Corrigé complet — Bac 2025 Asie Jour 1

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

Ex 1	**Installation sanitaire** Modes de transfert thermique · Résistance et flux thermiques · Premier principe de la thermodynamique · Rendement et puissance · Débit volumique · Relation de Bernoulli	11 pts	1 h 55	13 questions	p. 2
Ex 2	**Pollution ammoniacale** Acide et base de Brønsted · Schéma de Lewis · Diagramme de prédominance · Dilution · Titrage conductimétrique · Concentration en masse	5 pts	53 min	8 questions	p. 6
Ex 3	**Arôme de poire** Isomérie de constitution · Nomenclature des esters · Spectroscopie infrarouge · Chauffage à reflux · Quotient de réaction et équilibre · Rendement d'une synthèse	4 pts	42 min	9 questions	p. 10

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.

Installation sanitaire

Bac 2025 Asie Jour 1 · Exercice 1 **11 points** **Durée conseillée 1 h 55**

Q1 Identifier le mode de transfert thermique : a) au niveau du panneau solaire ; b) entre le fluide caloporteur chaud et l'eau sanitaire du cumulus ; c) dans le cumulus, entre l'eau chaude en bas et l'eau froide en haut.

a) Le panneau reçoit l'énergie du Soleil par **rayonnement**.

b) Le fluide caloporteur circule dans un serpentin : l'énergie traverse la paroi solide du tube, sans déplacement de matière, par **conduction**.

c) L'eau chauffée en bas, moins dense, monte tandis que l'eau froide descend : le transfert s'accompagne d'un mouvement de matière, c'est la **convection**.

a) rayonnement ; b) conduction ; c) convection

COMPRENDRE
Rayonnement : par ondes électromagnétiques, possible dans le vide. Conduction : de proche en proche, sans transport de matière, surtout dans les solides. Convection : avec transport de matière, dans un fluide.

Q2 Calculer la résistance thermique R_{th} d'un isolant en résine de mélamine.

Données utiles $e = 5{,}0$ cm ; $S = 5{,}0\ \text{m}^2$; $\lambda = 0{,}033\ \text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

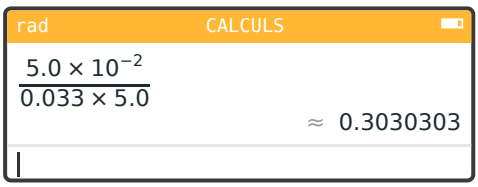
$$R_{th} = \frac{e}{\lambda \times S} = \frac{5{,}0 \times 10^{-2}}{0{,}033 \times 5{,}0}$$

$R_{th} = 0{,}30\ \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$

PIÈGE
L'épaisseur est donnée en centimètres : sans la conversion $e = 5{,}0 \times 10^{-2}$ m, le résultat est cent fois trop grand. L'unité $\text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ est attendue.

COMPRENDRE
Toutes les données ont deux chiffres significatifs : le résultat en garde deux, dans cette question comme dans les suivantes.

À LA CALCULATRICE



Q3 Déterminer la valeur du flux thermique Φ traversant l'isolant en résine de mélamine.

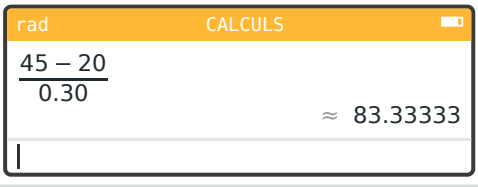
Données utiles $\theta_p = 20\ ^\circ\text{C}$; $\theta_C = 45\ ^\circ\text{C}$; $R_{th} = 0{,}30\ \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ (Q2)

$$\Phi = \frac{\Delta\theta}{R_{th}} = \frac{\theta_C - \theta_p}{R_{th}} = \frac{45 - 20}{0{,}30}$$

$\Phi = 83\ \text{W}$

COMPRENDRE
Un écart de température a la même valeur en °C et en K : inutile de convertir. Avec la valeur non arrondie de R_{th}, on trouve $82{,}5$ W : le dernier chiffre dépend de l'arrondi, les deux écritures sont acceptées.

À LA CALCULATRICE



Q4 Indiquer, en justifiant, le sens du transfert thermique entre la structure basse du panneau et le fluide caloporteur.

Un transfert thermique s'effectue spontanément du corps le plus chaud vers le corps le plus froid. Ici $\theta_C = 45\ ^\circ\text{C} > \theta_p = 20\ ^\circ\text{C}$.

L'énergie passe du fluide caloporteur vers la structure basse du panneau.

Q5 Comparer, sans calcul, le flux thermique précédent à celui qui traverserait un isolant en mousse de polyuréthane rigide. Commenter le choix de l'isolant.

Données utiles $\lambda_{\text{mélamine}} = 0{,}033\ \text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$; $\lambda_{\text{polyuréthane}} = 0{,}025\ \text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

En combinant les deux relations : $\Phi = \dfrac{\Delta\theta}{R_{th}} = \dfrac{\lambda \times S \times \Delta\theta}{e}$.

À e, S et $\Delta\theta$ identiques, le flux est proportionnel à λ. Or $\lambda_{\text{polyuréthane}} < \lambda_{\text{mélamine}}$: le flux serait plus faible avec la mousse de polyuréthane.

Ce flux est une perte : l'énergie cédée à la structure ne sert pas à chauffer l'eau.

$\Phi_{\text{polyuréthane}} < \Phi_{\text{mélamine}}$: la mousse de polyuréthane rigide est le meilleur choix.

MÉTHODE
« Sans calcul » : écrire la grandeur en fonction du seul paramètre qui change, puis raisonner sur le sens de variation. Plus λ est petit, plus R_{th} est grande, meilleur est l'isolant.

Q6 Donner l'expression de la variation d'énergie interne ΔU de l'eau du cumulus en fonction de c_{eau}, V, ρ_{eau}, θ_i et θ_f.

L'eau est un système incompressible de masse $m = \rho_{eau} \times V$, donc $\Delta U = m \times c_{eau} \times (\theta_f - \theta_i)$.

$\Delta U = \rho_{eau} \times V \times c_{eau} \times (\theta_f - \theta_i)$

PIÈGE
Écrire $\theta_i - \theta_f$: une variation est toujours « valeur finale moins valeur initiale ». Ici l'eau s'échauffe, donc $\Delta U > 0$.

Q7 En déduire l'expression du transfert thermique Q en appliquant le premier principe de la thermodynamique.

Système {eau du cumulus}, au repos macroscopique. Premier principe : $\Delta U = W + Q$.

L'eau est immobile et incompressible : elle n'échange aucun travail avec l'extérieur, $W = 0$. Donc $Q = \Delta U$.

$Q = \rho_{eau} \times V \times c_{eau} \times (\theta_f - \theta_i)$

COMPRENDRE
« Parfaitement isolé » signifie ici sans pertes vers l'extérieur : le seul transfert reçu par l'eau est Q, cédé par le fluide caloporteur.

Q8 Calculer la valeur de la puissance thermique P_{th} fournie par le chauffe-eau solaire.

Données utiles $S = 5{,}0\ \text{m}^2$; $p_R = 600\ \text{W}\cdot\text{m}^{-2}$; $r = 77\ \% = 0{,}77$

Puissance reçue par le panneau : $P_{\text{reçue}} = p_R \times S$.

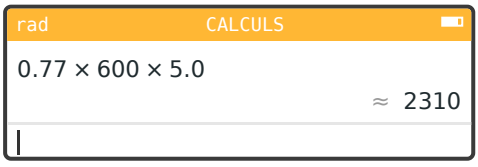
La puissance utile est la puissance thermique fournie à l'eau : $r = \dfrac{P_{th}}{P_{\text{reçue}}}$, donc

$$P_{th} = r \times p_R \times S = 0{,}77 \times 600 \times 5{,}0$$

$P_{th} = 2{,}3 \times 10^3\ \text{W} = 2{,}3\ \text{kW}$

PIÈGE
Diviser par le rendement au lieu de multiplier : la puissance utile est toujours inférieure à la puissance reçue (3,0 kW ici).

À LA CALCULATRICE



Q9 Déterminer la durée Δt, en heures, nécessaire pour que l'eau du cumulus passe de θ_i à θ_f. Commenter.

Données utiles $V = 150\ \text{L}$; $\rho_{eau} = 1{,}00\ \text{kg} \cdot \text{L}^{-1}$; $c_{eau} = 4\,180\ \text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot {}^\circ\text{C}^{-1}$; $\theta_i = 10\ {}^\circ\text{C}$; $\theta_f = 50\ {}^\circ\text{C}$; $P_{th} = 2{,}3 \times 10^3\ \text{W}$ (Q8)

Énergie à fournir à l'eau (Q7) :

$$Q = \rho_{eau} \times V \times c_{eau} \times (\theta_f - \theta_i)$$

$$Q = 1{,}00 \times 150 \times 4\,180 \times (50 - 10) = 2{,}508 \times 10^7\ \text{J}$$

Comme $Q = P_{th} \times \Delta t$:

$$\Delta t = \frac{Q}{P_{th}} = \frac{2{,}508 \times 10^7}{2{,}3 \times 10^3} = 1{,}1 \times 10^4\ \text{s}$$

En heures : $\Delta t = \dfrac{1{,}09 \times 10^4}{3\,600} = 3{,}0\ \text{h}$.

Commentaire : trois heures de plein soleil suffisent à chauffer tout le cumulus, ce qui est réaliste sur une journée. La durée réelle sera plus longue, car le cumulus n'est pas parfaitement isolé et l'éclairement varie au cours de la journée.

$\Delta t = 1{,}1 \times 10^4\ \text{s} \approx 3{,}0\ \text{h}$

PIÈGE
Oublier la conversion finale : la relation $Q = P_{th} \times \Delta t$ donne des secondes, la question demande des heures. Le commentaire fait partie de la réponse.

MÉTHODE
Question à initiative : 1) énergie nécessaire ; 2) lien avec la puissance ; 3) calcul et conversion ; 4) regard critique sur le résultat. Garder les valeurs intermédiaires non arrondies dans la calculatrice.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$1.00 \times 150 \times 4180 \times (50 - 10) \approx 2.508 \times 10^7$

$\dfrac{25\,080\,000}{2.3 \times 10^3} \approx 10904.35$

$\dfrac{\frac{25\,080\,000}{2.3 \times 10^3}}{3600} \approx 3.028986$

Q10 Indiquer, en justifiant, la relation entre les débits volumiques D_1 à l'entrée du cumulus et D_2 au robinet à l'étage.

L'eau est un fluide incompressible en écoulement permanent : le volume d'eau qui entre dans l'installation pendant une durée donnée est égal au volume qui en sort pendant la même durée. Le débit volumique se conserve.

$D_1 = D_2$

Q11 En déduire que la vitesse de l'eau au robinet à l'étage a pour valeur $v_2 = 1{,}8\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Données utiles $v_1 = 1{,}0\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; $S_1 = 2{,}0 \times 10^{-4}\ \text{m}^2$; $S_2 = 1{,}1 \times 10^{-4}\ \text{m}^2$

$D_1 = D_2$ avec $D = v \times S$, donc $v_1 \times S_1 = v_2 \times S_2$, soit

$$v_2 = \frac{v_1 \times S_1}{S_2} = \frac{1{,}0 \times 2{,}0 \times 10^{-4}}{1{,}1 \times 10^{-4}}$$

$v_2 = 1{,}8\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, valeur attendue.

COMPRENDRE
La section est plus petite au robinet : pour un même débit, l'eau y coule plus vite. Vitesse et section varient en sens inverse.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\dfrac{1.0 \times 2.0 \times 10^{-4}}{1.1 \times 10^{-4}} \approx 1.818182$

Q12 Déterminer la valeur de la pression de l'eau P_2 à la sortie du robinet à l'étage en appliquant la relation de Bernoulli.

Données utiles $\rho_{eau} = 1{,}00 \times 10^3\ \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$; $g = 9{,}81\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$; $z_1 = 0{,}0\ \text{m}$; $z_2 = 5{,}0\ \text{m}$; $P_1 = 3{,}0 \times 10^5\ \text{Pa}$; $v_1 = 1{,}0\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; $v_2 = 1{,}8\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ (Q11)

Entre l'entrée du cumulus (1) et le robinet (2), sur une même ligne de courant :

$$\tfrac{1}{2}\,\rho_{eau}\,v_1^2 + \rho_{eau}\,g\,z_1 + P_1 = \tfrac{1}{2}\,\rho_{eau}\,v_2^2 + \rho_{eau}\,g\,z_2 + P_2$$

$$P_2 = P_1 + \tfrac{1}{2}\,\rho_{eau}\,(v_1^2 - v_2^2) + \rho_{eau}\,g\,(z_1 - z_2)$$

Terme de vitesse : $\tfrac{1}{2} \times 1{,}00 \times 10^3 \times (1{,}0^2 - 1{,}8^2) = -1{,}1 \times 10^3$ Pa.

Terme d'altitude : $1{,}00 \times 10^3 \times 9{,}81 \times (0{,}0 - 5{,}0) = -4{,}9 \times 10^4$ Pa.

$$P_2 = 3{,}0 \times 10^5 - 1{,}1 \times 10^3 - 4{,}9 \times 10^4$$

$\boxed{P_2 = 2{,}5 \times 10^5\ \text{Pa}}$

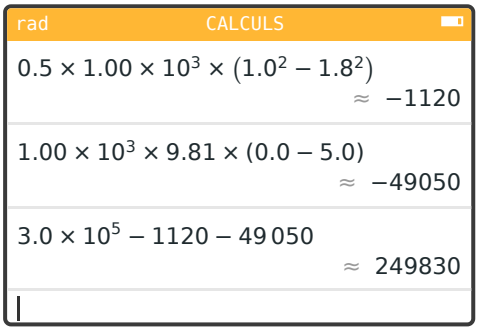
PIÈGE

Se tromper de signe en isolant P_2 : les termes du point 2 changent de membre. Vérification : l'eau monte et accélère, donc la pression doit diminuer.

COMPRENDRE

La montée de 5 m coûte environ $0{,}49 \times 10^5$ Pa, l'accélération seulement $0{,}01 \times 10^5$ Pa : c'est surtout l'altitude qui fait baisser la pression.

À LA CALCULATRICE



Q13 Indiquer si un surpresseur est nécessaire à l'entrée de l'installation sanitaire du logement.

Données utiles $P_2 = 2{,}5 \times 10^5$ Pa (Q12) ; $1{,}0\ \text{bar} = 1{,}0 \times 10^5$ Pa ; seuil : $2{,}0$ bar

$P_2 = 2{,}5 \times 10^5\ \text{Pa} = 2{,}5$ bar. Le surpresseur n'est conseillé que si la pression de l'eau distribuée est inférieure à $2{,}0$ bar.

$\boxed{2{,}5\ \text{bar} > 2{,}0\ \text{bar}}$: le surpresseur n'est pas nécessaire.

Pollution ammoniacale

Bac 2025 Asie Jour 1 · Exercice 2 **5 points** **Durée conseillée 53 min**

Q1 Définir un acide selon Brønsted.

Un acide selon Brønsted est une espèce chimique capable de céder au moins un ion hydrogène H^+ (un proton).

COMPRENDRE
Ici, l'acide est l'ion ammonium : $NH_4^+ \longrightarrow NH_3 + H^+$. L'ammoniac, qui peut capter cet ion H^+, est sa base conjuguée.

Q2 Établir le schéma de Lewis de l'ammoniac.

Données utiles $Z(N) = 7$; $Z(H) = 1$

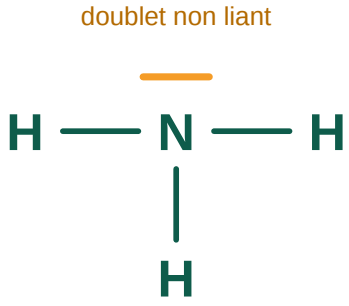
Azote ($Z = 7$) : configuration $1s^2\,2s^2\,2p^3$, soit 5 électrons de valence. Il lui en manque 3 pour atteindre l'octet : il forme 3 liaisons covalentes et garde 1 doublet non liant.

Hydrogène ($Z = 1$) : configuration $1s^1$, soit 1 électron de valence : il forme 1 liaison covalente.

Vérification : $5 + 3 \times 1 = 8$ électrons de valence, soit 4 doublets (3 liants et 1 non liant).

Dans NH_3, l'atome N est lié à trois atomes H par des liaisons simples et porte un doublet non liant.

PIÈGE
Oublier le doublet non liant de l'azote : le schéma est alors faux, car l'azote ne serait entouré que de 6 électrons.



Q2 · Schéma de Lewis de l'ammoniac

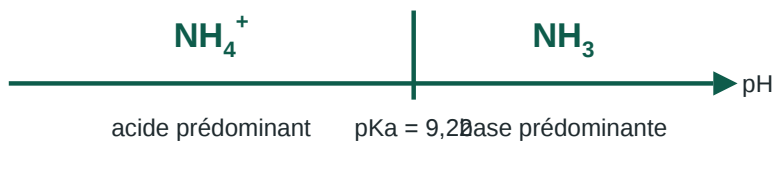
Q3 Représenter le diagramme de prédominance du couple ion ammonium / ammoniaque.

Données utiles $pK_{A1}(NH_4^+/NH_3) = 9{,}22$

Sur un axe gradué en pH, la frontière est placée à $pH = pK_{A1} = 9{,}22$.

NH_4^+ prédomine pour $pH < 9{,}22$; NH_3 prédomine pour $pH > 9{,}22$.

COMPRENDRE
$pH = pK_A + \log \dfrac{[NH_3]}{[NH_4^+]}$: si $pH < pK_A$, le logarithme est négatif, donc $[NH_4^+] > [NH_3]$.



Q3 · Diagramme de prédominance du couple ion ammonium / ammoniac

Q4 Identifier, en justifiant, l'espèce ammoniacale prédominante dans l'échantillon prélevé.

Données utiles $\mathrm{pH} = 7{,}2$; $\mathrm{p}K_{A1} = 9{,}22$

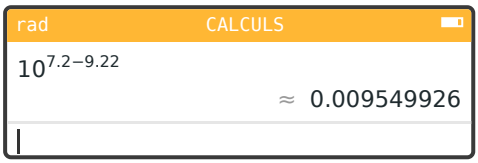
Le pH de l'échantillon vérifie $7{,}2 < 9{,}22$, soit $\mathrm{pH} < \mathrm{p}K_{A1}$: d'après le diagramme de la question Q3, on se trouve dans le domaine de la forme acide du couple.

L'espèce prédominante dans l'échantillon est l'ion ammonium $\mathrm{NH_4^+}$.

COMPRENDRE

L'écart est de 2 unités de pH : $\dfrac{[\mathrm{NH_3}]}{[\mathrm{NH_4^+}]} = 10^{7{,}2-9{,}22} \approx 10^{-2}$. L'ammoniac représente environ 1 % : le négliger ensuite est légitime.

À LA CALCULATRICE



Q5 Choisir, en justifiant, la verrerie utilisée pour réaliser la dilution de la solution S_0.

Données utiles volume de solution S à préparer : $V_S = 50{,}0$ mL ; dilution au dixième

Lors d'une dilution, la quantité de matière de soluté est conservée : $c_0\,V_0 = c_1\,V_S$.

Diluer dix fois signifie $c_0 = 10\,c_1$, donc :

$$V_0 = \frac{c_1\,V_S}{c_0} = \frac{V_S}{10} = \frac{50{,}0}{10} = 5{,}0\ \mathrm{mL}$$

Prélever et ajuster un volume avec précision impose de la verrerie jaugée : les éprouvettes graduées et l'erlenmeyer ne conviennent pas.

On prélève $V_0 = 5{,}0$ mL de S_0 avec la pipette jaugée de 5,0 mL (depuis un bécher), puis on complète à l'eau distillée dans la fiole jaugée de 50,0 mL.

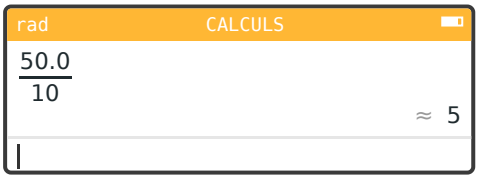
PIÈGE

Plonger la pipette directement dans le flacon de S_0 : on verse d'abord un peu de solution mère dans un bécher, d'où sa présence dans la liste.

MÉTHODE

Facteur de dilution $F = \dfrac{c_0}{c_1} = \dfrac{V_{\text{fille}}}{V_{\text{mère}}}$: le volume de la fiole divisé par F donne le volume de la pipette.

À LA CALCULATRICE



Q6 Justifier sans calcul l'évolution de la courbe de la figure 1 avant et après l'équivalence.

Données utiles λ^0 en $\mathrm{mS \cdot m^2 \cdot mol^{-1}}$: NH_4^+ : 7,35 ; Na^+ : 5,01 ; HO^- : 19,8

La conductivité dépend des ions présents : $\sigma = \sum \lambda_i [X_i]$ (loi de Kohlrausch).

Avant l'équivalence, HO^- est le réactif limitant : chaque ion HO^- versé est consommé et fait disparaître un ion NH_4^+, tandis qu'un ion spectateur Na^+ est apporté. Tout se passe comme si Na^+ remplaçait NH_4^+. Comme $\lambda^0(Na^+) < \lambda^0(NH_4^+)$, la conductivité diminue, faiblement car les deux valeurs sont proches.

Après l'équivalence, il n'y a plus d'ions NH_4^+ : les ions Na^+ et HO^- versés s'accumulent. Leurs concentrations augmentent et HO^- est très conducteur : la conductivité augmente nettement.

Avant l'équivalence, σ diminue légèrement (Na^+ remplace NH_4^+) ; après, σ augmente fortement (ajout de Na^+ et HO^- en excès).

PIÈGE
Oublier l'ion spectateur Na^+. Sans lui, on ne peut pas expliquer pourquoi la pente avant l'équivalence est faible et non fortement négative.

MÉTHODE
Dresser un tableau à trois lignes (NH_4^+, Na^+, HO^-) et deux colonnes (avant, après) : concentration qui diminue, augmente ou reste nulle. Puis comparer les λ^0.

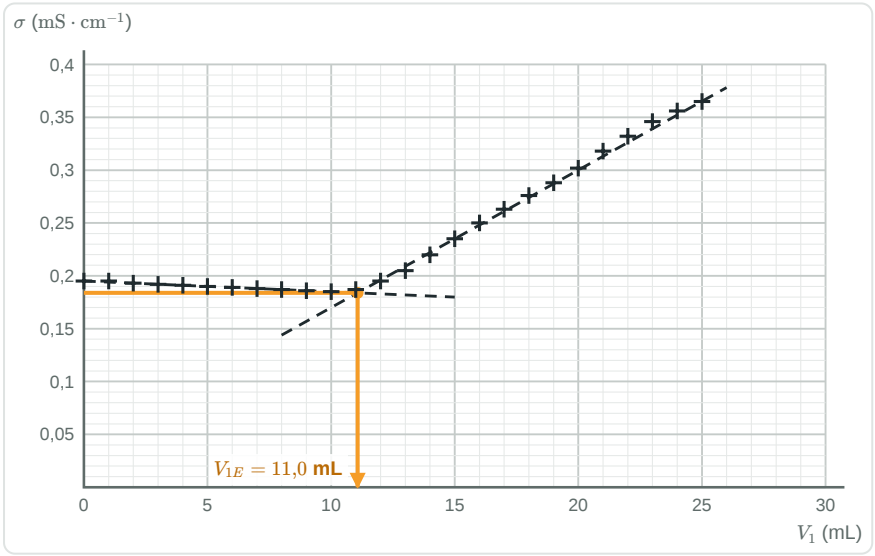
Q7 Déterminer la valeur du volume V_{1E} d'hydroxyde de sodium versé à l'équivalence en explicitant la méthode utilisée.

La courbe présente deux portions rectilignes de pentes différentes. On trace la droite modélisant les points avant la rupture de pente et celle modélisant les points après.

Le point d'intersection de ces deux droites correspond à l'équivalence : son abscisse est le volume équivalent.

Par lecture graphique : $V_{1E} = 11{,}0$ mL.

PIÈGE
Relier les points à main levée ou lire le minimum de la courbe. Les points proches de l'équivalence s'écartent des droites : on trace chaque droite avec les points qui en sont éloignés.



Q7 · Figure 1 du sujet : les deux droites se coupent à l'équivalence

Q8 Indiquer si l'échantillon d'eau de rivière est pollué par l'azote ammoniacal (démarche à présenter).

Données utiles $V = 200{,}0$ mL ; $c_1 = 3{,}50 \times 10^{-4}$ mol · L^{-1} ; $V_{1E} = 11{,}0$ mL (Q7) ; $M(\text{N}) = 14{,}0$ g · mol^{-1} ; $M(\text{H}) = 1{,}0$ g · mol^{-1} ; seuil : $0{,}10$ mg · L^{-1}

Concentration en quantité de matière. À l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques de la réaction support du titrage, ici une mole pour une mole :

$n(\text{NH}_4^+)_{\text{initial}} = n(\text{HO}^-)_{\text{versé}}$, soit $c\,V = c_1\,V_{1E}$, d'où :

$$c = \frac{c_1\,V_{1E}}{V} = \frac{3{,}50 \times 10^{-4} \times 11{,}0}{200{,}0} = 1{,}93 \times 10^{-5}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Concentration en masse. $M(\text{NH}_4^+) = 14{,}0 + 4 \times 1{,}0 = 18{,}0$ g · mol^{-1}

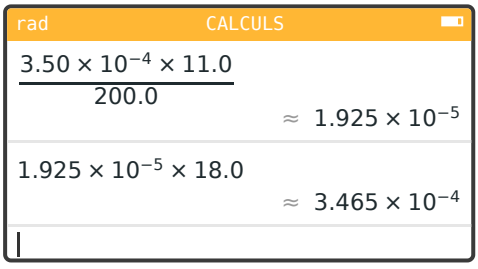
$$c_m = c \times M(\text{NH}_4^+) = 1{,}93 \times 10^{-5} \times 18{,}0 = 3{,}5 \times 10^{-4}\ \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$$

soit $c_m = 0{,}35$ mg · L^{-1}.

Comparaison. $0{,}35$ mg · L$^{-1} > 0{,}10$ mg · L^{-1} : la valeur mesurée vaut environ 3,5 fois le seuil.

$c_m \approx 0{,}35$ mg · L^{-1}, supérieure à la limite de $0{,}10$ mg · L^{-1} : l'eau de la rivière est polluée par l'azote ammoniacal.

À LA CALCULATRICE



PIÈGE
Utiliser le facteur 10 de la dilution : il a servi à préparer la solution titrante S, dont la concentration c_1 est déjà donnée. L'échantillon d'eau, lui, n'est pas dilué.

COMPRENDRE
Volumes au numérateur et au dénominateur dans la même unité : les mL se simplifient. V_{1E} est lu sur un graphique, donc peu précis : deux chiffres significatifs suffisent pour c_m.

COMPRENDRE
Si le seuil est exprimé en masse d'azote seul, $c_m = c \times M(\text{N}) \approx 0{,}27$ mg · L^{-1} : la conclusion est la même.

Arôme de poire

Bac 2025 Asie Jour 1 · Exercice 3 **4 points** **Durée conseillée 42 min**

Q1 Définir un isomère de constitution.

Deux isomères de constitution sont des molécules de même formule brute dont les atomes ne sont pas enchaînés de la même façon : leurs formules semi-développées sont différentes.

Même formule brute, formules semi-développées différentes.

Q2 Identifier, en justifiant, lequel des isomères A et B est l'éthanoate de pentyle.

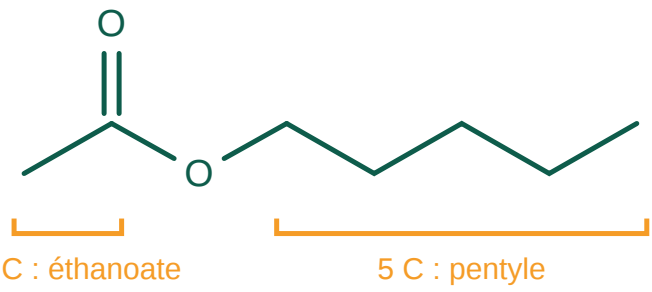
Le nom d'un ester se lit en deux parties :

- « éthanoate » : la chaîne qui porte le groupe $C{=}O$ compte 2 atomes de carbone ;
- « de pentyle » : la chaîne liée à l'atome d'oxygène compte 5 atomes de carbone.

Dans B, le carbone du $C{=}O$ ne porte qu'un groupe CH_3 (2 carbones en tout) et l'oxygène est lié à une chaîne de 5 carbones. A est l'inverse : c'est le pentanoate d'éthyle.

L'éthanoate de pentyle est l'isomère **B**.

PIÈGE
Compter les carbones de la première partie sans celui du groupe $C{=}O$: il appartient à la chaîne « éthanoate ». Dans B, cette chaîne a bien 2 carbones, pas 1.



Q2 · Isomère B : les deux chaînes de l'éthanoate de pentyle

Q3 Justifier que le spectre infrarouge de la figure 1 peut correspondre aux deux isomères A et B.

Sur le spectre, on repère :

- une bande forte et fine vers $1\,740\ \text{cm}^{-1}$, dans l'intervalle $1\,730 - 1\,750\ \text{cm}^{-1}$ de la liaison $C{=}O$ d'un ester ;
- une bande forte vers $2\,950\ \text{cm}^{-1}$, attribuée aux liaisons $C{-}H$;
- aucune bande large entre $3\,100$ et $3\,500\ \text{cm}^{-1}$: pas de liaison $O{-}H$.

A et B sont tous les deux des esters : ils possèdent les mêmes types de liaisons ($C{=}O$ d'ester et $C{-}H$).

Le spectre est compatible avec A comme avec B : il ne permet pas de les distinguer.

COMPRENDRE
La spectroscopie infrarouge identifie des types de liaisons, donc des groupes caractéristiques. Elle ne renseigne pas sur la longueur des chaînes carbonées : deux isomères de même famille donnent des spectres très proches.

Q4 Citer deux avantages que présente un montage de chauffage à reflux.

- Le chauffage élève la température du mélange : la transformation est plus rapide (la température est un facteur cinétique).
- Le réfrigérant condense les vapeurs, qui retombent dans le ballon : il n'y a pas de perte de matière, ni de vapeurs rejetées dans le laboratoire.

Transformation accélérée, sans perte de réactifs ni de produits.

Q5 Exprimer puis calculer le quotient réactionnel initial $Q_{r,0}$.

Toutes les espèces sont dans le même mélange liquide et l'eau n'est pas le solvant : sa concentration figure dans le quotient.

$$Q_{r,0} = \frac{[C_7H_{14}O_2]_0 \times [H_2O]_0}{[C_5H_{12}O]_0 \times [C_2H_4O_2]_0}$$

À l'instant initial, ni l'ester ni l'eau ne sont présents : $[C_7H_{14}O_2]_0 = [H_2O]_0 = 0$.

$Q_{r,0} = 0$

PIÈGE
Retirer l'eau du quotient par habitude. Cela ne vaut que si l'eau est le solvant, noté (aq) pour les autres espèces. Ici l'eau est un produit comme un autre, noté (ℓ).

Q6 En déduire le sens d'évolution spontanée de la transformation.

Données utiles $K = 4$; $Q_{r,0} = 0$ (Q5)

$Q_{r,0} = 0 < K = 4$: le quotient de réaction doit augmenter pour atteindre K, ce qui correspond à la formation des produits.

La transformation évolue spontanément dans le sens **direct** (formation de l'ester et de l'eau).

Q7 Déterminer la valeur de l'avancement maximal x_{max} de la réaction.

Données utiles $V_1 = 54{,}0$ mL ; $d = 0{,}814$; $M_1 = 88{,}0$ g · mol^{-1} ; $n_2 = 0{,}50$ mol ; $\rho_{eau} = 1{,}00$ g · mL^{-1}

Quantité de matière initiale de pentan-1-ol, de masse volumique $\rho_1 = d \times \rho_{eau}$:

$$n_1 = \frac{m_1}{M_1} = \frac{d \times \rho_{eau} \times V_1}{M_1} = \frac{0{,}814 \times 1{,}00 \times 54{,}0}{88{,}0} = 0{,}500 \text{ mol}$$

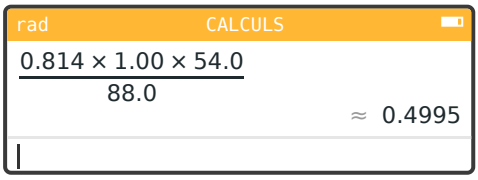
Or $n_2 = 0{,}50$ mol et les nombres stœchiométriques des deux réactifs valent 1 : le mélange est stœchiométrique. Si la transformation était totale, les deux réactifs seraient entièrement consommés : $n_1 - x_{max} = 0$.

$x_{max} = n_1 = n_2 = 0{,}50$ mol

COMPRENDRE
n_1 est calculé avec trois chiffres significatifs, comme d, V_1 et M_1. Le résultat x_{max} est donné avec deux chiffres, car $n_2 = 0{,}50$ mol n'en compte que deux.

MÉTHODE
La densité d'un liquide donne sa masse volumique : $\rho = d \times \rho_{eau}$ avec $\rho_{eau} = 1{,}00$ g · mL^{-1}. Avec V en mL, la masse $m = \rho \times V$ sort directement en grammes.

À LA CALCULATRICE



Q8 Calculer la valeur du rendement r de la réaction en utilisant le graphique de la figure 2.

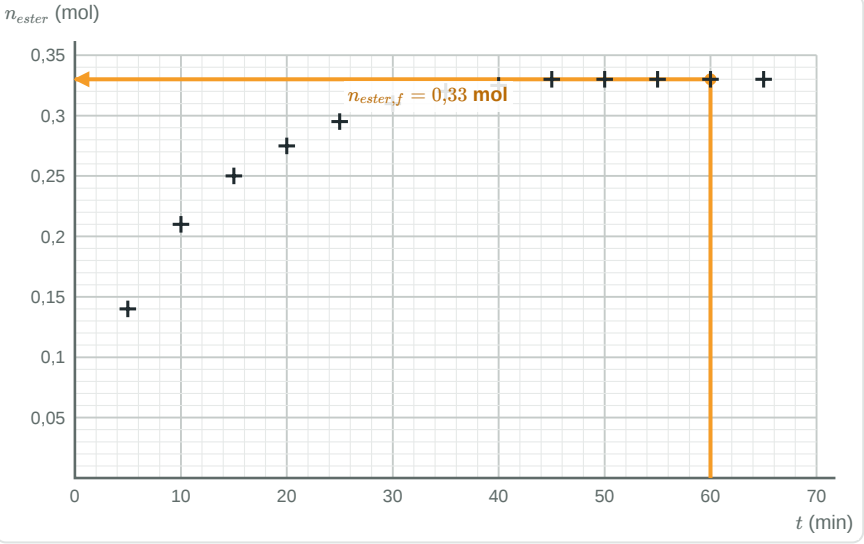
Données utiles $x_{max} = 0{,}50$ mol (Q7)

Sur la figure 2, la quantité d'ester n'évolue plus à partir de 45 min environ : l'état final est atteint, avec $n_{ester,f} = 0{,}33$ mol.

Si la transformation était totale, on obtiendrait $n_{ester,max} = x_{max} = 0{,}50$ mol.

$$r = \frac{n_{ester,f}}{n_{ester,max}} = \frac{0{,}33}{0{,}50} = 0{,}66$$

$r = 0{,}66$, soit $66\ \%$

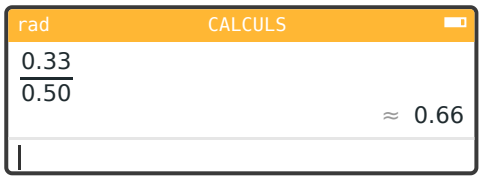


Q8 · Figure 2 du sujet : lecture de la quantité finale d'ester sur le palier

PIÈGE
Lire la valeur à 30 min ($0{,}31$ mol), durée de chauffage citée dans le protocole. Le rendement se calcule avec la quantité finale, lue sur le palier du graphique.

COMPRENDRE
Le rendement est inférieur à $100\ \%$ alors que rien n'est perdu : la transformation est limitée. À l'état final, les quatre espèces coexistent et $Q_r = K$.

À LA CALCULATRICE



Q9 Choisir, en justifiant, la ou les propositions qui améliorent le rendement de la réaction parmi a), b), c) et d).

b) Éliminer l'eau maintient $[H_2O]$ proche de zéro, donc $Q_r < K$ en permanence : la transformation se poursuit dans le sens direct et l'on forme davantage d'ester. Le rendement augmente.

c) Avec un excès d'acide éthanoïque, le dénominateur de Q_r est plus grand : pour atteindre $Q_r = K$, il faut un avancement final plus élevé. Le pentan-1-ol reste limitant, donc x_{max} est inchangé et le rendement augmente.

a) et d) sont écartées : K dépend peu de la température, et un catalyseur ne modifie pas l'état final. Ces deux actions jouent seulement sur la durée de la transformation.

Propositions retenues : **b)** et **c)**.

MÉTHODE
Pour une transformation limitée, deux leviers augmentent le rendement : retirer un produit au fur et à mesure, ou mettre un réactif en excès. Température et catalyseur sont des facteurs cinétiques.