Synthèse d'un arome de fraise

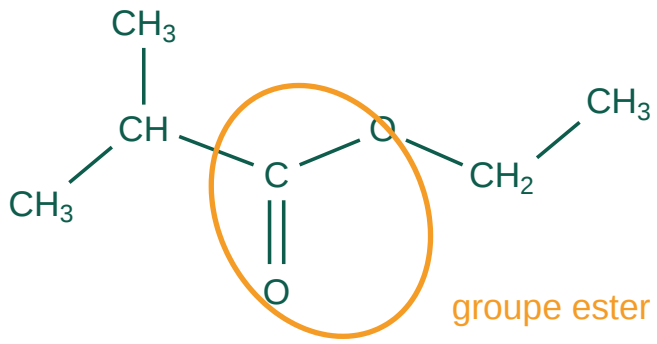
Bac S 2010 Centres étrangers (ancien programme) · Exercice 1 **2,5 points** **Durée conseillée 26 min**

1.1 Sur la formule semi-développée de l'ester (annexe, figure 1), entourer le groupe caractéristique de la fonction ester.

Le groupe caractéristique ester réunit l'atome de carbone, l'atome d'oxygène qui lui est doublement lié et l'atome d'oxygène qui le relie à la chaîne voisine.

Groupe entouré sur la figure 1 : $-\mathrm{COO}-$, c'est-à-dire C, $=\mathrm{O}$ et $-\mathrm{O}-$.

PIÈGE
N'entourer que $\mathrm{C}=\mathrm{O}$: c'est le groupe carbonyle. Sans le second atome d'oxygène, on ne désigne pas un ester.



1.1 · Figure 1 de l'annexe complétée : groupe ester entouré

1.2 Écrire la formule semi-développée de l'acide carboxylique A permettant de synthétiser cet ester.

Dans l'ester, la partie située du côté du carbone du groupe $-\mathrm{COO}-$ provient de l'acide : on la complète par un groupe hydroxyle $-\mathrm{OH}$.

Acide A (acide 2-méthylpropanoïque) : $\mathrm{CH_3-CH(CH_3)-COOH}$

MÉTHODE
Couper par la pensée la liaison $\mathrm{C}-\mathrm{O}$ simple du groupe ester. Le morceau qui garde $\mathrm{C}=\mathrm{O}$ vient de l'acide, le morceau qui garde l'oxygène vient de l'alcool. Le nom le confirme : « 2-méthylpropanoate » (acide) « d'éthyle » (alcool).

1.3 Indiquer le nom et la formule semi-développée de l'alcool B permettant de synthétiser cet ester.

Le groupe lié à l'atome d'oxygène de l'ester est le groupe éthyle $-\mathrm{CH_2-CH_3}$: l'alcool possède cette chaîne à deux atomes de carbone.

Alcool B : éthanol, $\mathrm{CH_3-CH_2-OH}$

1.4 Écrire l'équation de la réaction d'estérification correspondante.

Acide carboxylique + alcool = ester + eau :

$$\mathrm{CH_3-CH(CH_3)-COOH + CH_3-CH_2-OH}$$
$$= \mathrm{CH_3-CH(CH_3)-COO-CH_2-CH_3 + H_2O}$$

$\mathrm{A + B = ester + H_2O}$, avec les formules semi-développées ci-dessus.

PIÈGE
Oublier la molécule d'eau. Vérification rapide en formules brutes : $\mathrm{C_4H_8O_2 + C_2H_6O = C_6H_{12}O_2 + H_2O}$, les atomes sont conservés.

1.5 Citer deux caractéristiques des transformations associées à cette réaction.

L'estérification est une transformation **lente** et **limitée** (non totale : elle aboutit à un état d'équilibre).

COMPRENDRE
Elle est limitée parce que la réaction inverse, l'hydrolyse de l'ester, se produit en même temps. Elle est aussi athermique, mais deux caractéristiques suffisent.

2.1 Calculer la quantité de matière n_B d'alcool B introduite initialement dans le mélange.

Données utiles $V_B = 58{,}4$ mL ; $\mu_B = 0{,}789\ \text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$; $M_B = 46{,}07\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

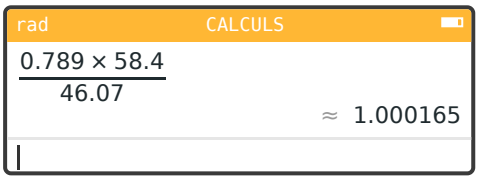
La masse d'alcool est $m_B = \mu_B V_B$, et $n_B = \dfrac{m_B}{M_B}$, donc :

$$n_B = \frac{\mu_B V_B}{M_B} = \frac{0{,}789 \times 58{,}4}{46{,}07}$$

$n_B = 1{,}00$ mol

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme μ_B et V_B, les données les moins précises. La masse volumique est en $\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ et le volume en mL : aucune conversion n'est nécessaire.

À LA CALCULATRICE



2.2 Le mélange réalisé est-il équimolaire ? Justifier la réponse.

Données utiles $n_A = 1{,}00$ mol ; $n_B = 1{,}00$ mol (2.1)

On a introduit $n_A = 1{,}00$ mol d'acide et $n_B = 1{,}00$ mol d'alcool.

$n_A = n_B$: le mélange est équimolaire.

COMPRENDRE
Les nombres stœchiométriques de l'acide et de l'alcool valent tous deux 1 : ce mélange équimolaire est donc aussi stœchiométrique.

2.3 Quel est l'intérêt de chauffer le mélange réactionnel ?

La température est un facteur cinétique : plus elle est élevée, plus la transformation est rapide.

Chauffer permet d'atteindre plus vite l'état final.

PIÈGE
Écrire que le chauffage augmente le rendement. Ici il ne joue que sur la durée de la transformation, l'état final reste le même. Le reflux, lui, évite les pertes de matière par vaporisation.

2.4 L'acide sulfurique joue le rôle de catalyseur. Donner la définition d'un catalyseur.

Un catalyseur est une espèce chimique qui augmente la vitesse d'une transformation sans figurer dans l'équation de la réaction ; il ne change pas l'état final du système.

COMPRENDRE
Le catalyseur est consommé lors d'une étape puis régénéré lors d'une autre : on le retrouve intact en fin de transformation.

2.5 Pour améliorer le rendement, on peut remplacer l'acide carboxylique A par un de ses dérivés. À quelle famille appartient ce dérivé ?

Ce dérivé appartient à la famille des **anhydrides d'acide**.

COMPRENDRE
Avec un anhydride d'acide, il ne se forme pas d'eau : l'hydrolyse de l'ester est impossible et la transformation devient totale, en plus d'être rapide. Ici on utiliserait l'anhydride 2-méthylpropanoïque.

2.6 Quelle autre méthode pourriez-vous proposer pour améliorer le rendement de cette synthèse ?

On peut déplacer l'équilibre dans le sens de la formation de l'ester.

Introduire l'un des réactifs en excès (par exemple l'éthanol), ou éliminer l'un des produits au fur et à mesure de sa formation (distiller l'ester, ou retirer l'eau).

PIÈGE
Proposer de chauffer davantage ou d'ajouter du catalyseur : ces deux actions accélèrent la transformation sans modifier le rendement.