EXERCICE B : SYNTHESE D'UN ARÔME ALIMENTAIRE (5 points)

Mots-clés : synthèse chimique, optimisation d'une synthèse

Pour des raisons économiques, l'arôme de rhum des produits industriels est souvent d'origine synthétique.
Le méthanoate d'éthyle est un additif alimentaire à odeur de rhum. Il est obtenu par la réaction entre l'acide méthanoïque et l'éthanol. Cette transformation chimique est modélisée par la réaction d'équation suivante :

$$CH_2O_2(\ell) + C_2H_6O(\ell) \underset{}{\overset{H_2SO_4}{\rightleftharpoons}} C_3H_6O_2(\ell) + H_2O(\ell)$$

L'objectif de l'exercice est de comparer deux protocoles permettant de réaliser cette synthèse.

Données :

- Caractéristiques des réactifs et des produits à 25 °C

	Formule brute	Masse volumique ($g.cm^{-3}$)	Température d'ébullition (°C à P_{atm})	Masse molaire ($g \cdot mol^{-1}$)
Acide méthanoïque	CH_2O_2	1,22	100,7	46,0
Éthanol	C_2H_6O	0,79	78,5	46,0
Méthanoate d'éthyle	$C_3H_6O_2$	0,91	54,3	74,0
Eau	H_2O	1,00	100,0	18,0

- Spectroscopie Infrarouge (IR)

Type de liaison	σ (en cm^{-1})	Intensité et largeur de la bande d'absorption
O-H en phase gazeuse	3500 - 3700	moyenne, fine
O-H en phase condensée	3200 - 3400	forte, large
O-H d'un acide carboxylique	2500 - 3200	moyenne à forte, large
C-H des groupes CH_2, CH_3, CH	2900 - 3100	moyenne à forte, variable (bandes multiples)
C=O d'un acide carboxylique	1680 - 1710	forte, fine
C=O aldéhyde et cétone	1650 - 1730	forte, fine
C=O ester	1700 - 1740	forte, fine
C-O ester	1050 - 1300	forte, fine

Protocole 1 :

Dans un ballon de 250 mL contenant 1,20 mol d'éthanol, quatre gouttes de solution d'acide sulfurique concentré (H_2SO_4) et quelques grains de pierre ponce, on ajoute 1,20 mol d'acide méthanoïque. On chauffe à reflux jusqu'à l'obtention de tout l'ester possible. À l'état final, le mélange réactionnel contient 0,40 mol d'acide méthanoïque, 0,40 mol d'éthanol, 0,80 mol de méthanoate d'éthyle et 0,80 mol d'eau.

Protocole 2 :

Dans un ballon, on mélange 37,7 mL d'acide méthanoïque, 29,1 mL d'éthanol et 5 mL d'acide sulfurique concentré. On distille le mélange. La température en tête de colonne augmente tout d'abord puis se stabilise autour de 55°C. On cesse la récupération du distillat dès que la température amorce une remontée. On obtient un volume de 32 mL de distillat, dont on mesure la masse ; on obtient une valeur de 29,0 g.

1. Écrire les formules développées de l'acide méthanoïque, de l'éthanol et de l'ester impliqués dans la synthèse.
2. Citer deux facteurs mobilisés dans ces deux protocoles pour améliorer la cinétique de la synthèse.

Montages utilisés

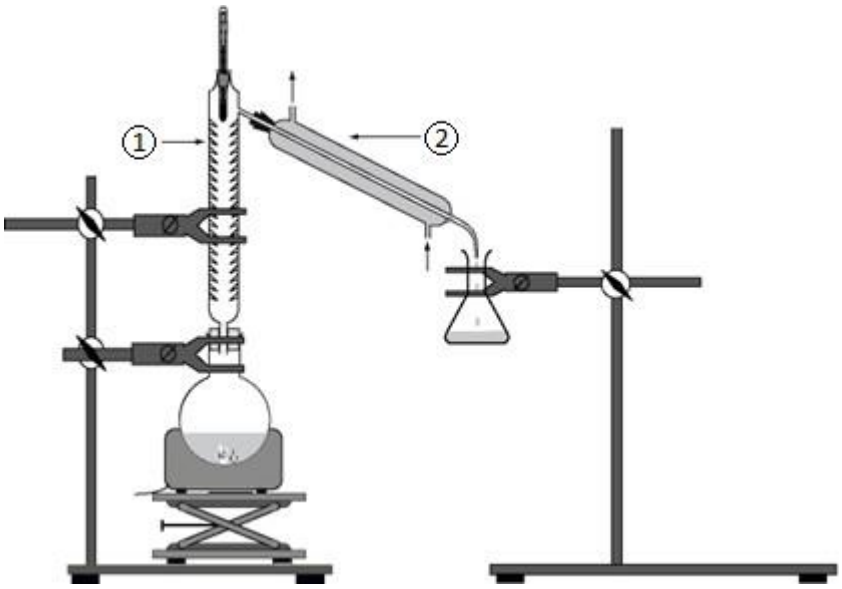


figure 1 : montage d'un des deux protocoles de synthèse.

3. Indiquer auquel des deux protocoles correspond le schéma de la **figure 1**.
4. Donner les noms des éléments de verrerie numérotés ① et ② sur le montage de la **figure 1**

Comparaison des rendements des deux protocoles

À partir du protocole 1 :

5. Justifier, sans calcul, que la synthèse n'est pas une transformation totale.
6. Dresser un tableau d'avancement faisant apparaitre l'avancement final x_f.
7. Définir le rendement de la transformation chimique étudiée. Calculer le rendement η_1 pour ce premier protocole.

Le rendement η_2 du protocole 2 est de 78 %. Il est supérieur à η_1.

8. Proposer deux arguments pour justifier le fait que η_2 soit supérieur à η_1.

Identification du produit du protocole 2

On souhaite s'assurer que le distillat obtenu dans le protocole 2 est constitué de méthanoate d'éthyle.

9. Relever une observation pendant l'expérience permettant de rendre compte du fait que le distillat est constitué de méthanoate d'éthyle.

10. Déterminer la masse volumique du distillat et discuter le résultat obtenu.

11. L'enregistrement du spectre infrarouge du distillat obtenu lors de la mise en œuvre du protocole 2 est représenté **figure 2**. Discuter la compatibilité de ce spectre avec l'espèce chimique attendue dans le distillat.

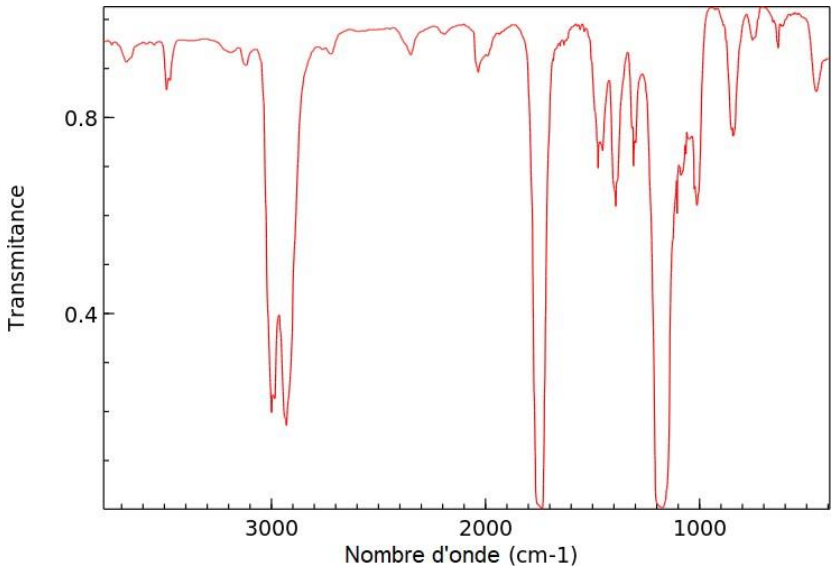


figure 2 : spectre infrarouge du distillat