L'odeur de jasmin

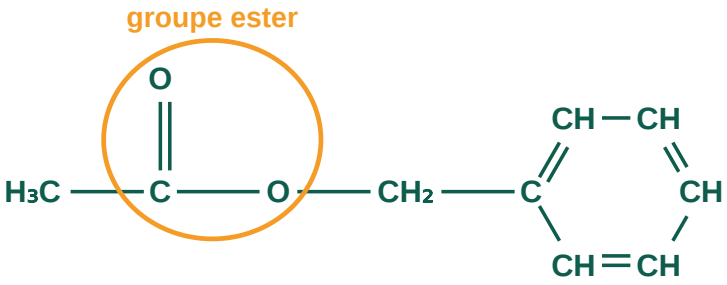
Bac 2026 Métropole · Jour 1 · Exercice 2 **4 points** **Durée conseillée 42 min**

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 :

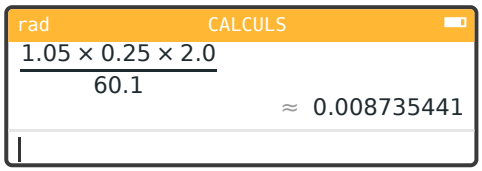
$$n_{0,ac} = \frac{\rho_{ac} \times 0{,}25 \times V}{M_{ac}} = \frac{1{,}05 \times 0{,}25 \times 2{,}0}{60{,}1}$$

$n_{0,ac} = 8{,}7 \times 10^{-3}$ 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 : $x(t_{1/2}) = \frac{x_f}{2}$.

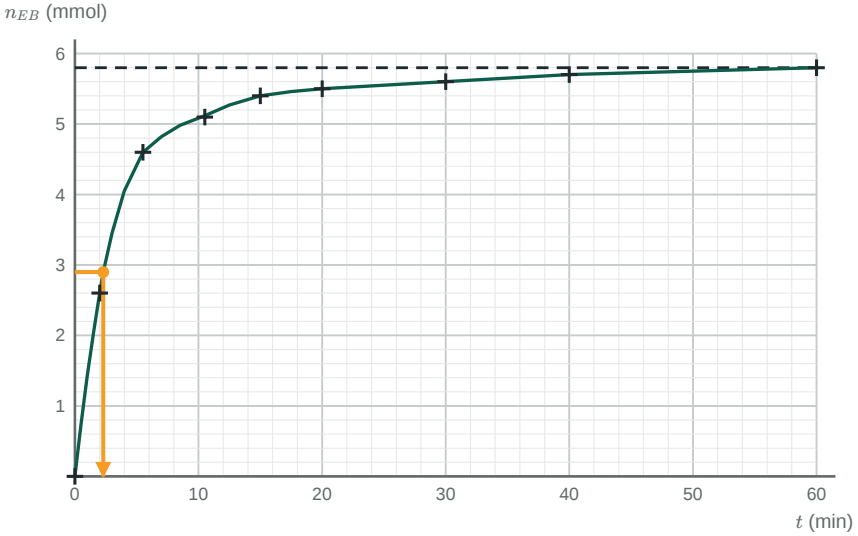
Comme $n_{EB} = x$, c'est la date où $n_{EB} = \frac{n_f}{2}$.

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

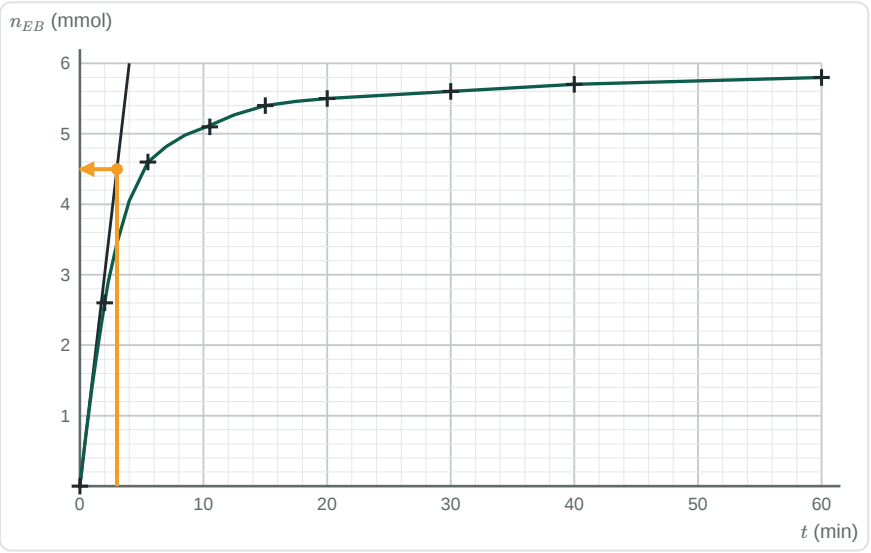
$\frac{\mathrm{d}n_{EB}}{\mathrm{d}t}$ à $t = 0$ est le coefficient directeur de la tangente à la courbe à l'origine. Cette tangente, tracée sur l'annexe, passe par O (0 ; 0) et M (3 min ; $4{,}5 \times 10^{-3}$ mol).

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

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

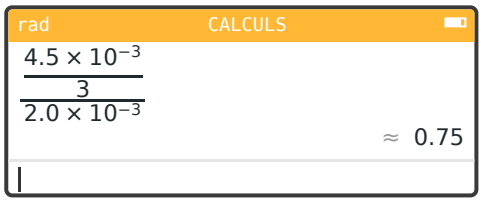
PIÈGE
Oublier de diviser par V, ou laisser V en mL : le résultat doit être en $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, comme la valeur donnée à 20 min.

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.