de Q3 pour déterminer la constante de temps τ du circuit, en explicitant la démarche.

Données utiles $E = 4{,}9$ V ; $u_C(\tau) = 0{,}63\,E$ (Q3)

$u_C(\tau) = 0{,}63 \times 4{,}9 = 3{,}1$ V.

Sur la figure 3, on trace l'horizontale d'ordonnée 3,1 V jusqu'à la courbe, puis on descend verticalement jusqu'à l'axe des temps : l'abscisse lue est τ.

$\tau \approx 70\ \mu$s



Q4 · Figure 3 du sujet, avec la lecture de τ

COMPRENDRE

Une graduation horizontale vaut 10 µs : la lecture donne τ à quelques microsecondes près, soit deux chiffres significatifs, comme E.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

0.63×4.9

$\approx$ 3.087

Q5 En déduire une valeur expérimentale de la capacité C du condensateur.

Données utiles $R = 1{,}00\ \text{k}\Omega$; $\tau = 70\ \mu$s (Q4)

$\tau = RC$ donc $C = \dfrac{\tau}{R}$

$$C = \frac{70 \times 10^{-6}}{1{,}00 \times 10^{3}} = 7{,}0 \times 10^{-8}\ \text{F}$$

$C = 7{,}0 \times 10^{-8}$ F $= 70$ nF

PIÈGE

Laisser τ en microsecondes ou R en kilohms : il faut des secondes et des ohms pour obtenir des farads.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{70 \times 10^{-6}}{1.00 \times 10^{3}}$

$\approx 7 \times 10^{-8}$

Q6 Déterminer l'épaisseur e_{film} du film alimentaire déduite de la valeur moyenne de la capacité.

Données utiles $C = 69{,}8$ nF ; $\varepsilon_0 = 8{,}85 \times 10^{-12}$ F · m^{-1} ; $\varepsilon_{r,\text{film}} = 2{,}3$; armatures de 21 cm × 28 cm

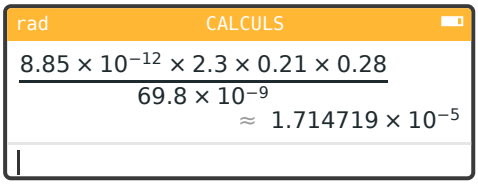
$C = \dfrac{\varepsilon_0\,\varepsilon_{r,\text{film}}\,S}{e_{\text{film}}}$ donc $e_{\text{film}} = \dfrac{\varepsilon_0\,\varepsilon_{r,\text{film}}\,S}{C}$, avec $S = 0{,}21 \times 0{,}28$ m^2.

$$e_{\text{film}} = \frac{8{,}85 \times 10^{-12} \times 2{,}3 \times 0{,}21 \times 0{,}28}{69{,}8 \times 10^{-9}} = 1{,}7 \times 10^{-5}\ \text{m}$$

$e_{\text{film}} = 1{,}7 \times 10^{-5}$ m $= 17\ \mu$m

PIÈGE
Calculer la surface en cm^2 : ε_0 est en F · m^{-1}, les deux longueurs se convertissent en mètres avant le produit.

À LA CALCULATRICE



Q7 Discuter de l'accord du résultat de Q6 avec l'épaisseur de référence du film.

Données utiles $e_{\text{film}} = 17\ \mu$m (Q6) ; $e_{\text{film,ref}} = 7{,}6\ \mu$m ; $u(e_{\text{film}}) = 1{,}0\ \mu$m

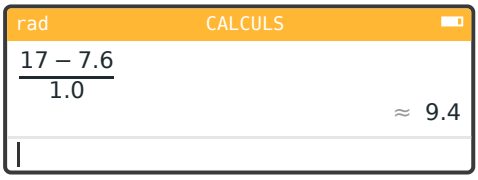
On calcule le quotient proposé par l'énoncé :

$$\frac{|e_{\text{film}} - e_{\text{film,ref}}|}{u(e_{\text{film}})} = \frac{17 - 7{,}6}{1{,}0} = 9{,}4$$

Le quotient vaut $9{,}4$, très supérieur à 2 : la mesure par capacimétrie n'est pas en accord avec la valeur de référence.

COMPRENDRE
L'écart à la référence représente plus de neuf incertitudes-types. On admet l'accord quand ce quotient ne dépasse pas 2 : ici la dispersion des mesures ne peut pas expliquer l'écart, il faut chercher un défaut du modèle.

À LA CALCULATRICE



Q8 En envisageant deux cas limites du schéma de la figure 4, vérifier que l'expression de C' est compatible avec l'expression de la capacité d'un condensateur plan donnée dans l'énoncé.

Premier cas limite, pas de couche d'air : $e_{\text{air}} = 0$.

$$C' = \frac{\varepsilon_0\,S}{\dfrac{e_{\text{film}}}{\varepsilon_{r,\text{film}}}} = \frac{\varepsilon_0\,\varepsilon_{r,\text{film}}\,S}{e_{\text{film}}}$$

C'est la capacité d'un condensateur plan dont l'isolant est le film seul.

Second cas limite, pas de film : $e_{\text{film}} = 0$.

$$C' = \frac{\varepsilon_0\,S}{\dfrac{e_{\text{air}}}{\varepsilon_{r,\text{air}}}} = \frac{\varepsilon_0\,\varepsilon_{r,\text{air}}\,S}{e_{\text{air}}}$$

C'est la capacité d'un condensateur plan dont l'isolant est l'air seul.

Dans les deux cas on retrouve $C = \dfrac{\varepsilon_0\,\varepsilon_r\,S}{e}$: l'expression de C' est compatible avec celle des données.

Q9 Dans ce modèle, déterminer l'épaisseur d'air e_{air} en prenant pour le film l'épaisseur de référence. Commenter.

Données utiles $C' = 69{,}8$ nF ; $e_{\text{film,ref}} = 7{,}6\ \mu$m ; $\varepsilon_{r,\text{air}} = 1{,}0$; $\varepsilon_{r,\text{film}} = 2{,}3$; $S = 0{,}21 \times 0{,}28$ m^2

La capacité mesurée est maintenant C'. On isole e_{air} :

$$\frac{e_{\text{air}}}{\varepsilon_{r,\text{air}}} + \frac{e_{\text{film}}}{\varepsilon_{r,\text{film}}} = \frac{\varepsilon_0\, S}{C'} \quad \text{donc} \quad e_{\text{air}} = \varepsilon_{r,\text{air}} \left(\frac{\varepsilon_0\, S}{C'} - \frac{e_{\text{film}}}{\varepsilon_{r,\text{film}}} \right)$$

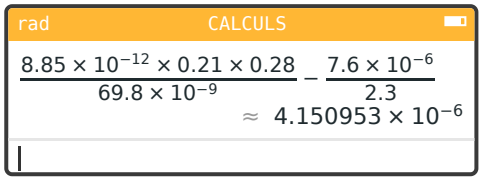
$$e_{\text{air}} = 1{,}0 \times \left(\frac{8{,}85 \times 10^{-12} \times 0{,}21 \times 0{,}28}{69{,}8 \times 10^{-9}} - \frac{7{,}6 \times 10^{-6}}{2{,}3} \right) = 4{,}2 \times 10^{-6}\ \text{m}$$

Commentaire : cette épaisseur est du même ordre de grandeur que celle du film, donc pas négligeable. Quelques micromètres d'air entre des feuilles souples posées à la main sont plausibles : l'hypothèse explique l'écart constaté en Q7.

$e_{\text{air}} = 4{,}2 \times 10^{-6}\ \text{m} = 4{,}2\ \mu\text{m}$

COMPRENDRE
L'air a une permittivité relative 2,3 fois plus faible que le film : à épaisseur égale, il fait baisser davantage la capacité. Une couche d'air très fine suffit donc à fausser la mesure de Q6.

À LA CALCULATRICE



Q10 Calculer l'épaisseur e_{film} du film alimentaire dans le rouleau.

Données utiles $\ell = 29$ cm ; $L = 30$ m ; $\rho_{\text{film}} = 1{,}25 \times 10^3$ kg · m^{-3} ; $m_{\text{film}} = 70{,}56$ g

Le film déroulé est un pavé droit de volume $V = \ell \times L \times e_{\text{film}}$.

$$\rho_{\text{film}} = \frac{m_{\text{film}}}{V} = \frac{m_{\text{film}}}{\ell\, L\, e_{\text{film}}} \quad \text{donc} \quad e_{\text{film}} = \frac{m_{\text{film}}}{\rho_{\text{film}}\, \ell\, L}$$

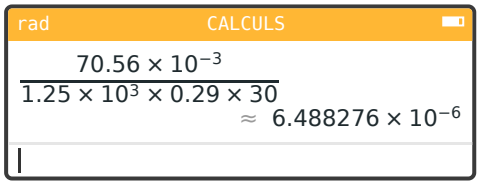
$$e_{\text{film}} = \frac{70{,}56 \times 10^{-3}}{1{,}25 \times 10^3 \times 0{,}29 \times 30} = 6{,}5 \times 10^{-6}\ \text{m}$$

$e_{\text{film}} = 6{,}5 \times 10^{-6}\ \text{m} = 6{,}5\ \mu\text{m}$

PIÈGE
Trois conversions à ne pas manquer : la masse en kilogrammes, la largeur en mètres, et le résultat en micromètres pour le comparer aux autres méthodes.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs seulement, comme ℓ et L, malgré la masse donnée avec quatre. Le résultat est du même ordre de grandeur que la référence ($7{,}6\ \mu$m).

À LA CALCULATRICE



Q11 Préciser la relation entre δ et λ permettant d'obtenir des interférences constructives.

Les interférences sont constructives quand les deux ondes se superposent en phase : la différence de chemin optique est un multiple entier de la longueur d'onde.

$\delta = k\,\lambda$, avec k entier relatif

PIÈGE
Ne pas préciser que k est un entier : sans cette précision, la relation ne dit rien.

Q12 Préciser, en justifiant sans calcul, le phénomène observé lorsque le rapport $\dfrac{\beta \times e_{\text{film}}}{\lambda}$ est un nombre entier.

D'après la relation 1, si $\dfrac{\beta \times e_{\text{film}}}{\lambda}$ est un entier, alors $p = \dfrac{\delta}{\lambda}$ est un entier augmenté de $\dfrac{1}{2}$: c'est un demi-entier.

On a donc $\delta = \left(k + \dfrac{1}{2}\right) \lambda$ avec k entier : les deux ondes se superposent en opposition de phase.

On observe des interférences destructives (intensité minimale pour cette longueur d'onde).

COMPRENDRE
L'ordre d'interférence résume tout : p entier, interférences constructives ; p demi-entier, interférences destructives.

Q13 Le spectre de la figure 6b présente des maxima d'intensité, dont certains sont entourés en pointillés. Expliquer leur origine.

En lumière blanche, chaque longueur d'onde a son propre ordre d'interférence p, puisque p dépend de λ (relation 1).

Pour les longueurs d'onde telles que p est entier, les rayons ① et ② interfèrent de façon constructive : l'intensité captée est maximale. Entre deux de ces longueurs d'onde, p passe par un demi-entier : les interférences sont destructives et l'intensité présente un creux.

Les maxima entourés correspondent aux longueurs d'onde pour lesquelles les interférences entre les rayons ① et ② sont constructives (p entier).

COMPRENDRE
Ces oscillations sont absentes du spectre de la source (figure 6a) : elles viennent bien du film. Deux maxima voisins correspondent à deux ordres entiers consécutifs, d'où les valeurs 32 à 37 de la figure 7.

Q14 Indiquer, en justifiant, si les résultats expérimentaux sont cohérents avec la relation 1.

Données utiles modélisation de la figure 7 : $p = 22\,443 \times \dfrac{1}{\lambda} + 0{,}51$ (λ en nm)

La relation 1 s'écrit $p = (\beta \times e_{\text{film}}) \times \dfrac{1}{\lambda} + \dfrac{1}{2}$: p est une fonction affine de $\dfrac{1}{\lambda}$, d'ordonnée à l'origine $0{,}5$.

Sur la figure 7, les points expérimentaux sont alignés sur une droite qui ne passe pas par l'origine, et l'ordonnée à l'origine du modèle, $0{,}51$, est très proche de $0{,}5$.

Les résultats expérimentaux sont cohérents avec la relation 1.

MÉTHODE
Confronter des mesures à une loi : 1) écrire la loi sous la forme $y = a\,x + b$ en identifiant x et y aux grandeurs tracées ; 2) vérifier l'alignement des points ; 3) comparer b à la valeur prévue.

Q15 Déduire de ces mesures la valeur de l'épaisseur e_{film} du film alimentaire, sachant que $\beta = 3{,}02$. Commenter.

Données utiles coefficient directeur de la droite modèle : $22\,443$ nm ; $\beta = 3{,}02$; $e_{\text{film,ref}} = 7{,}6\ \mu\text{m}$

Par identification du coefficient directeur (Q14) : $\beta \times e_{\text{film}} = 22\,443$ nm, puisque λ est en nanomètres.

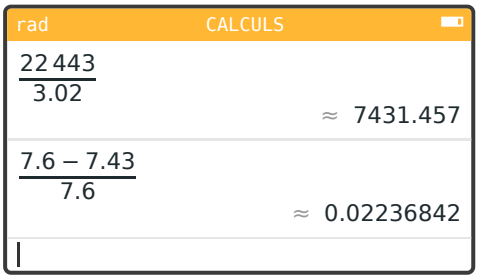
$$e_{\text{film}} = \frac{22\,443}{\beta} = \frac{22\,443}{3{,}02} = 7{,}43 \times 10^{3}\ \text{nm}$$

Commentaire : cette valeur s'écarte de la référence ($7{,}6\ \mu\text{m}$) d'environ $2\,\%$ seulement. La capacimétrie donnait $17\ \mu\text{m}$ et la pesée $6{,}5\ \mu\text{m}$: l'interférométrie est la méthode la plus exacte des trois.

$e_{\text{film}} = 7{,}43 \times 10^{3}\ \text{nm} = 7{,}43\ \mu\text{m}$

PIÈGE
Se tromper d'unité : le coefficient directeur est en nanomètres car l'abscisse est en nm^{-1}. L'épaisseur sort en nanomètres, à convertir en micromètres pour la comparer.

À LA CALCULATRICE



Eau de Quinton

Bac 2025 Métropole Jour 2 · Exercice 2 **4 points** **Durée conseillée 42 min**

Q1 Proposer un protocole pour préparer 100,0 mL d'eau de Quinton isotonique à partir de l'eau commerciale, en nommant la verrerie et ses volumes.

Données utiles dilution 5 fois ; volume à préparer $V_f = 100{,}0$ mL

Diluer 5 fois : le volume d'eau commerciale à prélever est $V_0 = \dfrac{V_f}{5} = \dfrac{100{,}0}{5} = 20{,}0$ mL.

- Verser un peu d'eau de Quinton commerciale dans un bécher.
- En prélever $20{,}0$ mL avec une pipette jaugée de $20{,}0$ mL munie d'une propipette.
- Les introduire dans une fiole jaugée de $100{,}0$ mL.
- Ajouter de l'eau distillée aux trois quarts, boucher, agiter.
- Compléter à l'eau distillée jusqu'au trait de jauge, boucher, homogénéiser.

Pipette jaugée de $20{,}0$ mL et fiole jaugée de $100{,}0$ mL.

PIÈGE
Prélever avec une éprouvette graduée ou préparer la solution dans un bécher : seule la verrerie jaugée garantit les volumes au dixième de millilitre annoncés par l'énoncé.

MÉTHODE
Facteur de dilution $F = \dfrac{C_{\text{mère}}}{C_{\text{fille}}} = \dfrac{V_{\text{fille}}}{V_{\text{mère}}}$: le volume à prélever est le volume final divisé par F.

Q2 Vérifier le caractère isotonique de la solution ainsi préparée.

Données utiles eau de mer bretonne : $C_m = 19{,}4\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ en ions chlorure ; $M(\text{Cl}) = 35{,}5\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$; sang : entre 100 et 110 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$

L'eau commerciale est une eau de mer bretonne. Sa concentration en quantité de matière en ions chlorure est :

$$C_0 = \frac{C_m}{M(\text{Cl})} = \frac{19{,}4}{35{,}5} = 0{,}546\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

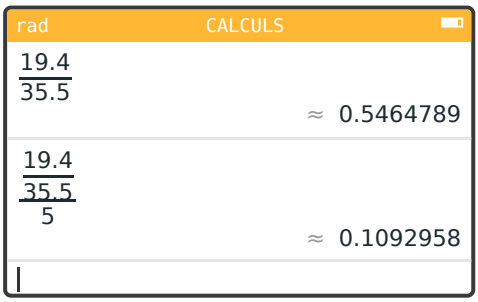
Après une dilution d'un facteur 5 : $C = \dfrac{C_0}{5} = \dfrac{0{,}546}{5} = 0{,}109\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, soit $109\ \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$.

$100 < 109 < 110\ \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$: la solution préparée est bien **isotonique**.

PIÈGE
Comparer directement des $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ à des $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$. Il faut d'abord diviser par la masse molaire, puis convertir les moles en millimoles.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme $19{,}4$ et $35{,}5$. L'eau commerciale, à $546\ \text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$, dépasse largement 110 : elle est bien hypertonique, comme l'annonce l'énoncé.

À LA CALCULATRICE



Q3 Écrire l'équation de la réaction modélisant la transformation mise en jeu au cours du titrage.

Les ions argent versés réagissent avec les ions chlorure pour former un précipité ; la transformation est totale.

$$\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{Cl}^-(\text{aq}) \longrightarrow \text{AgCl}(\text{s})$$

PIÈGE
Faire figurer Na^+ ou NO_3^- dans l'équation : ce sont des ions spectateurs. Ne pas oublier les états physiques, ni la flèche simple d'une transformation totale.

Q4 Identifier, en justifiant, les espèces A, B, C et D parmi Na^+, Cl^-, NO_3^- et Ag^+.

Données utiles figure 2 : concentrations simulées en fonction du volume de solution titrante versé

- **A** : sa concentration décroît puis reste nulle après l'équivalence. C'est le réactif titré, consommé peu à peu : Cl^-.
- **B** : sa concentration est nulle avant l'équivalence puis augmente. C'est le réactif titrant, entièrement consommé tant qu'il reste des ions chlorure, puis en excès : Ag^+.
- **C** : sa concentration augmente dès le début, tout au long du titrage. C'est l'ion spectateur apporté par la burette : NO_3^-.
- **D** : sa concentration reste constante. C'est l'ion spectateur présent dès le départ dans le bécher : Na^+.

A : Cl^- ; B : Ag^+ ; C : NO_3^- ; D : Na^+

COMPRENDRE
La concentration de Na^+ reste constante parce que la simulation néglige la dilution : le volume du mélange est supposé ne pas changer.

MÉTHODE
Pour chaque ion d'un titrage, se poser deux questions : est-il dans le bécher ou dans la burette ? Réagit-il ou est-il spectateur ? Les quatre réponses donnent les quatre allures possibles.

Q5 Donner l'expression de la ligne 15 du programme Python calculant le volume à l'équivalence V_E en fonction de C_1, C_2 et V_1.

À l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques de l'équation (Q3), ici une mole pour une mole : $n(Ag^+)_{versé} = n(Cl^-)_{initial}$, soit $C_2 \times V_E = C_1 \times V_1$, donc $V_E = \dfrac{C_1 \times V_1}{C_2}$.

Ligne 15 : `V_E = C_1 * V_1 / C_2`

PIÈGE
Écrire la relation avec les notations mathématiques. On attend une ligne de Python : les noms de variables du programme (avec le tiret bas) et l'opérateur $*$ pour la multiplication.

Q6 En utilisant les résultats de la simulation de la figure 2, expliquer l'évolution de la conductivité mesurée au cours du dosage.

Données utiles $\lambda(Cl^-) = 7{,}63 \times 10^{-3}$; $\lambda(Ag^+) = 6{,}19 \times 10^{-3}$; $\lambda(NO_3^-) = 7{,}14 \times 10^{-3}$; $\lambda(Na^+) = 5{,}01 \times 10^{-3}$, en $S \cdot m^2 \cdot mol^{-1}$

Loi de Kohlrausch : $\sigma = \lambda(Na^+)[Na^+] + \lambda(Cl^-)[Cl^-] + \lambda(NO_3^-)[NO_3^-] + \lambda(Ag^+)[Ag^+]$.

Avant l'équivalence : $[Na^+]$ est constante et $[Ag^+]$ nulle. Chaque ion Cl^- consommé est remplacé par un ion NO_3^-, un peu moins conducteur ($7{,}14 \times 10^{-3} < 7{,}63 \times 10^{-3}$) : σ diminue faiblement.

Après l'équivalence : il n'y a plus d'ions Cl^-. Les ions Ag^+ et NO_3^- versés ne sont plus consommés et s'accumulent, $[Na^+]$ restant constante : σ augmente nettement.

σ décroît lentement jusqu'à l'équivalence, puis croît fortement : la rupture de pente repère l'équivalence.

PIÈGE
Dire seulement « des ions disparaissent donc σ diminue ». Il faut citer l'ion qui remplace Cl^- et comparer les deux conductivités molaires ioniques.

COMPRENDRE
Les pentes se comparent : avant, σ varie comme $\lambda(NO_3^-) - \lambda(Cl^-)$, faible et négatif ; après, comme $\lambda(Ag^+) + \lambda(NO_3^-)$, grand et positif. D'où la seconde droite bien plus pentue.

Q7 Exploiter les résultats expérimentaux pour déterminer la concentration en masse C_{Quinton} des ions chlorure dans l'eau de Quinton.

Données utiles $V_1 = 10{,}0$ mL ; $C_2 = 3{,}00 \times 10^{-1}$ mol · L^{-1} ; $M(\text{Cl}) = 35{,}5$ g · mol^{-1} ; figure A1 de l'annexe

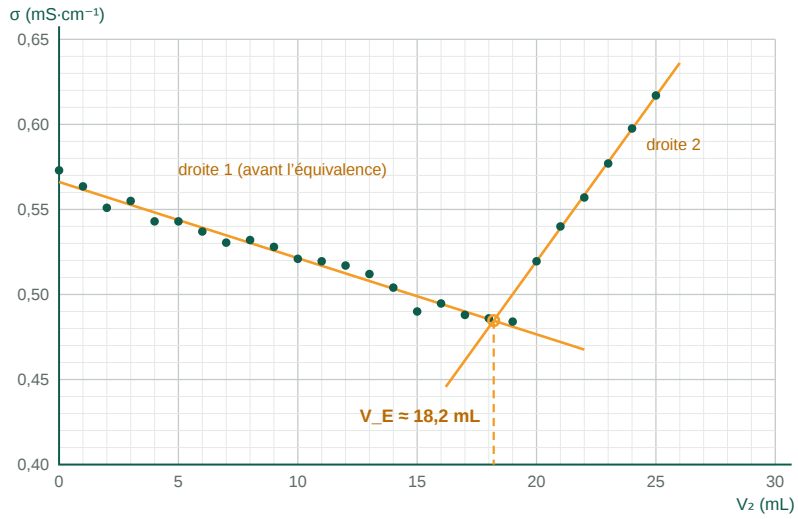
Sur la figure A1, on trace une droite moyenne pour chacune des deux portions. Leur point d'intersection donne le volume équivalent : $V_E \approx 18{,}2$ mL.

À l'équivalence, $n(\text{Cl}^-)_{\text{initial}} = n(\text{Ag}^+)_{\text{versé}}$. En notant C la concentration en quantité de matière des ions chlorure dans l'eau de Quinton, $C \times V_1 = C_2 \times V_E$, donc :

$$C = \frac{C_2 \times V_E}{V_1} = \frac{3{,}00 \times 10^{-1} \times 18{,}2}{10{,}0} = 0{,}546 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Concentration en masse : $C_{\text{Quinton}} = C \times M(\text{Cl}) = 0{,}546 \times 35{,}5$

$$\boxed{C_{\text{Quinton}} = 19{,}4 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}}$$



Q7 · Figure A1 de l'annexe complétée : les deux droites tracées se coupent à l'équivalence

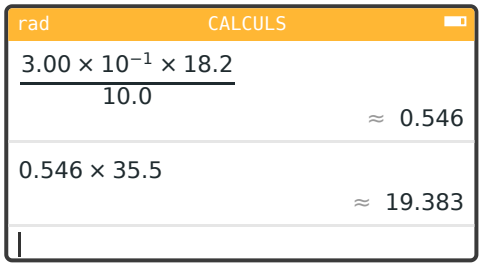
PIÈGE

Utiliser 210 mL comme volume titré. L'eau distillée ajoutée ne change pas la quantité d'ions chlorure : c'est $V_1 = 10{,}0$ mL qui intervient. Les deux volumes restent en mL, leur rapport est sans unité.

COMPRENDRE

La lecture dépend un peu du tracé : toute valeur entre $18{,}0$ et $18{,}5$ mL convient. Avec $V_E = 18{,}0$ mL, on obtient $19{,}2$ g · L^{-1} et la conclusion de la question suivante est la même.

À LA CALCULATRICE



Q8 Vérifier si la concentration trouvée est en accord avec la concentration en ions chlorure de l'eau de mer bretonne.

Données utiles $C_{\text{Quinton}} = 19{,}38\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ et $V_E = 18{,}2$ mL (Q7) ; $u(V_E) = 0{,}5$ mL ; $u(V_1) = 0{,}02$ mL ; $u(C_2) = 2\times10^{-3}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$; $C_{\text{réf}} = 19{,}4\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$

Incertitude-type $u = u(C_{\text{Quinton}})$:

$$u = 19{,}38 \times \sqrt{\left(\frac{0{,}02}{10{,}0}\right)^2 + \left(\frac{0{,}5}{18{,}2}\right)^2 + \left(\frac{2\times10^{-3}}{3{,}00\times10^{-1}}\right)^2} = 0{,}55\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$$

Arrondie par excès à un chiffre significatif : $u(C_{\text{Quinton}}) = 0{,}6\ \text{g}\cdot\text{L}^{-1}$.

Quotient : $\dfrac{|C_{\text{Quinton}} - C_{\text{réf}}|}{u(C_{\text{Quinton}})} = \dfrac{|19{,}38 - 19{,}4|}{0{,}6} \approx 0{,}03$

Le quotient, voisin de $0{,}03$, est très inférieur à 2 : la concentration mesurée est **en accord** avec celle de l'eau de mer bretonne.

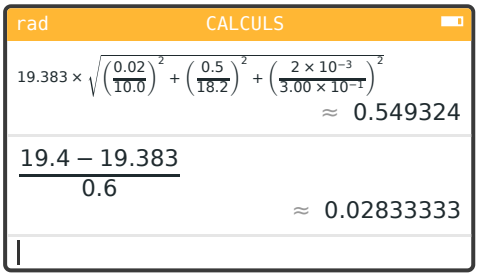
PIÈGE

Conclure en comparant seulement les deux valeurs « à l'œil ». L'énoncé fournit le quotient : il faut le calculer et le comparer à 2. Une incertitude se donne avec un seul chiffre significatif, arrondie par excès.

COMPRENDRE

Le critère usuel : un quotient inférieur à 2 signifie que l'écart à la référence s'explique par l'incertitude de la mesure. Ici, le terme $\dfrac{u(V_E)}{V_E}$ domine : c'est la lecture du volume équivalent qui limite la précision.

À LA CALCULATRICE



Un parfum de rose

Bac 2025 Métropole Jour 2 · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 53 min**

Q1 Nommer le groupe caractéristique entouré sur le géraniol. Identifier les familles chimiques du géraniol et de l'éthanoate de géranyle.

Le groupe entouré, $-\mathrm{OH}$ porté par un carbone tétraédrique, est le groupe **hydroxyle**.

Le géraniol appartient donc à la famille des **alcools**.

L'éthanoate de géranyle contient l'enchaînement $-\mathrm{CO}-\mathrm{O}-\mathrm{C}$: il appartient à la famille des **esters**.

Groupe hydroxyle ; géraniol : alcool ; éthanoate de géranyle : ester.

PIÈGE
Répondre « alcool » pour le groupe : alcool est le nom de la famille, hydroxyle celui du groupe. De même, ne pas confondre ester et acide carboxylique : ici l'oxygène est lié à une chaîne carbonée, pas à un H.

Q2 Attribuer, en justifiant, le spectre infrarouge de la figure 1 au géraniol ou à l'éthanoate de géranyle.

Données utiles table IR : $\mathrm{O}-\mathrm{H}$ alcool, $3\,200 - 3\,700\ \mathrm{cm}^{-1}$, forte ; $\mathrm{C}=\mathrm{O}$, $1\,700 - 1\,800\ \mathrm{cm}^{-1}$, forte et fine

Le spectre présente une bande forte et fine vers $1\,740\ \mathrm{cm}^{-1}$, dans l'intervalle $1\,700 - 1\,800\ \mathrm{cm}^{-1}$: la molécule possède une liaison $\mathrm{C}=\mathrm{O}$.

Il ne présente aucune bande forte entre $3\,200$ et $3\,700\ \mathrm{cm}^{-1}$: la molécule ne possède pas de liaison $\mathrm{O}-\mathrm{H}$ d'alcool.

Or le géraniol possède une liaison $\mathrm{O}-\mathrm{H}$ et aucune liaison $\mathrm{C}=\mathrm{O}$, alors que l'éthanoate de géranyle possède une liaison $\mathrm{C}=\mathrm{O}$ et aucune liaison $\mathrm{O}-\mathrm{H}$.

Le spectre de la figure 1 est celui de l'éthanoate de géranyle.

COMPRENDRE
Les bandes situées vers $2\,900\ \mathrm{cm}^{-1}$ sont celles des liaisons $\mathrm{C}-\mathrm{H}$: les deux molécules en possèdent, elles ne permettent pas de trancher.

MÉTHODE
Deux arguments valent mieux qu'un : une bande présente ($\mathrm{C}=\mathrm{O}$) et une bande absente ($\mathrm{O}-\mathrm{H}$). Citer chaque fois le nombre d'onde lu et l'intervalle de la table.

Q3 Rappeler la définition d'un catalyseur puis identifier, en justifiant, l'espèce chimique qui catalyse l'estérification.

Un catalyseur est une espèce chimique qui augmente la vitesse d'une transformation sans figurer dans l'équation de la réaction : il est consommé au cours d'une étape puis intégralement régénéré.

Dans le mécanisme, l'ion H^+ est un réactif de l'étape 1 et un produit de l'étape 5 : il est consommé puis régénéré.

Le catalyseur est l'ion hydrogène H^+ (apporté par l'acide sulfurique).

PIÈGE
Ne pas confondre catalyseur et intermédiaire réactionnel. Le catalyseur est consommé PUIS régénéré ; un intermédiaire, comme le cation formé à l'étape 1, est formé PUIS consommé.

Q4 Représenter, sur la figure A2 de l'annexe, les flèches courbes expliquant la formation ou la rupture des liaisons lors des étapes 1, 2 et 5.

Étape 1 : une flèche part d'un doublet non liant de l'oxygène du groupe $C{=}O$ et pointe vers H^+ (formation de la liaison $O{-}H$).

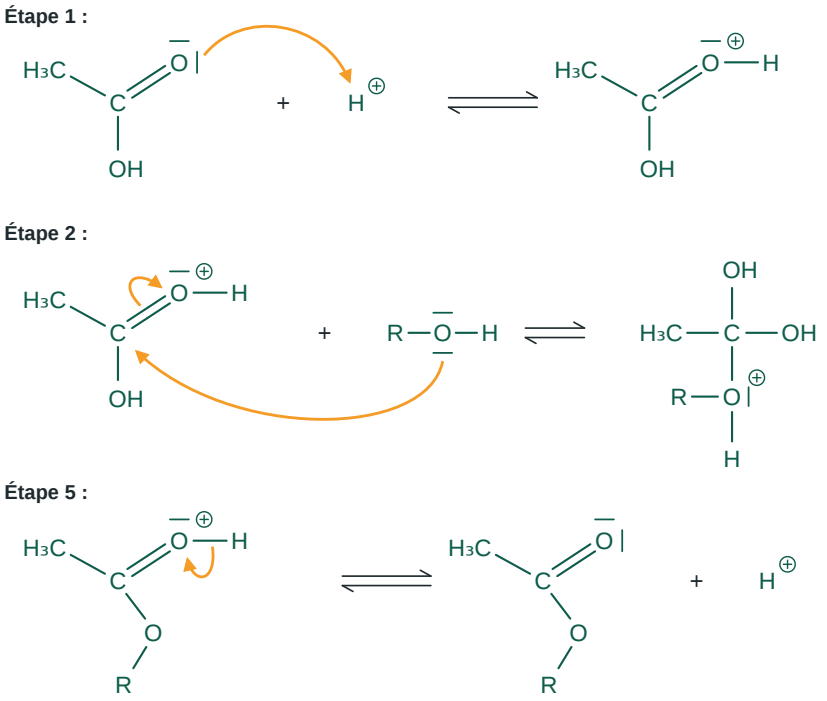
Étape 2 : une flèche part d'un doublet non liant de l'oxygène de $R{-}OH$ et pointe vers l'atome de carbone lié aux deux oxygènes (formation de la liaison $C{-}O$) ; une seconde flèche part de la double liaison $C{=}O$ et pointe vers l'oxygène chargé positivement (rupture d'une des deux liaisons).

Étape 5 : une flèche part de la liaison $O{-}H$ et pointe vers l'oxygène chargé positivement (rupture de la liaison, libération de H^+).

Quatre flèches courbes : une à l'étape 1, deux à l'étape 2, une à l'étape 5 (figure ci-dessous).

PIÈGE
Tracer la flèche de H^+ vers l'oxygène à l'étape 1 : H^+ n'a aucun électron à donner. À l'étape 2, oublier la seconde flèche donnerait un carbone entouré de cinq liaisons.

MÉTHODE
Une flèche courbe représente le déplacement d'un doublet d'électrons : elle part toujours d'un doublet (non liant ou liaison), site donneur, et arrive sur un atome accepteur, pauvre en électrons.



Q4 · Figure A2 complétée : chaque flèche courbe (en orange) part d'un doublet et pointe vers le site accepteur

Q5 Donner la formule brute de l'espèce A de l'étape 4 puis écrire l'équation de la réaction d'estérification entre le géraniol et l'acide éthanoïque.

Étape 4 : le cation de gauche perd le groupe $-OH_2^+$. Par conservation des éléments et de la charge, l'espèce A est neutre et contient deux H et un O : A est l'eau, H_2O.

L'équation s'obtient en faisant le bilan des cinq étapes ; le catalyseur H^+ et les intermédiaires se simplifient :

$$CH_3CO_2H + R{-}OH \rightleftharpoons CH_3COO{-}R + H_2O$$

A : H_2O ; $CH_3CO_2H + R{-}OH \rightleftharpoons CH_3COO{-}R + H_2O$

COMPRENDRE
La double flèche traduit une transformation non totale, comme l'indique l'énoncé : l'estérification est limitée par la réaction inverse, l'hydrolyse de l'ester.

Q6 Indiquer l'intérêt de chauffer le mélange.

L'estérification est une transformation lente. La température est un facteur cinétique : en chauffant, on augmente la vitesse de la transformation.

Chauffer permet d'atteindre plus rapidement l'état final (durée de la synthèse réduite).

PIÈGE
Écrire que le chauffage « augmente le rendement » : on attend ici l'argument cinétique. Le catalyseur et le chauffage accélèrent la transformation tous les deux.

Q7 Indiquer, en justifiant, la position relative et le contenu des phases dans l'ampoule à décanter.

Données utiles $d_A = 1{,}0$; $d_G = 0{,}89$; $d_{EG} = 0{,}92$

La phase organique contient le géraniol restant ($d_G = 0{,}89$) et l'éthanoate de géranyle formé ($d_{EG} = 0{,}92$) : sa densité est comprise entre $0{,}89$ et $0{,}92$.

La phase aqueuse contient l'eau, l'acide éthanoïque restant et le catalyseur : sa densité est voisine de $d_A = 1{,}0$.

La phase la moins dense surnage.

Phase organique (géraniol et ester) au-dessus ; phase aqueuse (eau, acide éthanoïque restant) en dessous.

MÉTHODE
Dans une ampoule à décanter, comparer les densités : la phase la plus dense est en bas. Un schéma légendé de l'ampoule est une réponse acceptée, à condition de justifier par les densités.

Q8 Vérifier par le calcul que l'acide éthanoïque et le géraniol sont introduits dans les proportions stœchiométriques.

Données utiles $V_A = 50$ mL ; $C_A = 1{,}0\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $m_G = 7{,}7$ g ; $M_G = 154{,}25\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Acide éthanoïque : $n_A = C_A \times V_A = 1{,}0 \times 50 \times 10^{-3} = 5{,}0 \times 10^{-2}$ mol

Géraniol : $n_G = \dfrac{m_G}{M_G} = \dfrac{7{,}7}{154{,}25} = 5{,}0 \times 10^{-2}$ mol

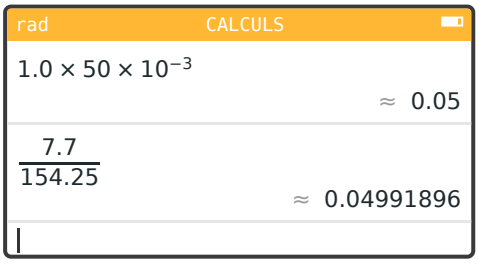
D'après l'équation (Q5), une mole d'acide réagit avec une mole de géraniol : le mélange est stœchiométrique si $\dfrac{n_A}{1} = \dfrac{n_G}{1}$.

$n_A = n_G = 5{,}0 \times 10^{-2}$ mol : les réactifs sont introduits dans les proportions stœchiométriques.

PIÈGE
Laisser V_A en millilitres. Et ne pas utiliser la densité d_A ici : l'acide est en solution, sa quantité se calcule avec $C_A \times V_A$.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme C_A, V_A et m_G : $0{,}0499$ s'arrondit à $5{,}0 \times 10^{-2}$. Le zéro final compte, il ne faut pas écrire 5×10^{-2}.

À LA CALCULATRICE



Q9 Écrire l'équation de la réaction support du titrage puis déterminer, à l'aide de la courbe, la quantité de matière d'acide éthanoïque restant après deux heures de chauffage.

Données utiles $C_B = 1{,}0\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$; figure 2

L'acide éthanoïque réagit avec les ions hydroxyde de la solution titrante :

$$CH_3CO_2H\,(aq) + HO^-\,(aq) \longrightarrow CH_3CO_2^-\,(aq) + H_2O\,(l)$$

Volume à l'équivalence : par la méthode des tangentes parallèles (deux tangentes parallèles de part et d'autre du saut de pH, puis la parallèle équidistante, qui coupe la courbe au point d'équivalence), on lit $V_E = 32{,}8$ mL.

À l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques :

$$\frac{n_{\text{restant}}}{1} = \frac{n(HO^-)_{\text{versé}}}{1} \quad \text{soit} \quad n_{\text{restant}} = C_B \times V_E$$

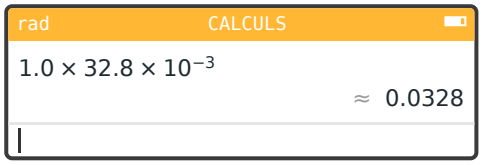
$$n_{\text{restant}} = 1{,}0 \times 32{,}8 \times 10^{-3} = 3{,}3 \times 10^{-2}\ \text{mol}$$

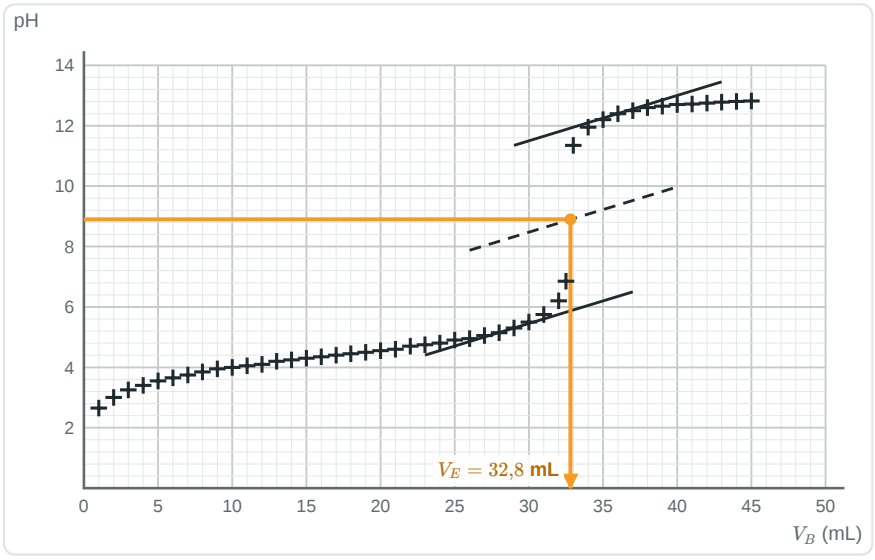
$n_{\text{restant}} = 3{,}3 \times 10^{-2}$ mol d'acide éthanoïque

PIÈGE
Écrire la réaction avec H_3O^+ ou avec $NaOH$: l'espèce titrante est l'ion HO^-, et la flèche est simple car une réaction de titrage est totale.

COMPRENDRE
Le saut est presque vertical, entre $32{,}5$ et 33 mL : toute lecture de V_E dans cet intervalle est acceptée et conduit à $3{,}3 \times 10^{-2}$ mol avec deux chiffres significatifs.

À LA CALCULATRICE





Q9 · Figure 2 du sujet : deux tangentes parallèles, la parallèle équidistante (tirets) et la lecture de V_E

Q10 Déterminer le rendement η de la réaction d'estérification.

Données utiles $n_A = n_G = 5{,}0 \times 10^{-2}$ mol (Q8) ; $n_{\text{restant}} = 3{,}3 \times 10^{-2}$ mol (Q9)

Quantité d'acide consommée : $n_A - n_{\text{restant}} = 5{,}0 \times 10^{-2} - 3{,}3 \times 10^{-2} = 1{,}7 \times 10^{-2}$ mol.

D'après l'équation (Q5), une mole d'acide consommée forme une mole d'ester : $n_{EG} = 1{,}7 \times 10^{-2}$ mol.

Si la transformation était totale, le mélange étant stœchiométrique, on obtiendrait $n_{\max} = n_A = 5{,}0 \times 10^{-2}$ mol d'ester.

$$\eta = \frac{n_{EG}}{n_{\max}} = \frac{1{,}7 \times 10^{-2}}{5{,}0 \times 10^{-2}} = 0{,}34$$

$\eta = 34\ \%$

PIÈGE
Diviser la quantité d'acide restant par la quantité initiale ($66\ \%$) : le rendement compare le produit formé au maximum possible, pas le réactif restant.

COMPRENDRE
Ce rendement est faible : la transformation n'est pas totale et l'eau de la solution d'acide, présente en grande quantité, favorise la réaction inverse. On suppose aussi qu'aucun ester n'est perdu lors de la séparation.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$5.0 \times 10^{-2} - 3.3 \times 10^{-2} \approx 0.017$

$\dfrac{1.7 \times 10^{-2}}{5.0 \times 10^{-2}} \approx 0.34$

Q11 Déterminer le nombre maximal de pulvérisations de parfum qu'une personne de 65 kg peut effectuer sans se mettre en danger. Commenter.

Données utiles dose sans risque : $17{,}75$ mg de géraniol par kg ; parfum : $0{,}001$ % en masse de géraniol ; $V = 0{,}15$ mL par pulvérisation ; $d = 0{,}84$; $\rho_{\text{eau}} = 1{,}0 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$

Masse maximale de géraniol pour une personne de 65 kg : $m_{\max} = 17{,}75 \times 65 = 1\,154 \text{ mg} = 1{,}154 \text{ g}$

Masse de parfum dans une pulvérisation : $m_p = d \times \rho_{\text{eau}} \times V = 0{,}84 \times 1{,}0 \times 0{,}15 = 0{,}126 \text{ g}$

Masse de géraniol dans une pulvérisation : $m_1 = \dfrac{0{,}001}{100} \times m_p = \dfrac{0{,}001}{100} \times 0{,}126 = 1{,}26 \times 10^{-6} \text{ g}$

Nombre maximal de pulvérisations :

$$N = \frac{m_{\max}}{m_1} = \frac{1{,}154}{1{,}26 \times 10^{-6}} = 9{,}2 \times 10^{5}$$

Commentaire : cela représente $9{,}2 \times 10^{5} \times 0{,}15 \text{ mL} \approx 1{,}4 \times 10^{2}$ L de parfum, soit près d'un million de pulvérisations. Ce nombre est inatteignable en pratique : l'usage normal du parfum ne présente pas de danger lié à cette dose.

$N \approx 9{,}2 \times 10^{5}$ pulvérisations, soit environ 900 000 : aucun risque en usage courant.

PIÈGE
Oublier que $0{,}001$ % signifie $0{,}001$ g pour 100 g, soit un facteur 10^{-5} et non 10^{-3}. Convertir aussi les milligrammes en grammes avant de faire le quotient.

MÉTHODE
Question ouverte : annoncer les étapes (masse tolérée, masse par pulvérisation, quotient), garder les valeurs intermédiaires non arrondies dans la calculatrice et finir par un commentaire chiffré. Une démarche claire rapporte des points même inaboutie.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$17.75 \times 65 \approx 1153.75$

$0.84 \times 1.0 \times 0.15 \approx 0.126$

$\dfrac{0.001}{100} \times 0.126 \approx 1.26 \times 10^{-6}$

$\dfrac{1153.75 \times 10^{-3}}{1.26 \times 10^{-6}} \approx 915674.6$

$915\,674.6032 \times 0.15 \times 10^{-3} \approx 137.3512$