

D'une odeur âcre à une odeur fruitée (sujet national, juin 2014, exercice 2)

Énoncé

D'une odeur âcre à une odeur fruitée

Les esters ont souvent une odeur agréable. On les trouve naturellement dans les fruits, dont ils sont souvent responsables de l'arôme. La parfumerie et l'industrie alimentaire utilisent aussi les esters et les obtiennent par extraction ou par synthèse.

Ester	Odeur
méthanoate d'éthyle	fruitée
méthanoate de butyle	fruitée
éthanoate de méthyle	fruitée
éthanoate de propyle	poire
éthanoate de butyle	pomme
éthanoate d'octyle	orange
propanoate d'éthyle	fraise
butanoate d'éthyle	ananas

De tous temps, certains « nez » éduqués ont été capables de distinguer des odeurs très voisines et d'identifier ainsi des esters. De nos jours, les espèces organiques peuvent être identifiées par des méthodes spectroscopiques (infrarouge, résonance magnétique nucléaire, etc.).

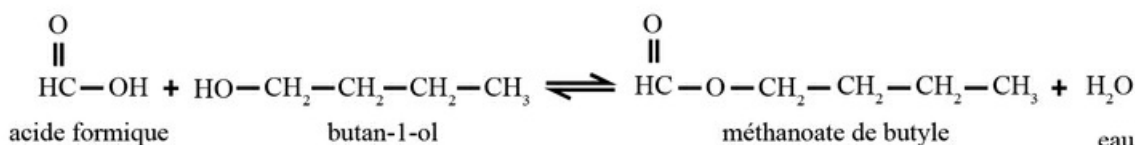
Il est relativement aisé de passer d'un produit ayant une odeur âcre, comme l'acide formique, à l'odeur fruitée d'un ester. C'est ce qu'illustre le protocole décrit ci-après de la synthèse du méthanoate de butyle à partir de l'acide formique.

Protocole

Préparer un bain-marie à une température d'environ 50°C. Sous la hotte, verser dans un erlenmeyer 7,5 mL d'acide formique, puis 18,0 mL de butan-1-ol, ajouter 3 gouttes d'acide sulfurique concentré. Surmonter l'erlenmeyer contenant le mélange d'un réfrigérant à air, placer dans le bain marie et assurer une agitation douce.



L'équation de la réaction de synthèse est :



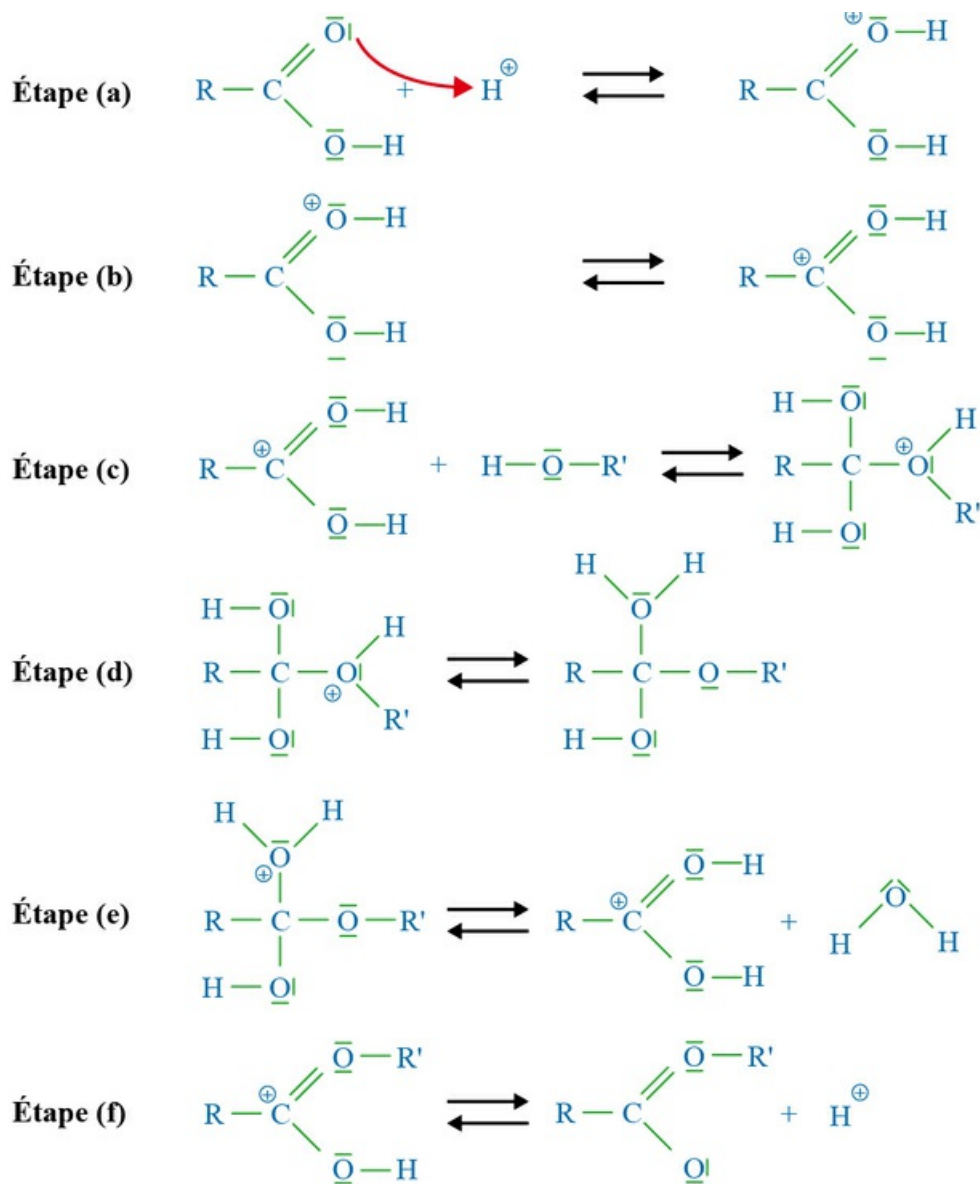
Données :

- masse molaire moléculaire de l'acide formique : 46,0 g.mol⁻¹, densité : 1,22 ;
- masse molaire moléculaire du butan-1-ol : 74,0 g.mol⁻¹, densité : 0,81 ;

- masse volumique de l'eau : $\rho_{eau} = 1,0 \text{ g.mL}^{-1}$;
- numéros atomiques $Z(\text{C}) = 6$; $Z(\text{O}) = 8$.

Document 1

Mécanisme réactionnel de la synthèse du méthanoate de butyle

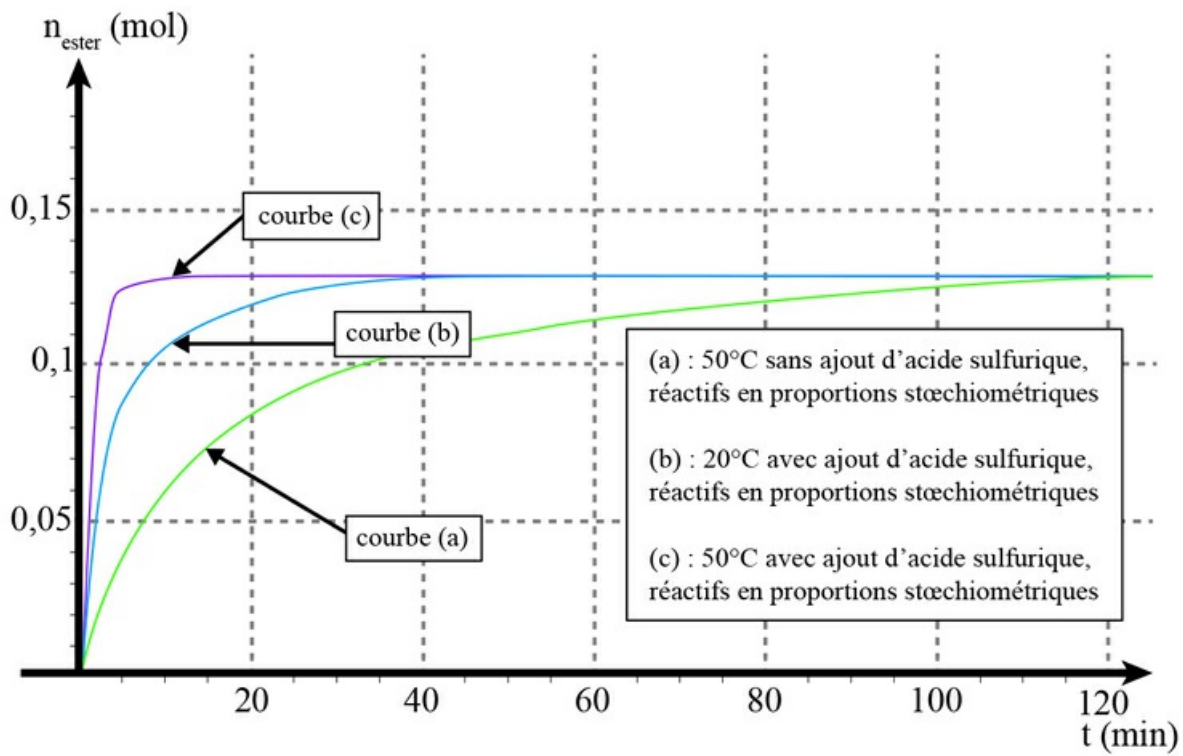


Document 2

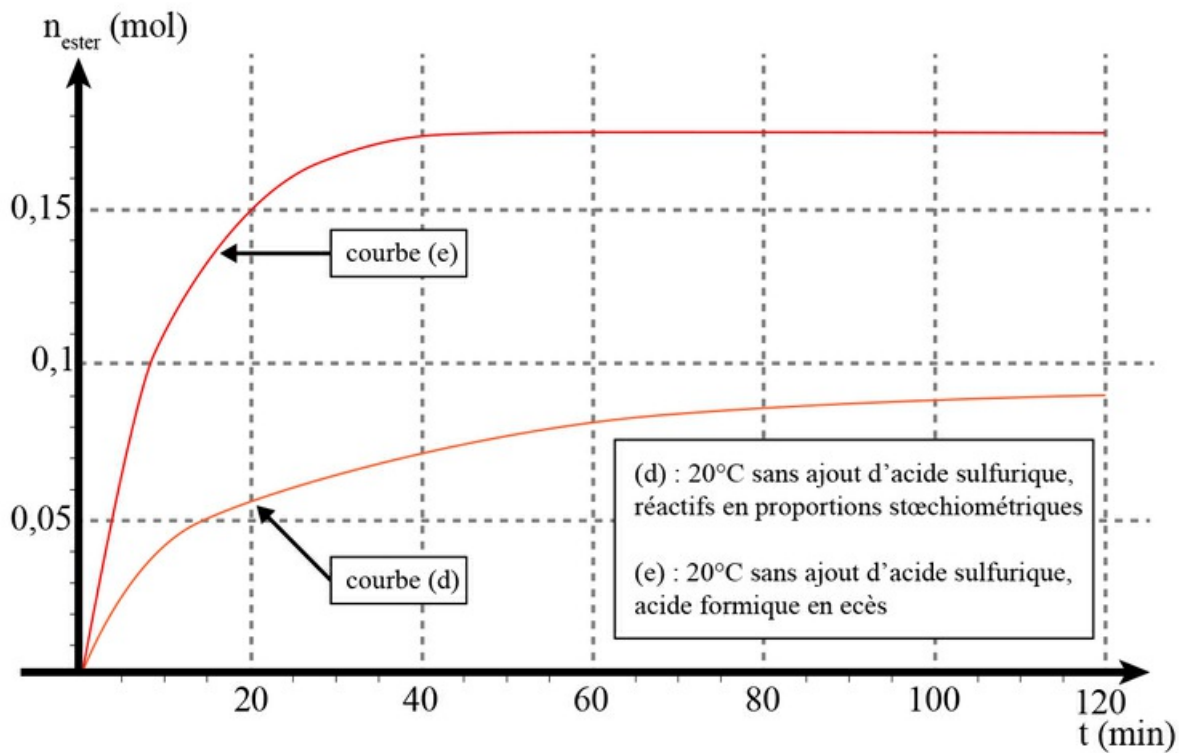
Étude expérimentale de la synthèse du méthanoate de butyle

« Pour optimiser cette synthèse, des études expérimentales sont menées dans différentes conditions. La quantité initiale de butan-1-ol utilisée est celle du protocole. Les résultats sont représentés par les graphiques ci-après. »

Document 2. a)



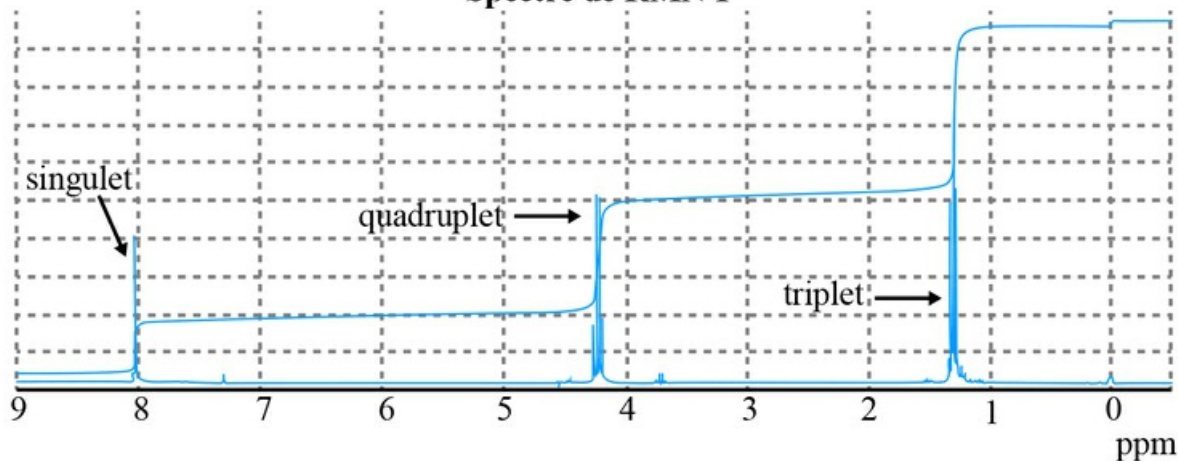
Document 2. b)



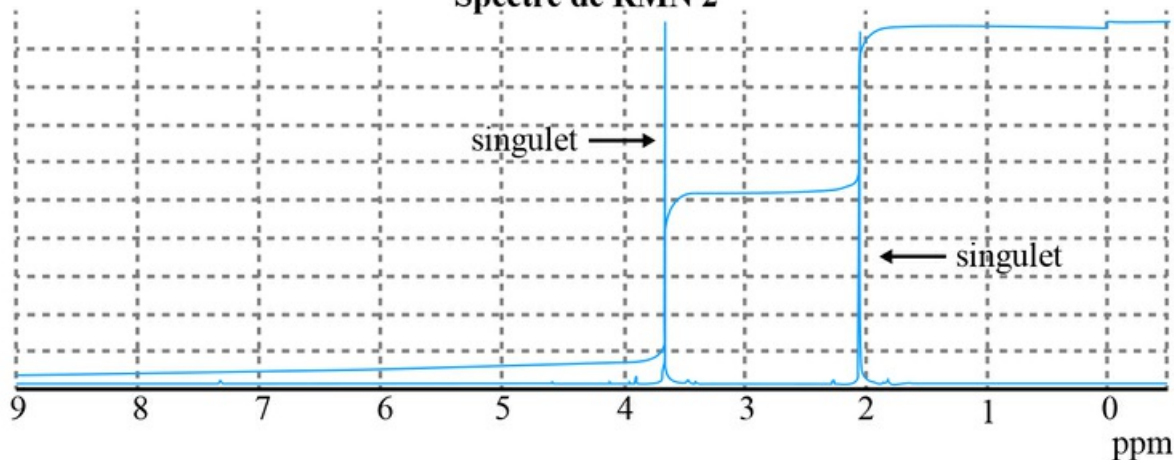
Document 3

Spectres de RMN du proton de l'éthanoate de méthyle et du méthanoate d'éthyle

Spectre de RMN 1



Spectre de RMN 2



On se propose d'étudier les caractéristiques de la synthèse du méthanoate de butyle à partir de l'acide formique puis d'identifier des esters.

Le candidat utilisera ses connaissances ainsi que les informations fournies dans les documents.

Réaction de synthèse du méthanoate de butyle et son mécanisme

1. Quel est le nom en nomenclature officielle de l'acide formique ?

Combien d'atomes de carbone contient la chaîne carbonée la plus longue ?

2. Recopier l'équation de la réaction de synthèse étudiée en utilisant une écriture topologique. Encadrer les groupes caractéristiques et nommer les fonctions correspondantes.

Il faut se souvenir de la définition de l'écriture topologique.

3. Décrire la modélisation de l'étape (a) du mécanisme réactionnel dans le document 1.

Il faut s'interroger sur la signification de la flèche courbe.

4. Après avoir recopié les étapes (c) et (e), compléter chaque étape à l'aide des flèches courbes nécessaires. Pour chacun des cas, indiquer s'il s'agit d'une formation ou d'une rupture d'une liaison.

5. Comment peut-on expliquer l'existence des charges positives portées par les atomes d'oxygène et de carbone dans l'étape (e) ?

Faites la structure électronique du carbone et de l'oxygène.

Optimisation du protocole de synthèse

6. Le mélange de réactifs dans le protocole décrit est-il stœchiométrique ?

Justifier.

Calculez la quantité de matière de chacun des réactifs.

7. Identifier dans le document 2 la courbe correspondant au protocole décrit.

Justifier.

8. Déterminer le rendement de la synthèse dans le cas de ce protocole.

Revenez à la définition du rendement et utilisez la courbe choisie précédemment pour déterminer la quantité de matière d'ester obtenu.

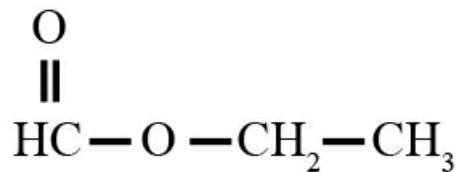
9. Effectuer une analyse détaillée de l'influence des conditions expérimentales sur la synthèse du méthanoate de butyle.

10. Présenter les conditions optimales de la synthèse du méthanoate de butyle et les justifier.

Identification d'esters

La distinction des esters par l'odeur peut être incertaine, en particulier dans le cas du méthanoate d'éthyle et de l'éthanoate de méthyle.

La formule semi-développée du méthanoate d'éthyle est :



11. Indiquer la formule semi-développée de l'éthanoate de méthyle.

12. La spectroscopie IR permet-elle de distinguer l'éthanoate de méthyle du méthanoate d'éthyle ? Justifier.

Que permet de déterminer la spectroscopie IR ?

13. Associer chacun des spectres du document 3 à l'ester correspondant. Justifier.

Analysez chacun des spectres RMN.