Synthèse de l'alcool de champignon

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

Q1 Justifier que le quotient réactionnel à l'état initial est nul et en déduire que la transformation est spontanée dans le sens direct dès la première goutte de solution de butan-2-ol.

Données utiles $K = 10^{25}$ à 25 °C

Toutes les espèces sont en solution dans le diéthyléther :

$$Q_r = \frac{[\text{produit 1}] \times [\text{produit 2}]}{[\text{C}_5\text{H}_{11}\text{MgBr}] \times [\text{butan-2-ol}]}$$

À l'état initial, dès la première goutte versée, les deux réactifs sont en présence mais aucun produit n'est encore formé : $[\text{produit 1}]_i = [\text{produit 2}]_i = 0$. Le numérateur est nul, donc $Q_{r,i} = 0$.

$Q_{r,i} = 0 < K = 10^{25}$: le système évolue spontanément dans le **sens direct**.

PIÈGE

Dire seulement « K est grand donc la réaction est spontanée ». Le critère d'évolution est la comparaison de $Q_{r,i}$ à K, pas la valeur de K seule.

COMPRENDRE

Le système évolue de façon que Q_r se rapproche de K. Ici Q_r doit augmenter : des produits se forment. Comme $K > 10^4$, la transformation est de plus quasi totale, condition nécessaire pour un titrage.

Q2 Préciser, en justifiant, le changement de couleur observé à l'équivalence, la solution de butan-2-ol étant placée dans la burette.

Le bromure de pentylmagnésium est dans l'erlenmeyer : c'est le réactif titré.

Avant l'équivalence, il est en excès dans l'erlenmeyer : l'indicateur est **rose**.

À l'équivalence, il a été entièrement consommé : l'indicateur devient **incolore**, et le reste après l'équivalence.

À l'équivalence, la solution passe du **rose à l'incolore**.

MÉTHODE

Pour prévoir un changement de couleur, chercher quelle espèce est présente dans le bécher ou l'erlenmeyer avant l'équivalence (le réactif titré) et après (le réactif titrant en excès).

Q3 Déterminer la concentration réelle en quantité de matière $C_{\text{réel}}$ en bromure de pentylmagnésium.

Données utiles $V_0 = 10{,}0$ mL ; $C_{\text{alcool}} = 1{,}00\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $V_E = 19{,}4$ mL

À l'équivalence, les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques. D'après l'équation (une mole de butan-2-ol pour une mole de bromure de pentylmagnésium) :

$$n(\text{C}_5\text{H}_{11}\text{MgBr})_{\text{titré}} = n(\text{butan-2-ol})_{\text{versé}} \quad \text{soit} \quad C_{\text{réel}} \times V_0 = C_{\text{alcool}} \times V_E$$

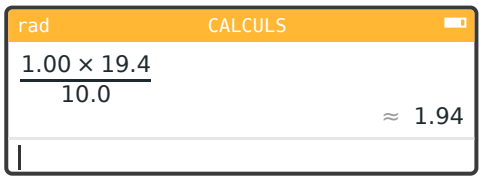
$$C_{\text{réel}} = \frac{C_{\text{alcool}} \times V_E}{V_0} = \frac{1{,}00 \times 19{,}4}{10{,}0}$$

$C_{\text{réel}} = 1{,}94\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$

COMPRENDRE

Trois chiffres significatifs, comme chacune des trois données. Les volumes peuvent rester en mL : ils interviennent par leur rapport.

À LA CALCULATRICE



Q4 Calculer la valeur de l'incertitude-type $u(C_{\text{réel}})$ sur la concentration expérimentale $C_{\text{réel}}$.

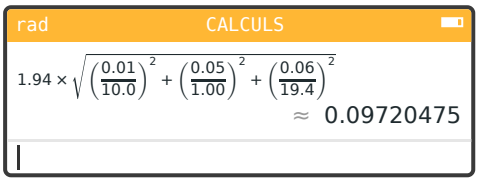
Données utiles $u(V_0) = 0{,}01$ mL ; $u(C_{\text{alcool}}) = 0{,}05$ mol · L^{-1} ; $u(V_E) = 0{,}06$ mL ; $C_{\text{réel}} = 1{,}94$ mol · L^{-1} (Q3)

$$u(C_{\text{réel}}) = C_{\text{réel}} \times \sqrt{\left(\frac{u(V_0)}{V_0}\right)^2 + \left(\frac{u(C_{\text{alcool}})}{C_{\text{alcool}}}\right)^2 + \left(\frac{u(V_E)}{V_E}\right)^2}$$

$$u(C_{\text{réel}}) = 1{,}94 \times \sqrt{\left(\frac{0{,}01}{10{,}0}\right)^2 + \left(\frac{0{,}05}{1{,}00}\right)^2 + \left(\frac{0{,}06}{19{,}4}\right)^2} = 0{,}097 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$u(C_{\text{réel}}) \approx 0{,}10$ mol · L^{-1}, soit $C_{\text{réel}} = (1{,}94 \pm 0{,}10)$ mol · L^{-1}

À LA CALCULATRICE



PIÈGE
Oublier de multiplier par $C_{\text{réel}}$: la racine donne l'incertitude relative ($0{,}050$, soit 5 %), pas $u(C_{\text{réel}})$.

COMPRENDRE
Une incertitude-type s'arrondit par excès, avec un ou deux chiffres significatifs, et son dernier chiffre est au même rang que celui de la mesure (ici le centième).

Q5 Comparer la valeur de la concentration réelle mesurée en bromure de pentylmagnésium et celle indiquée sur la bouteille neuve. Conclure.

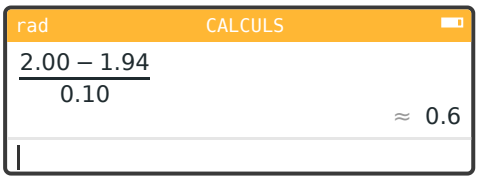
Données utiles $C_{\text{com}} = 2{,}00$ mol · L^{-1} ; $C_{\text{réel}} = 1{,}94$ mol · L^{-1} (Q3) ; $u(C_{\text{réel}}) = 0{,}10$ mol · L^{-1} (Q4)

$$\frac{|C_{\text{réel}} - C_{\text{com}}|}{u(C_{\text{réel}})} = \frac{|1{,}94 - 2{,}00|}{0{,}10} = 0{,}6$$

Ce quotient est inférieur à 2 : l'écart entre la valeur mesurée et la valeur de l'étiquette est inférieur à une incertitude-type.

Quotient $= 0{,}6 < 2$: la concentration mesurée est **compatible** avec $C_{\text{com}} = 2{,}00$ mol · L^{-1} ; la solution ne s'est pas dégradée de façon décelable et peut être utilisée.

À LA CALCULATRICE



COMPRENDRE
Par convention, la mesure est jugée compatible avec la référence si le quotient est inférieur ou égal à 2. Avec $u = 0{,}097$ mol · L^{-1} non arrondie, on trouve $0{,}62$: même conclusion.

Q6 Justifier l'utilisation d'un montage à reflux lors du chauffage de l'étape de synthèse.

Données utiles températures d'ébullition : diéthyléther 35 °C ; acroléine 53 °C

Chauffer accélère la transformation : la température est un facteur cinétique.

Le diéthyléther (35 °C) et l'acroléine (53 °C) sont très volatils : les vapeurs formées se liquéfient dans le réfrigérant à eau et retombent dans le ballon.

Le montage à reflux permet de **chauffer pour accélérer la transformation sans perte de matière** (réactifs, solvant, produit).

PIÈGE
Écrire que le chauffage « augmente le rendement ». Au niveau Terminale, on attend les deux idées : gain de temps (cinétique) et aucune perte grâce à la condensation des vapeurs.

Q7 Indiquer, en justifiant, les espèces présentes dans chacune des deux phases de l'ampoule à décanter.

Données utiles diéthyléther non miscible avec l'eau ; alcool de champignon insoluble dans l'eau, soluble dans le diéthyléther ; acroléine peu soluble dans l'eau, soluble dans le diéthyléther

Le diéthyléther n'est pas miscible avec l'eau de la solution de chlorure d'ammonium : il y a deux phases.

Phase organique (solvant : diéthyléther) :

- l'alcool de champignon, insoluble dans l'eau et soluble dans le diéthyléther ;
- l'acroléine restante (réactif en excès), peu soluble dans l'eau et soluble dans le diéthyléther.

Phase aqueuse (solvant : eau) :

- les ions Mg^{2+} et Br^- formés, les ions NH_4^+ en excès et les ions Cl^- spectateurs : les espèces ioniques sont solubles dans l'eau ;
- l'ammoniac NH_3, majoritairement en phase aqueuse d'après l'énoncé.

Le bromure de pentylmagnésium, réactif limitant, a été entièrement consommé.

Phase organique : diéthyléther, alcool de champignon, acroléine en excès. Phase aqueuse : eau, Mg^{2+}, Br^-, NH_4^+, Cl^-, NH_3.

PIÈGE
Oublier les réactifs en excès (acroléine, ions ammonium) et les ions chlorure apportés par la solution de chlorure d'ammonium.

MÉTHODE
Dresser la liste de tout ce que contient le ballon en fin de synthèse (produits, réactifs en excès, solvants, ions spectateurs), puis ranger chaque espèce à l'aide du tableau de solubilités.

Q8 Indiquer la température à sélectionner en tête de colonne pour obtenir le produit désiré.

Données utiles températures d'ébullition : diéthyléther 35 °C ; acroléine 53 °C ; alcool de champignon 175 °C

Lors de la distillation fractionnée, les espèces de la phase organique passent en tête de colonne dans l'ordre croissant des températures d'ébullition : le diéthyléther (35 °C), puis l'acroléine (53 °C), puis l'alcool de champignon. On recueille la fraction qui distille à la température d'ébullition de l'alcool de champignon.

Température à sélectionner : 175 °C

COMPRENDRE
Tant qu'une espèce distille, la température en tête de colonne reste égale à sa température d'ébullition. Les fractions recueillies à 35 °C puis à 53 °C sont écartées.

Q9 Interpréter les résultats des analyses des figures 2 (spectre infrarouge) et 3 (chromatogramme).

Données utiles O–H : 3200 – 3700 cm^{-1}, forte et large ; C–H : 2850 – 3100 cm^{-1}, forte ; C=C : 1620 – 1680 cm^{-1}, faible et fine ; C=O : 1650 – 1730 cm^{-1}, forte et fine

Spectre infrarouge (figure 2)

- bande forte et large vers $3350\ \text{cm}^{-1}$: liaison O–H, groupe hydroxyle ;
- bandes fortes entre 2860 et $3080\ \text{cm}^{-1}$: liaisons C–H ;
- bande faible et fine à $1644\ \text{cm}^{-1}$: liaison C=C ;
- aucune bande forte et fine entre 1650 et $1730\ \text{cm}^{-1}$: pas de liaison C=O, donc pas d'acroléine.

Le spectre est en accord avec la formule de l'alcool de champignon (un groupe hydroxyle, une double liaison C=C).

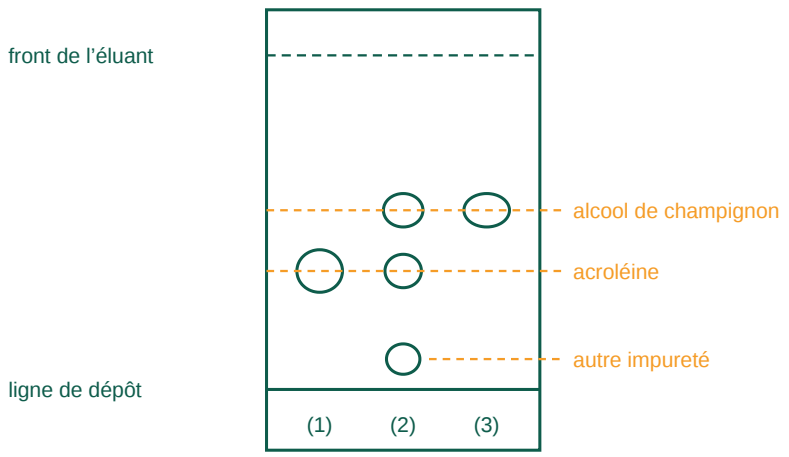
Chromatogramme (figure 3)

- dépôt (3) : une seule tache, le produit purifié ne contient qu'une espèce révélée, il est pur ;
- cette tache n'est pas à la hauteur de celle de l'acroléine (1) : le produit n'en contient pas ;
- dépôt (2) : trois taches, la phase organique avant purification est un mélange contenant l'espèce du dépôt (3), de l'acroléine et une autre espèce.

Le produit obtenu est de l'**alcool de champignon pur** : la distillation a éliminé l'acroléine en excès et l'autre impureté.

PIÈGE
Attribuer la bande à $1644\ \text{cm}^{-1}$ à une liaison C=O : elle est faible et hors de l'intervalle 1650 – 1730. La bande d'une liaison C=O serait l'une des plus intenses du spectre.

COMPRENDRE
La CCM prouve la pureté, pas l'identité : il n'y a pas de dépôt d'alcool de champignon de référence. C'est le spectre infrarouge qui confirme les groupes caractéristiques du produit.



Q9 · Figure 3 du sujet : lecture du chromatogramme

Q10 Déterminer le rendement de la synthèse.

Données utiles solution de bromure de pentylmagnésium : $V = 10{,}0$ mL à $C = 2{,}00\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $M(\text{alcool de champignon}) = 128{,}2\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $m_{\text{exp}} = 2{,}25$ g

L'acroléine et les ions ammonium sont en excès : le bromure de pentylmagnésium est le réactif limitant.

D'après l'équation, une mole de bromure de pentylmagnésium donne une mole d'alcool de champignon :

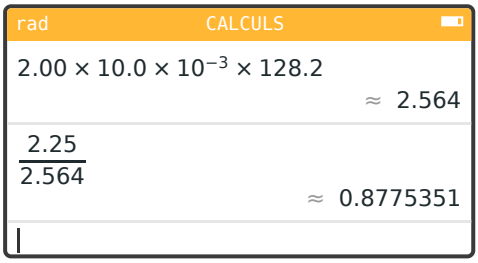
$$n_{\text{max}} = C \times V = 2{,}00 \times 10{,}0 \times 10^{-3} = 2{,}00 \times 10^{-2}\ \text{mol}$$

$$m_{\text{max}} = n_{\text{max}} \times M = 2{,}00 \times 10^{-2} \times 128{,}2 = 2{,}56\ \text{g}$$

$$\eta = \frac{m_{\text{exp}}}{m_{\text{max}}} = \frac{2{,}25}{2{,}56} = 0{,}878$$

$\eta = 87{,}8\ \%$

À LA CALCULATRICE



PIÈGE

Calculer n_{max} avec la masse molaire du bromure de pentylmagnésium ou de l'acroléine. La masse maximale se calcule avec la masse molaire du produit, $128{,}2\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

COMPRENDRE

Le protocole indique la concentration $2{,}00\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, validée en Q5. Avec la valeur mesurée $1{,}94\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$, on trouverait 90,5 % : le rendement reste proche de 90 %.