L'Univers aurait un goût de framboise et une odeur de rhum

Bac S 2018 Afrique (ancien programme) · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1.1 Indiquer, en justifiant, à quelle famille chimique appartient le méthanoate d'éthyle.

Dans la formule du méthanoate d'éthyle, l'atome de carbone doublement lié à un atome d'oxygène ($C{=}O$) est aussi lié à un second atome d'oxygène, lui-même relié à une chaîne carbonée : c'est le groupe caractéristique $-COO-C$.

Le méthanoate d'éthyle appartient à la famille des **esters**.

PIÈGE
Confondre avec un acide carboxylique : dans l'acide, le second oxygène porte un H ($-COOH$) ; dans l'ester, il porte un carbone. Le nom en « -oate d'alkyle » confirme la famille mais ne remplace pas la justification par le groupe.

1.2 Préciser le rôle de l'acide sulfurique introduit dans le mélange initial ainsi que son influence sur la réaction.

L'acide sulfurique ne figure pas dans l'équation de la réaction et il est ajouté en très petite quantité (quelques gouttes) : il n'est pas un réactif, il est consommé puis régénéré.

L'acide sulfurique est un **catalyseur** : il accélère la réaction, c'est-à-dire qu'il réduit la durée nécessaire pour atteindre l'état final.

COMPRENDRE
Un catalyseur agit sur la vitesse, pas sur l'état final : la composition du mélange à l'équilibre, donc le rendement, reste la même avec ou sans acide sulfurique.

1.3 Identifier le site donneur et le site accepteur de doublet d'électrons mis en jeu dans l'étape donnée, puis représenter les flèches courbes sur l'annexe.

Dans cette étape, une liaison se forme entre l'atome d'oxygène de l'éthanol et l'atome de carbone de l'acide protoné.

- **Site donneur** : l'atome O de l'éthanol, qui porte deux doublets non liants.
- **Site accepteur** : l'atome C de l'acide protoné, lié à deux atomes d'oxygène plus électronégatifs que lui ; il est appauvri en électrons.

Flèche 1 : elle part d'un doublet non liant de l'atome O de l'éthanol et pointe vers l'atome C.

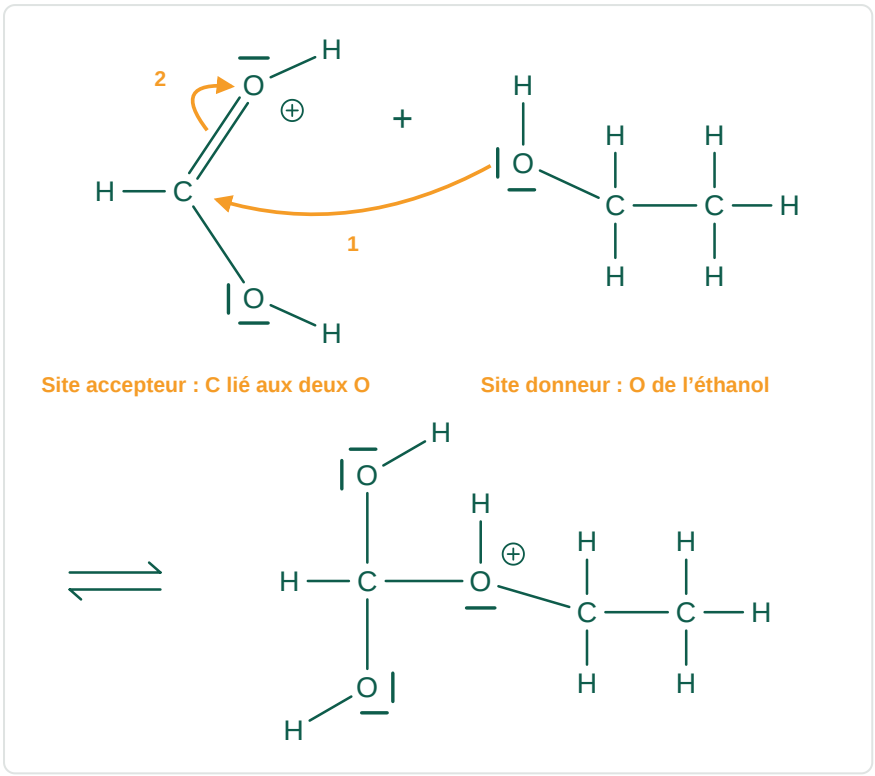
Flèche 2 : elle part de la double liaison $C{=}O$ et pointe vers l'atome O chargé positivement ; un des deux doublets de cette liaison devient un doublet non liant, ce qui évite au carbone de porter cinq liaisons.

Dans le produit, la charge positive est portée par l'atome O venu de l'éthanol, qui a cédé un doublet.

Donneur : O de l'éthanol ; accepteur : C du groupe $C{=}O$; deux flèches courbes tracées sur l'annexe.

PIÈGE
Une flèche courbe part toujours d'un doublet (non liant ou liaison), jamais d'un atome ni d'une charge, et arrive sur un atome. Tracée dans l'autre sens, elle ne rapporte aucun point.

COMPRENDRE
L'annexe 2 du sujet porte l'étiquette « Question 1.2 » : c'est une coquille, elle correspond bien à la question 1.3.



1.3 · Annexe 2 complétée : les deux flèches courbes de l'étape sont tracées en orange

2 Déterminer le rendement η de la synthèse à partir des masses de réactifs introduites et de la masse de méthanoate d'éthyle obtenue.

Données utiles $m_{\text{acide}} = 2{,}3$ g ; $m_{\text{éthanol}} = 2{,}8$ g ; $m_{\text{ester}} = 1{,}9$ g ; $M_{\text{acide}} = M_{\text{éthanol}} = 46\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $M_{\text{ester}} = 74\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Quantités de matière initiales, avec $n = \dfrac{m}{M}$:

$$n_{\text{acide}} = \frac{2{,}3}{46} = 5{,}0 \times 10^{-2}\ \text{mol} \qquad n_{\text{éthanol}} = \frac{2{,}8}{46} = 6{,}1 \times 10^{-2}\ \text{mol}$$

Les nombres stœchiométriques des deux réactifs valent 1 et $n_{\text{acide}} < n_{\text{éthanol}}$: l'acide méthanoïque est le réactif limitant.

Si la transformation était totale, il se formerait une mole d'ester par mole d'acide consommée : $n_{\max} = n_{\text{acide}} = 5{,}0 \times 10^{-2}$ mol.

Quantité d'ester obtenue : $n_{\text{exp}} = \dfrac{1{,}9}{74} = 2{,}6 \times 10^{-2}$ mol.

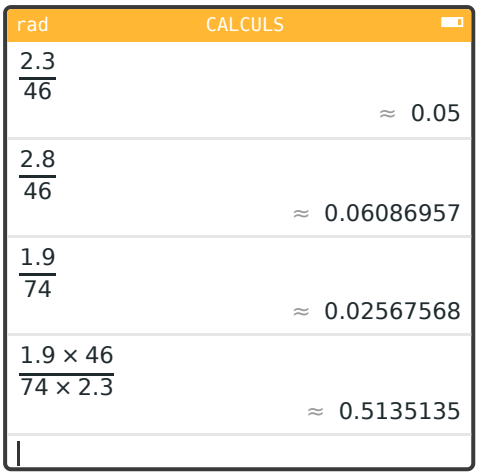
$$\eta = \frac{n_{\text{exp}}}{n_{\max}} = \frac{m_{\text{ester}}}{M_{\text{ester}}} \times \frac{M_{\text{acide}}}{m_{\text{acide}}} = \frac{1{,}9 \times 46}{74 \times 2{,}3} = 0{,}51$$

$\eta = 0{,}51$, soit un rendement de 51 %.

PIÈGE
Diviser la masse d'ester obtenue par une masse de réactif : le rendement compare des quantités de matière (ou la masse obtenue à la masse maximale d'ester, ici $3{,}7$ g). Il faut aussi justifier quel réactif est limitant.

COMPRENDRE
Les masses sont données avec deux chiffres significatifs : le rendement s'écrit avec deux chiffres. On calcule η avec les valeurs non arrondies ; avec $0{,}026$ et $0{,}050$ on trouverait 52 %.

À LA CALCULATRICE



3.1 Identifier les liaisons correspondant aux bandes d'absorption a, b et d du spectre infrarouge du méthanoate d'éthyle.

Données utiles table infrarouge : C–H 2900 à 3100 $\mathrm{cm^{-1}}$ (moyenne) ; C=O 1700 à 1750 $\mathrm{cm^{-1}}$ (forte) ; C–O 1000 à 1250 $\mathrm{cm^{-1}}$ (forte) ; C–C 1000 à 1200 $\mathrm{cm^{-1}}$ (moyenne)

La molécule $\mathrm{HCOOC_2H_5}$ ne contient que des liaisons C–H, C=O, C–O et C–C : on écarte O–H, N–H et C=N.

- Bande a, vers $3000\ \mathrm{cm^{-1}}$, d'intensité moyenne : liaisons **C–H**.
- Bande b, vers $1750\ \mathrm{cm^{-1}}$, intense : liaison **C=O**.
- Bande d, vers $1200\ \mathrm{cm^{-1}}$, intense : liaison **C–O**.

a : C–H ; b : C=O ; d : C–O.

COMPRENDRE
Entre 1000 et $1250\ \mathrm{cm^{-1}}$, C–O et C–C absorbent toutes les deux. C'est l'intensité qui tranche : la bande d, très intense, revient à C–O ; la bande e, plus faible, peut être attribuée à C–C.

MÉTHODE
Lister d'abord les liaisons présentes dans la molécule, puis associer chaque bande à une ligne de la table avec deux critères : le nombre d'onde lu sur l'axe (qui décroît vers la droite) et l'intensité.

3.2 Combien de signaux sont présents dans le spectre de RMN du proton du méthanoate d'éthyle ? Préciser, en justifiant, leur multiplicité.

La molécule $\mathrm{H-COO-CH_2-CH_3}$ comporte trois groupes de protons équivalents : le spectre présente **3 signaux**.

Un groupe de protons ayant n protons voisins (portés par les atomes de carbone voisins) donne un signal à $n+1$ pics.

- $\mathrm{H-COO}$: aucun proton voisin, **singulet**.
- $\mathrm{-CH_2-}$: 3 voisins (ceux de $\mathrm{CH_3}$), **quadruplet**.
- $\mathrm{-CH_3}$: 2 voisins (ceux de $\mathrm{CH_2}$), **triplet**.

3 signaux : un singulet (H), un quadruplet ($\mathrm{CH_2}$), un triplet ($\mathrm{CH_3}$).

PIÈGE
Compter les protons du groupe lui-même au lieu de ses voisins : $\mathrm{CH_3}$ donnerait alors un quadruplet et $\mathrm{CH_2}$ un triplet, soit exactement l'inverse.

COMPRENDRE
La RMN du proton figurait au programme de Terminale S ; elle n'est plus au programme actuel de la spécialité, qui conserve la spectroscopie infrarouge.