Corrigé complet — Bac 2026 Métropole, jour 1

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

Ex 1	**Étude d'un lave-linge** Loi de Mariotte · Statique des fluides · Circuit RC et constante de temps · Bilan d'énergie thermique · Flux thermique	11 pts	1 h 56	20 questions	p. 2
Ex 2	**L'odeur de jasmin** Famille des esters · Suivi cinétique par titrage · Temps de demi-réaction · Vitesse volumique d'apparition · Facteurs cinétiques · Optimisation du rendement	4 pts	42 min	10 questions	p. 9
Ex 3	**Coloration de la laine** Mécanisme réactionnel · Réactif limitant et rendement · Spectre d'absorption et couleur · Titrage avec indicateur coloré · Incertitude-type et écart normalisé	5 pts	53 min	11 questions	p. 13

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.

Étude d'un lave-linge

Bac 2026 Métropole · Jour 1 · Exercice 1 **11 points** **Durée conseillée 1 h 56**

Q1 Exprimer la durée Δt_1 nécessaire pour remplir la cuve à moitié en fonction de D_v et de a, puis la calculer en minutes.

Données utiles $a = 60{,}0$ cm ; $V_c = a^3$; $D_v = 12 \times 10^{-3}$ m$^3 \cdot$ min^{-1}

Le volume d'eau à verser est la moitié de celui de la cuve : $V = \dfrac{a^3}{2}$.

Par définition du débit volumique, $D_v = \dfrac{V}{\Delta t_1}$, donc $\Delta t_1 = \dfrac{a^3}{2\,D_v}$.

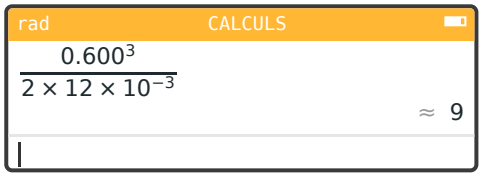
$$\Delta t_1 = \frac{0{,}600^3}{2 \times 12 \times 10^{-3}}$$

$$\boxed{\Delta t_1 = \frac{a^3}{2\,D_v} = 9{,}0 \text{ min}}$$

PIÈGE
Laisser a en centimètres : le débit est en m$^3 \cdot$ min^{-1}, il faut $a = 0{,}600$ m. Oublier le facteur $\frac{1}{2}$ donne 18 min.

COMPRENDRE
Le résultat garde deux chiffres significatifs, comme la donnée la moins précise (D_v). Le débit étant donné par minute, la durée sort directement en minutes.

À LA CALCULATRICE



Q2 Justifier que la pression augmente dans la chambre de compression lors du remplissage.

L'air enfermé est un gaz parfait dont la quantité de matière et la température restent constantes : d'après la loi de Mariotte, $P \times V =$ constante.

L'eau qui entre dans la chambre réduit le volume offert à l'air.

$\boxed{V \text{ diminue à } P \times V \text{ constant, donc la pression } P \textbf{ augmente}.}$

COMPRENDRE
On retrouve la loi de Mariotte avec l'équation des gaz parfaits $PV = nRT$: si n et T sont fixés, le produit PV ne change pas.

Q3 Exprimer le volume V_2 occupé par l'air dans la chambre de compression à l'arrêt du remplissage, en fonction de V_0, r et h.

L'eau entrée dans la chambre forme un cylindre (rayon r, hauteur h) de volume $\pi\, r^2\, h$. Ce volume est retiré à l'air.

$$\boxed{V_2 = V_0 - \pi\, r^2\, h}$$

Q4 Exprimer P_2 en fonction des données, puis montrer que $\Delta P = P_2 - P_0 = P_0 \times \dfrac{\pi\, r^2\, h}{V_0 - \pi\, r^2\, h}$.

Données utiles V_2 (Q3)

Loi de Mariotte entre l'état initial et l'état final : $P_0\, V_0 = P_2\, V_2$, donc

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

Alors : $\Delta P = P_2 - P_0 = P_0 \left(\dfrac{V_0}{V_0 - \pi\, r^2\, h} - 1 \right) = P_0 \times \dfrac{V_0 - (V_0 - \pi\, r^2\, h)}{V_0 - \pi\, r^2\, h}$

$$\boxed{\Delta P = P_0 \times \frac{\pi\, r^2\, h}{V_0 - \pi\, r^2\, h} \text{ : c'est l'expression attendue.}}$$

MÉTHODE
Pour un « montrer que » littéral : factoriser par P_0, réduire au même dénominateur, puis simplifier le numérateur. Chaque étape doit figurer sur la copie.

Q5 Calculer la surpression ΔP lors du test, puis la commenter par rapport à celle d'un cycle normal ($\Delta P = 150$ Pa).

Données utiles $P_0 = 1{,}01 \times 10^5$ Pa ; $r = 3{,}0$ cm ; $h = 5{,}0$ mm ; $V_0 = 0{,}50$ L ; expression de ΔP (Q4)

En unités SI : $r = 3{,}0 \times 10^{-2}$ m, $h = 5{,}0 \times 10^{-3}$ m, $V_0 = 0{,}50 \times 10^{-3}$ m^3.

$$\Delta P = 1{,}01 \times 10^5 \times \frac{\pi \times (3{,}0 \times 10^{-2})^2 \times 5{,}0 \times 10^{-3}}{0{,}50 \times 10^{-3} - \pi \times (3{,}0 \times 10^{-2})^2 \times 5{,}0 \times 10^{-3}}$$

$$\Delta P = 2{,}9 \times 10^3 \text{ Pa}$$

Cette surpression est environ 20 fois plus grande que celle d'un cycle normal (150 Pa) : en fonctionnement normal, la cuve contient beaucoup moins d'eau que lors du test, l'air de la chambre est donc bien moins comprimé.

PIÈGE
Convertir le litre : $1\text{ L} = 10^{-3}$ m^3. Avec $V_0 = 0{,}50$ au dénominateur, le résultat est faux d'un facteur mille.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{1.01 \times 10^5 \times \pi \times 0.03^2 \times 5 \times 10^{-3}}{0.5 \times 10^{-3} - \pi \times 0.03^2 \times 5 \times 10^{-3}}$ ≈ 2938.8

$\frac{2.9 \times 10^3}{150}$ ≈ 19.33333

Q6 Retrouver la valeur de la surpression ΔP lors du test avec la loi fondamentale de la statique des fluides appliquée entre A et B.

Données utiles $\rho_{\text{eau}} = 1{,}0 \times 10^3$ kg · m^{-3} ; $g = 9{,}81$ N · kg^{-1} ; $a = 60{,}0$ cm ; $h = 5{,}0$ mm

A et B sont dans la même eau au repos : $P_A + \rho_{\text{eau}}\, g\, z_A = P_B + \rho_{\text{eau}}\, g\, z_B$.

A est à la surface de l'eau de la cuve : $P_A = P_0$ et $z_A = \frac{a}{2}$. B est à la surface de l'eau dans la chambre : $P_B = P_2$ et $z_B = h$ (altitudes comptées depuis le fond).

$$\Delta P = P_B - P_A = \rho_{\text{eau}}\, g\, (z_A - z_B) = \rho_{\text{eau}}\, g \left(\frac{a}{2} - h\right)$$

$$\Delta P = 1{,}0 \times 10^3 \times 9{,}81 \times (0{,}300 - 5{,}0 \times 10^{-3})$$

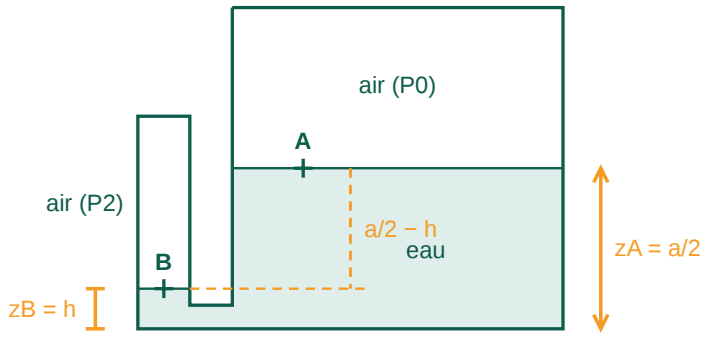
$\Delta P = 2{,}9 \times 10^3$ Pa : on retrouve la valeur de la question Q5.

COMPRENDRE
Aux deux surfaces libres, l'eau est à la pression de l'air qui la touche : P_0 dans la cuve, P_2 dans la chambre. C'est ce qui relie les deux méthodes.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$1.0 \times 10^3 \times 9.81 \times (0.300 - 5 \times 10^{-3})$ ≈ 2893.95



Q6 · Altitudes des points A et B, comptées depuis le fond de la cuve

Q7 Déterminer le volume d'eau contenu dans la cuve en fonctionnement normal et sans linge.

Données utiles $\Delta P = 150$ Pa ; h négligeable devant la hauteur d'eau ; $a = 60{,}0$ cm ; $\rho_{\text{eau}} = 1{,}0 \times 10^3$ kg · m^{-3} ; $g = 9{,}81$ N · kg^{-1}

On note H la hauteur d'eau dans la cuve. La relation de la question Q6 devient, avec h négligeable : $\Delta P = \rho_{\text{eau}}\, g\, H$, soit $H = \dfrac{\Delta P}{\rho_{\text{eau}}\, g}$.

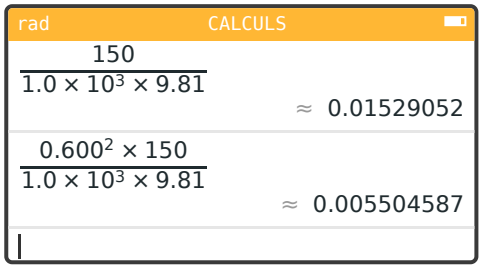
La cuve a une base carrée de côté a : $V_{\text{eau}} = a^2\, H = \dfrac{a^2\, \Delta P}{\rho_{\text{eau}}\, g}$.

$$V_{\text{eau}} = \frac{0{,}600^2 \times 150}{1{,}0 \times 10^3 \times 9{,}81} = 5{,}5 \times 10^{-3}\ \text{m}^3$$

$V_{\text{eau}} = 5{,}5$ L (hauteur d'eau $H = 1{,}5$ cm)

COMPRENDRE
La surpression mesure directement la hauteur d'eau : 150 Pa correspondent à 1,5 cm d'eau seulement. La valeur trouvée est proche des 5,7 L donnés dans la partie 3.

À LA CALCULATRICE



Q8 Montrer que l'équation différentielle vérifiée par $u_C(t)$ pendant la charge est $u_C(t) + R\,C\,\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}(t) = E$.

Interrupteur en position 1, loi des mailles : $E = u_R + u_C$.

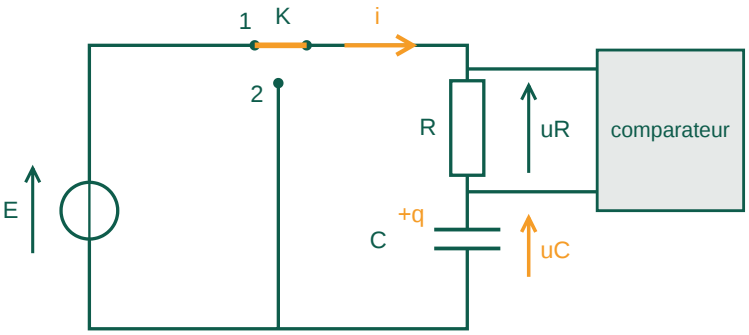
Loi d'Ohm : $u_R = R\,i$.

Pour le condensateur : $i = \dfrac{\mathrm{d}q}{\mathrm{d}t}$ et $q = C\,u_C$, donc $i = C\,\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}$.

En remplaçant : $E = R\,C\,\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t} + u_C$.

$u_C(t) + R\,C\,\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}(t) = E$

MÉTHODE
Toujours trois ingrédients : loi des mailles, loi d'Ohm, relation $i = C\,\dfrac{\mathrm{d}u_C}{\mathrm{d}t}$. On les écrit séparément avant de les combiner.



Q8 · Figure 2 du sujet, K en position 1 (charge) : sens du courant et tensions

Q9 Déterminer l'expression de la constante A dans la solution $u_C(t) = A\left(1 - \mathrm{e}^{-t/\tau}\right)$, avec $\tau = R\,C$.

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

On remplace dans l'équation différentielle, avec $R\,C = \tau$:

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

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

COMPRENDRE
Vérification rapide : en fin de charge le courant est nul, donc $u_R = 0$ et $u_C = E$. C'est bien la limite de $A\left(1 - \mathrm{e}^{-t/\tau}\right)$ quand t devient très grand.

Q10 En déduire que la tension aux bornes du conducteur ohmique est $u_R(t) = E\,\mathrm{e}^{-t/\tau}$.

Données utiles $u_C(t) = E\left(1 - \mathrm{e}^{-t/\tau}\right)$ (Q9)

Loi des mailles : $u_R = E - u_C = E - E\left(1 - \mathrm{e}^{-t/\tau}\right) = E - E + E\,\mathrm{e}^{-t/\tau}$

$u_R(t) = E\,\mathrm{e}^{-t/\tau}$

Q11 Montrer que la date de fin de temporisation s'exprime comme $t_{\text{seuil}} = \tau\,\ln 3$.

Données utiles $u_R(t_{\text{seuil}}) = \dfrac{E}{3}$; $u_R(t)$ (Q10)

À la date t_{seuil} : $E\,\mathrm{e}^{-t_{\text{seuil}}/\tau} = \dfrac{E}{3}$, donc $\mathrm{e}^{-t_{\text{seuil}}/\tau} = \dfrac{1}{3}$.

On prend le logarithme népérien : $-\dfrac{t_{\text{seuil}}}{\tau} = \ln\dfrac{1}{3} = -\ln 3$.

$t_{\text{seuil}} = \tau\,\ln 3$

PIÈGE

Écrire $\ln\dfrac{1}{3} = \dfrac{1}{\ln 3}$. La bonne propriété est $\ln\dfrac{1}{x} = -\ln x$: c'est elle qui fait disparaître le signe moins.

Q12 Parmi R_1, R_2 et R_3, déterminer la résistance à utiliser pour obtenir une durée de temporisation voisine de 30 s.

Données utiles $C = 4{,}70$ mF ; $R_1 = 470\ \Omega$; $R_2 = 5{,}0$ kΩ ; $R_3 = 100$ kΩ ; $\Delta t_2 = t_{\text{seuil}} = \tau\,\ln 3$ (Q11)

$\Delta t_2 = R\,C\,\ln 3$, donc la résistance idéale serait $R = \dfrac{\Delta t_2}{C\,\ln 3}$:

$$R = \frac{30}{4{,}70 \times 10^{-3} \times \ln 3} = 5{,}8 \times 10^{3}\ \Omega$$

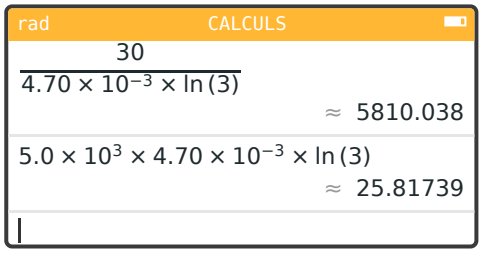
La valeur disponible la plus proche est $R_2 = 5{,}0\ \text{k}\Omega$. Elle donne $\Delta t_2 = 5{,}0 \times 10^{3} \times 4{,}70 \times 10^{-3} \times \ln 3 = 26$ s, voisine de 30 s.

On choisit $R_2 = 5{,}0\ \text{k}\Omega$ ($\Delta t_2 \approx 26$ s).

COMPRENDRE

Les deux autres valeurs sont très loin du but : R_1 donne 2,4 s et R_3 donne 516 s, soit plus de huit minutes.

À LA CALCULATRICE



Q13 Déterminer graphiquement la valeur initiale $u_R(t = 0)$ après le basculement en position 2 et vérifier son accord avec la loi des mailles.

Données utiles figure 3 ; $E = 4{,}5$ V

Lecture sur la figure 3 : à $t = 0$, la courbe part de $u_R = 4{,}5$ V.

En position 2, le générateur est hors circuit : la maille ne contient que le conducteur ohmique et le condensateur, donc $u_R + u_C = 0$.

À $t = 0$, le condensateur est chargé : $u_C(0) = E$. Donc $u_R(0) = -E$, de valeur absolue $E = 4{,}5$ V.

La courbe de la figure 3 est positive : elle correspond donc à $-u_R$ (erreur de signe probable du sujet).

$u_R(t = 0) = 4{,}5$ V $= E$ en valeur absolue : la lecture graphique est en accord avec la loi des mailles.

COMPRENDRE

Avec la flèche de la figure 2, la loi des mailles donne une tension négative pendant la décharge. La courbe, positive, correspond à une mesure faite dans l'autre sens : elle représente $-u_R$, donc u_C. Le signaler sur la copie.

Q14 Déterminer, à l'aide de la figure 3, la valeur expérimentale τ_{exp} de la constante de temps du circuit RC. Commenter.

Données utiles figure 3 ; $R_2 = 5{,}0\ \text{k}\Omega$ (Q12) ; $C = 4{,}70\ \text{mF}$

Lors de la décharge, la tension décroît en $\text{e}^{-t/\tau}$: à $t = \tau$, elle vaut 37 % de sa valeur initiale, soit $0{,}37 \times 4{,}5 = 1{,}7$ V.

Sur la figure 3, l'ordonnée 1,7 V correspond à l'abscisse $t \approx 24$ s.

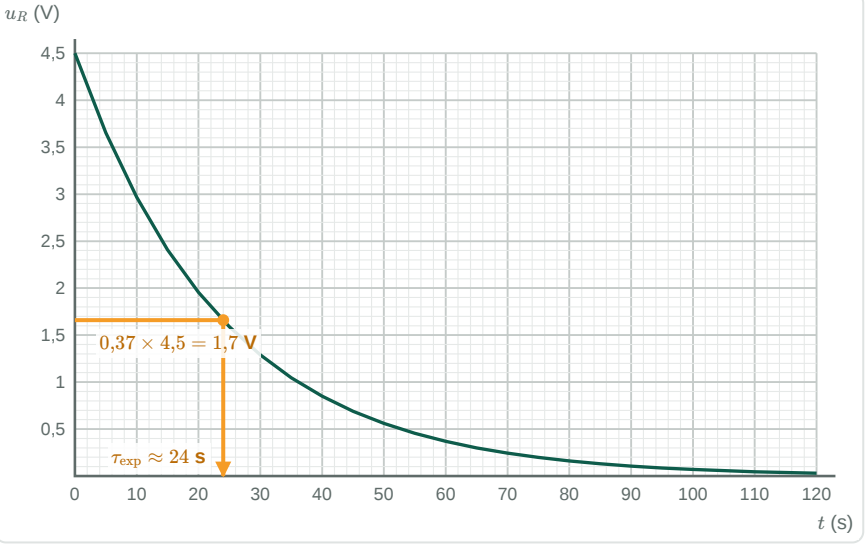
$\tau_{\text{exp}} \approx 24\ \text{s}$

Valeur théorique : $\tau = R_2\, C = 5{,}0 \times 10^{3} \times 4{,}70 \times 10^{-3} = 23{,}5$ s, soit 24 s avec deux chiffres significatifs : l'accord est très bon. La temporisation obtenue, $\Delta t_2 = \tau_{\text{exp}}\ \ln 3 \approx 26$ s, est bien voisine des 30 s souhaitées.

MÉTHODE
Autre lecture possible : la tangente à l'origine coupe l'axe des temps en $t = \tau$. Elle est moins précise, car le tracé de la tangente est délicat.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS
0.37×4.5 ≈ 1.665
$5.0 \times 10^{3} \times 4.70 \times 10^{-3}$ ≈ 23.5
$24 \times \ln(3)$ ≈ 26.36669



Q14 · Figure 3 du sujet (allure), avec la lecture à 37 % de la valeur initiale

Q15 Nommer les trois modes possibles de transferts thermiques et indiquer celui qui peut être négligé lors du chauffage de l'eau.

Les trois modes de transfert thermique sont la conduction, la convection et le rayonnement.

Le thermoplongeur est immergé : il chauffe l'eau à son contact (conduction), puis l'eau chaude se déplace dans la cuve (convection).

Le **rayonnement** peut être négligé.

COMPRENDRE
Supposer la température de l'eau uniforme revient à admettre que la convection répartit très efficacement l'énergie dans toute la cuve.

Q16 Montrer que le transfert thermique Q nécessaire pour chauffer l'eau de θ_0 à θ_f est d'environ 0,24 MJ.

Données utiles $V_{\text{eau}} = 5{,}7\ \text{L}$; $\rho_{\text{eau}} = 1{,}0 \times 10^{3}\ \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$; $c_{\text{eau}} = 4{,}18 \times 10^{3}\ \text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$; $\theta_0 = 20\ ^\circ\text{C}$; $\theta_f = 30\ ^\circ\text{C}$

Masse d'eau : $m_{\text{eau}} = \rho_{\text{eau}}\, V_{\text{eau}}$, avec $V_{\text{eau}} = 5{,}7 \times 10^{-3}\ \text{m}^3$.

$$Q = m_{\text{eau}}\, c_{\text{eau}}\, (\theta_f - \theta_0) = \rho_{\text{eau}}\, V_{\text{eau}}\, c_{\text{eau}}\, (\theta_f - \theta_0)$$

$$Q = 1{,}0 \times 10^{3} \times 5{,}7 \times 10^{-3} \times 4{,}18 \times 10^{3} \times (30 - 20) = 2{,}4 \times 10^{5}\ \text{J}$$

$Q = 2{,}4 \times 10^{5}\ \text{J} = 0{,}24\ \text{MJ}$: c'est la valeur attendue.

COMPRENDRE
Un écart de température a la même valeur en kelvins et en degrés Celsius : inutile d'ajouter 273 à θ_f et à θ_0.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS
$1.0 \times 10^{3} \times 5.7 \times 10^{-3} \times 4.18 \times 10^{3} \times (30 - 20)$ ≈ 238260

Q17 Calculer la durée de fonctionnement Δt_3 du thermoplongeur, en minutes, pour que l'eau passe de 20 °C à 30 °C.

Données utiles $P_{\text{él}} = \Phi = 2\ \text{kW}$; $Q = 2{,}4 \times 10^5\ \text{J}$ (Q16)

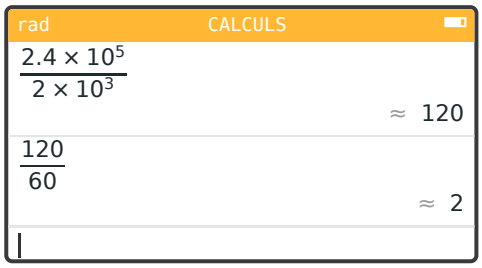
Le flux thermique est constant : $\Phi = \dfrac{Q}{\Delta t_3}$, donc $\Delta t_3 = \dfrac{Q}{P_{\text{él}}}$.

$$\Delta t_3 = \frac{2{,}4 \times 10^5}{2 \times 10^3} = 1{,}2 \times 10^2\ \text{s}$$

$\Delta t_3 = 1{,}2 \times 10^2\ \text{s} \approx 2\ \text{min}$

PIÈGE
Laisser la puissance en kilowatts avec une énergie en joules. Il faut $P_{\text{él}} = 2 \times 10^3$ W pour obtenir des secondes, puis diviser par 60.

À LA CALCULATRICE



Q18 Déterminer les températures du thermoplongeur avec et sans brassage de l'eau quand l'eau a atteint la température θ_f.

Données utiles $\Phi = 2\ \text{kW}$; $S = 0{,}020\ \text{m}^2$; sans brassage $h_{c,0} = 1{,}0 \times 10^3\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$; avec brassage $h'_{c,0} = 4{,}0 \times 10^3\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$; $\theta_f = 30\ ^\circ\text{C}$

De $\Phi = h_c\, S\, (\theta_{\text{thermo}} - \theta_{\text{eau}})$ avec $\theta_{\text{eau}} = \theta_f$, on tire : $\theta_{\text{thermo}} = \theta_f + \dfrac{\Phi}{h_c\, S}$.

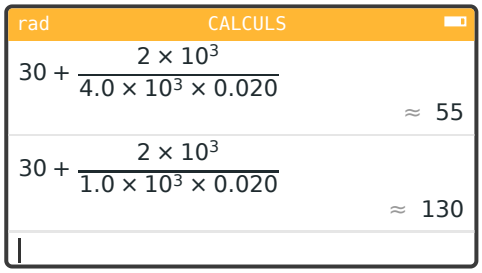
Avec brassage : $\theta_{\text{thermo}} = 30 + \dfrac{2 \times 10^3}{4{,}0 \times 10^3 \times 0{,}020} = 30 + 25 = 55\ ^\circ\text{C}$

Sans brassage : $\theta_{\text{thermo}} = 30 + \dfrac{2 \times 10^3}{1{,}0 \times 10^3 \times 0{,}020} = 30 + 100 = 130\ ^\circ\text{C}$

$\theta_{\text{thermo}} = 55\ ^\circ\text{C}$ avec brassage ; $\theta_{\text{thermo}} = 130\ ^\circ\text{C}$ sans brassage

COMPRENDRE
Sans brassage, l'échange avec l'eau est quatre fois moins efficace : pour évacuer la même puissance, le thermoplongeur doit être bien plus chaud que l'eau.

À LA CALCULATRICE



Q19 Avec les figures 4 et 5, déterminer la durée du chauffage sans tartre, en déduire la température atteinte par le thermoplongeur en fin de chauffage et comparer à la question Q18.

Données utiles figures 4 et 5, courbes « sans tartre » ; $\theta_{\text{thermo}} = 55\ ^\circ\text{C}$ avec brassage (Q18)

Figure 4, courbe sans tartre : l'eau atteint 30 °C à la date $t \approx 120$ s.

Figure 5, courbe sans tartre : à $t = 120$ s, le thermoplongeur est à environ 56 °C.

Durée de chauffage ≈ 120 s ; $\theta_{\text{thermo}} \approx 56\ ^\circ\text{C}$

Cette température est très proche des 55 °C calculés avec brassage à la question Q18 : c'est cohérent, puisque la simulation suppose un brassage efficace. La durée lue confirme aussi le résultat de la question Q17.

PIÈGE
Sur la figure 4, la graduation notée « 20 » sur l'axe des temps est une coquille : les graduations vont de 50 s en 50 s. Vérifier le pas d'un axe avant toute lecture.

Q20 Avec la figure 4, montrer que le tartre augmente la consommation énergétique d'environ 15 % lors du chauffage de l'eau.

Données utiles figure 4 ; durée sans tartre : 120 s (Q19) ; $P_{\text{él}}$ constante

Figure 4, courbe « 2 mm de tartre » : l'eau atteint 30 °C à $t \approx 140$ s, contre 120 s sans tartre.

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 :

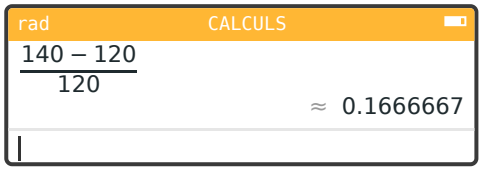
$$\frac{E_{\text{tartre}} - E_{\text{sans}}}{E_{\text{sans}}} = \frac{140 - 120}{120} = 0{,}17$$

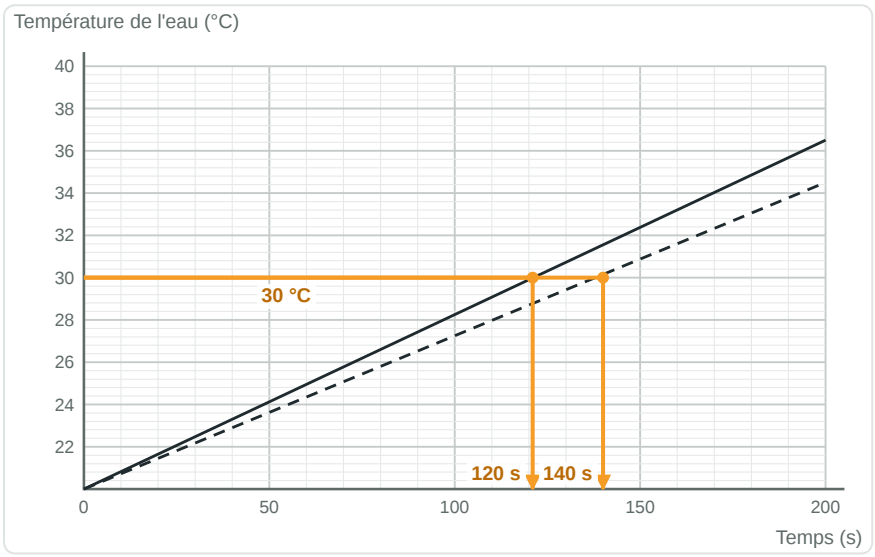
Augmentation de 17 % : aux incertitudes de lecture près, c'est bien environ 15 %.

COMPRENDRE

Dans l'autre sens : 15 % de plus que 120 s donnent 138 s, ce qui est indiscernable de 140 s sur le graphique.

À LA CALCULATRICE





Q20 · Figure 4 du sujet (allure) : dates auxquelles l'eau atteint 30 °C, sans tartre (trait plein) et avec tartre (tirets)

L'odeur de jasmin

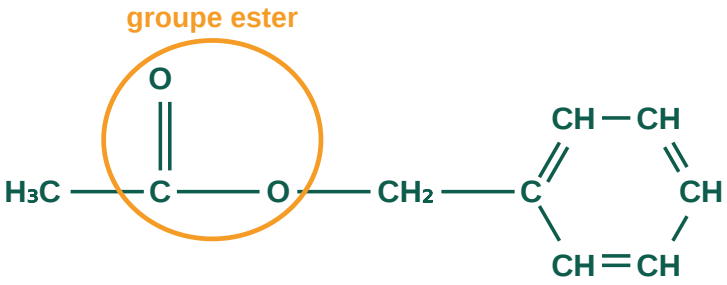
Bac 2026 Métropole · Jour 1 · Exercice 2 **4 points** **Durée conseillée 42 min**

Q1 Recopier la formule semi-développée de l'éthanoate de benzyle, entourer son groupe caractéristique et indiquer la famille fonctionnelle associée.

Le groupe entouré, $-C(=O)-O^-$ lié à un carbone de chaque côté, est le groupe ester.

L'éthanoate de benzyle appartient à la famille des **esters**.

PIÈGE
Entourer seulement $C=O$ (ce serait un carbonyle) ou oublier l'atome d'oxygène lié au CH_2. Le groupe ester comprend le carbone et ses deux oxygènes.



Q1 · Éthanoate de benzyle : groupe caractéristique entouré

Q2 Identifier le rôle de l'étape C du protocole.

Verser le contenu du tube dans de l'eau distillée glacée refroidit brutalement le mélange et le dilue : la température et la concentration des réactifs, deux facteurs cinétiques, chutent.

L'étape C est une **trempe** : elle stoppe la transformation à la date t, pour que l'acide dosé soit bien celui présent à cette date.

COMPRENDRE
Un titrage prend du temps. Sans trempe, l'acide éthanoïque continuerait d'être consommé pendant le dosage et la quantité mesurée ne correspondrait à aucune date précise.

Q3 Établir la relation $n_{ac}(t) = n_{0,ac} - n_{EB}(t)$ entre la quantité initiale d'acide éthanoïque et les quantités d'éthanoate de benzyle et d'acide éthanoïque à la date t.

Dans l'équation, les nombres stœchiométriques de l'acide et de l'ester valent 1. Pour un avancement $x(t)$, avec aucun ester à l'état initial :

- acide éthanoïque (réactif) : $n_{ac}(t) = n_{0,ac} - x(t)$;
- éthanoate de benzyle (produit) : $n_{EB}(t) = x(t)$.

En remplaçant $x(t)$ par $n_{EB}(t)$:

$$n_{ac}(t) = n_{0,ac} - n_{EB}(t)$$

MÉTHODE
Pour relier deux quantités de matière à une date quelconque, écrire chacune en fonction de l'avancement $x(t)$ (deux lignes du tableau d'avancement), puis éliminer $x(t)$.

Q4 Retrouver par un calcul la valeur de n_0ac donnée à la ligne 7 du programme.

Données utiles $V = 2{,}0$ mL de mélange, dont 25 % en volume d'acide éthanoïque ; $\rho_{ac} = 1{,}05\ \text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$; $M_{ac} = 60{,}1\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$; ligne 7 :

n_0ac = 0.0087 (en mol)

Volume d'acide éthanoïque dans un tube : $V_{ac} = 0{,}25 \times V$.

Sa masse est $m_{ac} = \rho_{ac} V_{ac}$, donc :

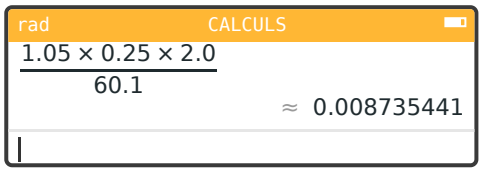
$$n_{0,ac} = \frac{\rho_{ac} \times 0{,}25 \times V}{M_{ac}} = \frac{1{,}05 \times 0{,}25 \times 2{,}0}{60{,}1}$$

$n_{0,ac} = 8{,}7 \times 10^{-3}$ mol, soit $0{,}0087$ mol : c'est la valeur de la ligne 7.

PIÈGE
Utiliser les 2,0 mL entiers : l'acide n'occupe que le quart du volume prélevé. Avec ρ en $\mathrm{g \cdot mL^{-1}}$, le volume reste en mL, sans conversion.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme $V = 2{,}0$ mL, la donnée la moins précise. La calculatrice affiche $8{,}735 \times 10^{-3}$: on arrondit à $8{,}7 \times 10^{-3}$ mol.

À LA CALCULATRICE



Q5 Recopier et compléter la ligne 18 du programme.

D'après Q3, $n_{EB}(t) = n_{0,ac} - n_{ac}(t)$. Pour la date d'indice i :

Ligne 18 : **n_EB[i] = n_0ac - n_ac[i]**

PIÈGE
Oublier l'indice [i] sur n_ac : n_ac est une liste, et la boucle doit prendre une seule de ses valeurs à chaque tour. Les noms doivent être exactement ceux du programme.

Q6 Définir le temps de demi-réaction $t_{1/2}$, puis estimer sa valeur à l'aide de la courbe de l'annexe A1 en expliquant la méthode.

Le temps de demi-réaction $t_{1/2}$ est la durée nécessaire pour que l'avancement soit égal à la moitié de l'avancement final : $x(t_{1/2}) = \frac{x_f}{2}$.

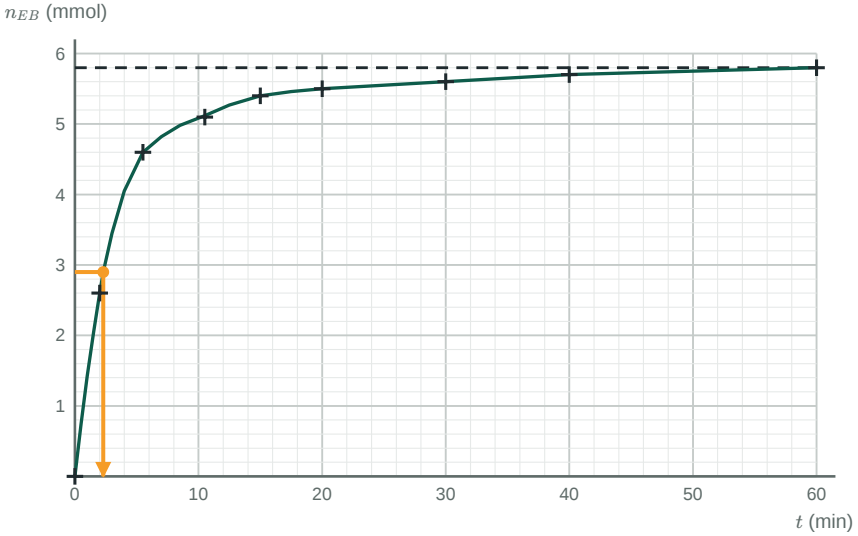
Comme $n_{EB} = x$, c'est la date où $n_{EB} = \frac{n_f}{2}$.

Méthode : la courbe se stabilise vers $n_f = 5{,}8 \times 10^{-3}$ mol, d'où $\frac{n_f}{2} = 2{,}9 \times 10^{-3}$ mol. On trace la courbe lissée passant au plus près des points, puis l'horizontale d'ordonnée $2{,}9 \times 10^{-3}$ mol ; l'abscisse de son intersection avec la courbe est $t_{1/2}$.

$t_{1/2} \approx 2{,}3$ min (lecture entre 2 et 3 min)

PIÈGE
Prendre la moitié de la durée de l'expérience (30 min), ou la moitié de $n_{0,ac}$: la transformation n'est pas totale, la référence est la valeur finale n_f lue sur la courbe.

COMPRENDRE
Le point à 2,0 min est à $2{,}6 \times 10^{-3}$ mol, juste sous $2{,}9 \times 10^{-3}$ mol : $t_{1/2}$ est donc un peu supérieur à 2 min. Toute lecture voisine, correctement justifiée, est acceptée.



Q6 · Annexe A1 : $n_f/2 = 2{,}9$ mmol est atteint à $t_{1/2} \approx 2{,}3$ min

Q7 Exprimer la vitesse volumique v_{EB} d'apparition de l'éthanoate de benzyle en fonction du volume V et de $\frac{\mathrm{d}n_{EB}}{\mathrm{d}t}$.

Par définition, $v_{EB} = \frac{\mathrm{d}[\mathrm{EB}]}{\mathrm{d}t}$ avec $[\mathrm{EB}] = \frac{n_{EB}}{V}$ et V constant, donc :

$$v_{EB} = \frac{1}{V}\frac{\mathrm{d}n_{EB}}{\mathrm{d}t}$$

COMPRENDRE
Signe « $+$ » pour un produit, dont la quantité augmente. Pour la disparition d'un réactif, on écrirait un signe « $-$ » afin d'obtenir une vitesse positive.

Q8 À l'aide d'un tracé sur la courbe de l'annexe A1, estimer la vitesse volumique d'apparition de l'éthanoate de benzyle à l'instant initial ($t = 0$).

Données utiles $V = 2{,}0$ mL $= 2{,}0 \times 10^{-3}$ L ; relation de Q7

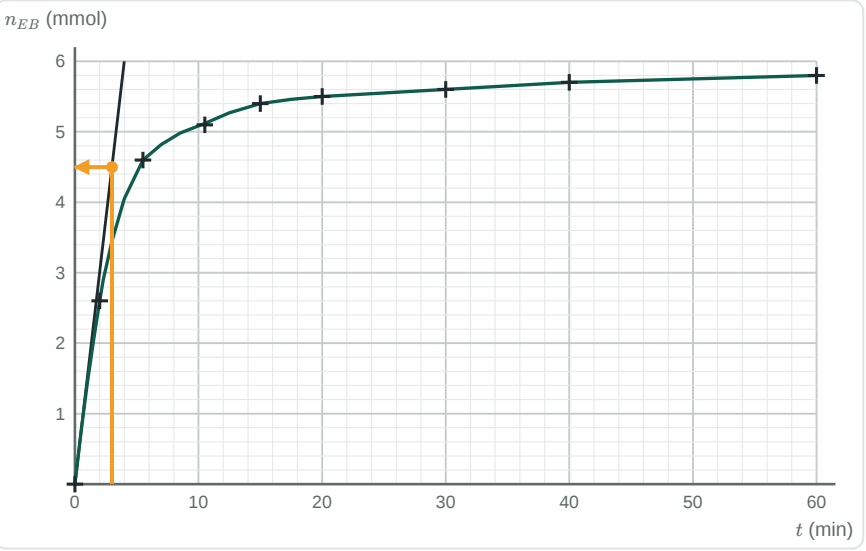
$\frac{\mathrm{d}n_{EB}}{\mathrm{d}t}$ à $t = 0$ est le coefficient directeur de la tangente à la courbe à l'origine. Cette tangente, tracée sur l'annexe, passe par O (0 ; 0) et M (3 min ; $4{,}5 \times 10^{-3}$ mol).

$$v_{EB}(0) = \frac{1}{V} \times \frac{n_M - n_O}{t_M - t_O} = \frac{1}{2{,}0 \times 10^{-3}} \times \frac{4{,}5 \times 10^{-3} - 0}{3 - 0}$$

$$v_{EB}(0) \approx 0{,}75 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

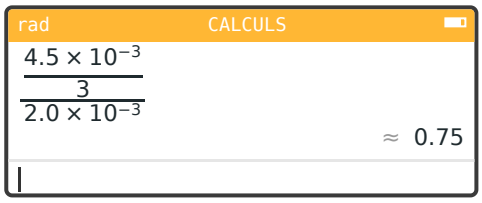
PIÈGE
Oublier de diviser par V, ou laisser V en mL : le résultat doit être en $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, comme la valeur donnée à 20 min.

MÉTHODE
Prendre deux points éloignés sur la tangente, et non sur la courbe. Le tracé est une estimation : une valeur comprise entre 0,65 et 0,85 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ reste cohérente.



Q8 · Annexe A1 : tangente à l'origine, passant par M (3 min ; 4,5 mmol)

À LA CALCULATRICE



Q9 Identifier un facteur cinétique responsable de l'évolution de la vitesse volumique d'apparition de l'éthanoate de benzyle.

Données utiles $v_{EB}(0) \approx 0{,}75 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ (Q8) ; $v_{EB}(20 \text{ min}) = 6{,}7 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

Entre $t = 0$ et $t = 20$ min, la vitesse passe de $0{,}75$ à $6{,}7 \times 10^{-3}$ $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$: elle diminue fortement. La température est maintenue constante par le bain thermostaté ; ce sont les réactifs qui sont consommés.

Le facteur cinétique en cause est la **concentration des réactifs** : elle diminue au cours du temps, donc la vitesse diminue.

PIÈGE
Citer la température ou le catalyseur : ce sont bien des facteurs cinétiques, mais ils ne varient pas pendant l'expérience et n'expliquent donc pas la baisse de vitesse.

Q10 Proposer une modification du protocole expérimental permettant d'optimiser le rendement de la synthèse.

Le rendement de 67 % montre que la transformation n'est pas totale : elle conduit à un état d'équilibre. Pour former davantage d'ester, on peut éliminer l'un des produits au fur et à mesure de sa formation, ce qui empêche la réaction inverse.

Réaliser la synthèse dans un ballon chauffé muni d'un appareil de **Dean-Stark** (ou d'un montage de distillation) pour **retirer l'eau** au fur et à mesure. Autre possibilité : augmenter encore l'excès d'alcool benzylique.

PIÈGE
Proposer de chauffer davantage ou d'ajouter du catalyseur : on atteint l'état final plus vite, mais sa composition, donc le rendement, ne change pas.

Coloration de la laine

Bac 2026 Métropole · Jour 1 · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 53 min**

Q1 Définir un intermédiaire réactionnel.

Un intermédiaire réactionnel est une espèce produite par une étape du mécanisme puis consommée par une étape suivante : il ne figure pas dans l'équation de la réaction.

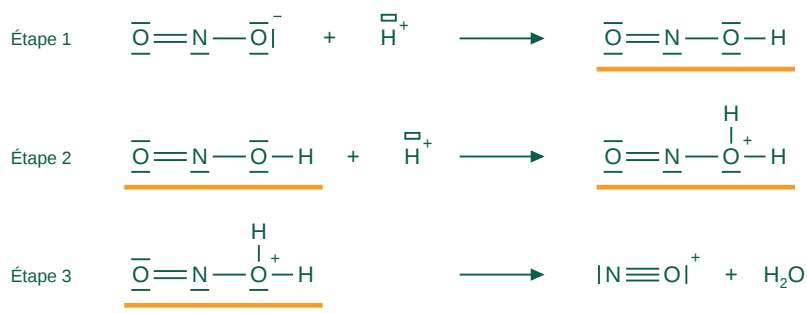
PIÈGE
Le confondre avec un catalyseur, qui est au contraire consommé d'abord puis régénéré ensuite.

Q2 Souligner, sur l'annexe A2, les deux intermédiaires réactionnels présents dans les étapes du mécanisme.

On cherche les espèces formées par une étape et consommées par la suivante.

Intermédiaires : l'acide nitreux HNO_2 (formé à l'étape 1, consommé à l'étape 2) et l'ion $H_2NO_2^+$ (formé à l'étape 2, consommé à l'étape 3).

COMPRENDRE
L'ion NO^+ et l'eau, formés à l'étape 3, ne sont pas consommés dans les étapes fournies : on ne les souligne pas.



Q2 · Annexe A2 : les deux intermédiaires réactionnels soulignés

Q3 Identifier les sites donneur et accepteur d'électrons dans l'étape 1, en justifiant.

- Site donneur : l'atome d'oxygène chargé négativement de l'ion NO_2^-. Il porte trois doublets non liants et une charge négative : il est riche en électrons.
- Site accepteur : l'ion H^+. Il porte une lacune électronique et une charge positive : il est pauvre en électrons.

Donneur : O^- de l'ion nitrite ; accepteur : H^+.

PIÈGE
Citer une espèce entière sans désigner l'atome. L'ion nitrite contient deux atomes d'oxygène : seul celui qui porte la charge négative est le site donneur de cette étape.

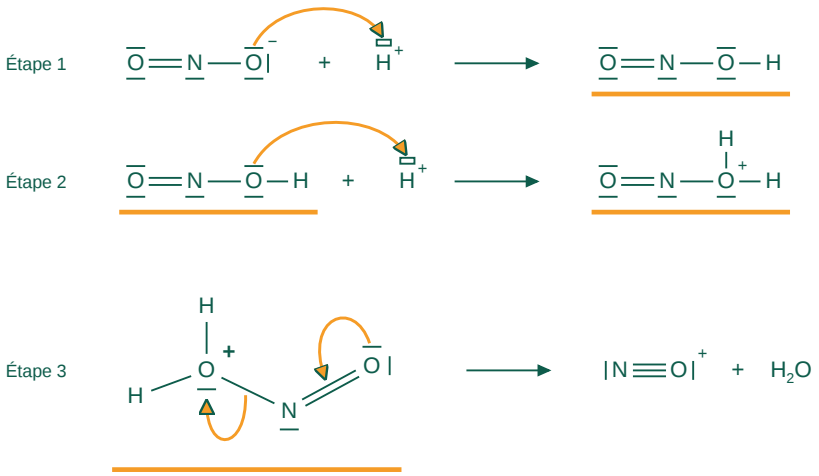
Q4 Dessiner, sur l'annexe A2, les flèches courbes schématisant les transferts électroniques pour chacune des étapes du mécanisme.

- Étape 1 : une flèche part d'un doublet non liant de O^- et pointe vers H^+ (liaison O–H formée).
- Étape 2 : une flèche part d'un doublet non liant de l'oxygène du groupe OH et pointe vers H^+.
- Étape 3 : une flèche part du doublet de la liaison N–O et pointe vers O^+ (liaison rompue) ; une autre part d'un doublet non liant de l'autre oxygène et pointe entre N et O (liaison triple formée).

Quatre flèches courbes : une à l'étape 1, une à l'étape 2, deux à l'étape 3 (voir l'annexe).

PIÈGE
À l'étape 3, oublier la seconde flèche : sans elle, l'azote n'aurait que deux doublets et la liaison triple de NO^+ ne serait pas justifiée.

MÉTHODE
Une flèche courbe part toujours d'un doublet (liant ou non liant), jamais d'un atome ni d'une charge. Elle pointe vers l'atome accepteur, ou entre deux atomes quand une liaison se forme.



Q4 · Annexe A2 complétée : flèches courbes en orange

Q5 Déterminer, en justifiant, la masse maximale de colorant qui aurait pu être obtenue.

Données utiles $m(\text{AS}) = 0{,}87$ g d'acide sulfanilique ; $m(\text{BN}) = 0{,}72$ g de β-naphtol ; $M(\text{AS}) = 173{,}2\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M(\text{BN}) = 144{,}2\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$; $M(\text{colorant}) = 328{,}3\ \text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$; acide nitreux en excès

Quantités initiales des deux réactifs qui ne sont pas en excès :

$$n(\text{AS}) = \frac{m(\text{AS})}{M(\text{AS})} = \frac{0{,}87}{173{,}2} = 5{,}0\times10^{-3}\ \text{mol} \qquad n(\text{BN}) = \frac{m(\text{BN})}{M(\text{BN})} = \frac{0{,}72}{144{,}2} = 5{,}0\times10^{-3}\ \text{mol}$$

Les nombres stœchiométriques valent tous 1 et $n(\text{AS}) = n(\text{BN})$: le mélange est stœchiométrique. Si la transformation est totale, $n_{\max} = 5{,}0\times10^{-3}$ mol de colorant.

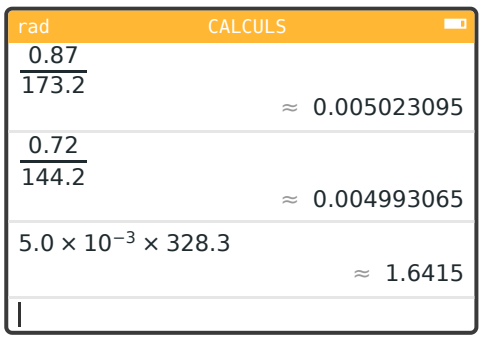
$$m_{\max} = n_{\max}\times M(\text{colorant}) = 5{,}0\times10^{-3}\times328{,}3 = 1{,}6\ \text{g}$$

$m_{\max} = 1{,}6$ g

PIÈGE
Additionner les masses des réactifs, ou calculer $m_{\max}$ sans comparer les quantités de matière : « en justifiant » demande de montrer quel réactif limite la synthèse.

COMPRENDRE
Les masses pesées ont deux chiffres significatifs : le résultat en garde deux. Les deux quantités ne diffèrent qu'au troisième chiffre, ce qui n'est pas significatif ici.

À LA CALCULATRICE



Q6 Déterminer le rendement de cette synthèse.

Données utiles $m = 1{,}53$ g de colorant obtenu ; $m_{\text{max}} = 1{,}64$ g (Q5, valeur non arrondie)

Le rendement est le quotient de la masse obtenue par la masse maximale :

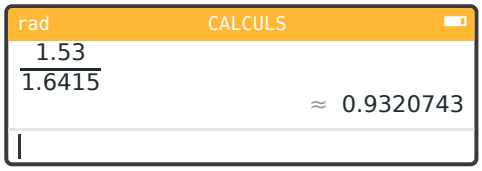
$$\eta = \frac{m}{m_{\text{max}}} = \frac{1{,}53}{1{,}64} = 0{,}93$$

$\eta = 93\ \%$

COMPRENDRE
Un rendement est toujours inférieur ou égal à 100 %. Une valeur supérieure signale une erreur de calcul ou un produit encore humide ou impur.

MÉTHODE
Dans un calcul qui s'enchaîne, reprendre la valeur non arrondie de la question précédente ($1{,}64$ g) et n'arrondir qu'à la fin. Avec $1{,}6$ g, on trouverait 96 %.

À LA CALCULATRICE



Q7 En utilisant le spectre d'absorption, déterminer la couleur du colorant.

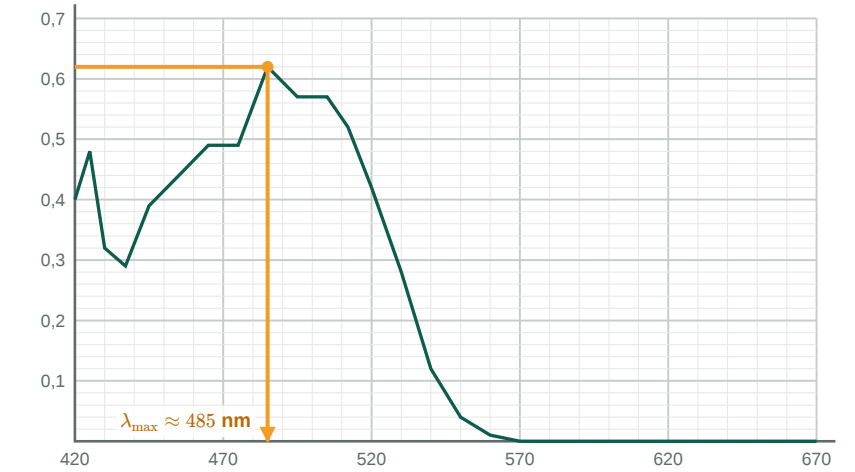
Données utiles figure 2 ; cercle chromatique (bleu : 450 à 500 nm, opposé à l'orange)

Le spectre présente un maximum d'absorbance pour $\lambda_{\text{max}} \approx 485$ nm : la solution absorbe surtout dans le bleu.

La couleur perçue est la couleur complémentaire de la couleur absorbée, diamétralement opposée sur le cercle chromatique.

Le colorant est **orange**.

PIÈGE
Répondre « bleu » : la longueur d'onde du maximum donne la couleur absorbée, pas la couleur de la solution.



Q7 · Figure 2 du sujet (allure), avec la lecture du maximum d'absorbance

Q8 Démontrer comment obtenir la valeur de la concentration C en acide éthanoïque pour le titrage n° 1 à partir de la mesure de V_{E1}.

Données utiles $V_A = 10{,}0$ mL de vinaigre dilué dix fois ; $C_B = 0{,}10\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$; $V_{E1} = 13{,}50$ mL

Réaction support du titrage :
$\text{CH}_3\text{COOH}\,(\text{aq}) + \text{HO}^-\,(\text{aq}) \longrightarrow \text{CH}_3\text{COO}^-\,(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}\,(\text{l})$

À l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques : $n(\text{CH}_3\text{COOH})_{\text{titré}} = n(\text{HO}^-)_{\text{versé}}$, soit $C_d\,V_A = C_B\,V_{E1}$, où C_d est la concentration du vinaigre dilué.

Le vinaigre a été dilué dix fois : $C = 10\,C_d$, donc

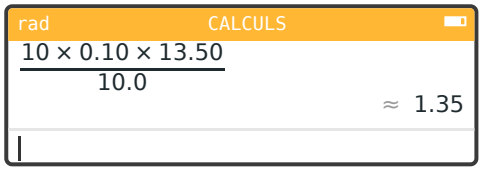
$$C = \frac{10\,C_B\,V_{E1}}{V_A} = \frac{10 \times 0{,}10 \times 13{,}50}{10{,}0} = 1{,}35\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

$C = 1{,}35\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, ce qui correspond à la valeur $1{,}350\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ du tableau.

PIÈGE
Oublier le facteur 10 de la dilution : on obtiendrait $0{,}135\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, la concentration de la solution titrée et non celle du vinaigre commercial.

COMPRENDRE
Les volumes sont dans la même unité au numérateur et au dénominateur : inutile de les convertir en litres. Avec C_B à deux chiffres significatifs, on devrait écrire $1{,}4$; le tableau en garde quatre.

À LA CALCULATRICE



Q9 Choisir, parmi les valeurs proposées, la valeur moyenne C_{moy} et l'écart-type σ de la série de mesures.

Les douze valeurs de C sont comprises entre $1{,}350$ et $1{,}375\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$: la moyenne se situe dans cet intervalle, strictement sous $1{,}375$.
L'écart-type mesure la dispersion des valeurs autour de la moyenne ; il est ici de l'ordre du centième au plus.

$C_{moy} = 1{,}3621\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ et $\sigma = 0{,}009\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$

MÉTHODE
Sans raisonnement, le mode statistique de la calculatrice donne les deux valeurs : saisir les douze concentrations dans une liste, puis lire la moyenne et l'écart-type d'échantillon.

Q10 Montrer que l'incertitude-type associée à C_{moy}, exprimée avec un chiffre significatif, vaut $u(C_{moy}) = 0{,}003$ mol/L, puis écrire la valeur expérimentale de la concentration avec le nombre de chiffres significatifs adapté.

Données utiles $\sigma = 0{,}009\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ (Q9) ; $n = 12$ mesures ; $C_{moy} = 1{,}3621\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ (Q9)

$$u(C_{moy}) = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{0{,}009}{\sqrt{12}} = 0{,}0026\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

Avec un seul chiffre significatif, arrondi par excès : $u(C_{moy}) = 0{,}003\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$, valeur attendue.

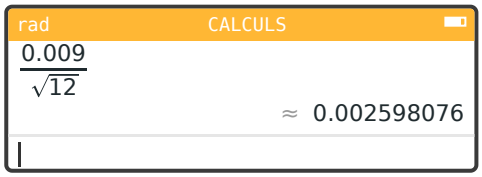
L'incertitude porte sur le millième : on arrondit C_{moy} au millième.

$C_{moy} = 1{,}362\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ avec $u(C_{moy}) = 0{,}003\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$

PIÈGE
Diviser par n au lieu de $\sqrt{n}$, ou garder $1{,}3621$: le dernier chiffre n'a pas de sens quand l'incertitude vaut déjà 3 millièmes.

MÉTHODE
Écrire un résultat de mesure : 1) l'incertitude-type avec un seul chiffre significatif, arrondie par excès ; 2) la valeur arrondie au même rang décimal que l'incertitude.

À LA CALCULATRICE



Q11 Conclure sur l'accord entre la concentration en acide éthanoïque figurant sur l'étiquette et celle trouvée expérimentalement.

Données utiles $C_0 = 1{,}360\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$; $C_{moy} = 1{,}362\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ et $u(C_{moy}) = 0{,}003\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ (Q10)

On calcule le quotient proposé, avec C_0 comme valeur de référence :

$$\frac{|C_{moy} - C_0|}{u(C_{moy})} = \frac{|1{,}362 - 1{,}360|}{0{,}003} = 0{,}7$$

Ce quotient est inférieur à 2 : l'écart entre les deux valeurs est plus petit que l'incertitude-type.

Quotient $\approx 0{,}7 < 2$: la concentration mesurée est en accord avec celle de l'étiquette.

COMPRENDRE

Le seuil usuel est 2 : en dessous, mesure et référence sont compatibles ; au-dessus, il faudrait chercher une erreur systématique ou mettre en doute l'étiquette.

À LA CALCULATRICE

