

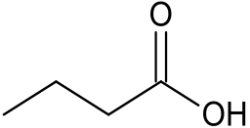

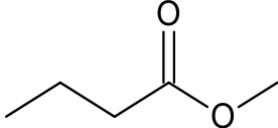
## EXERCICE II – L'ACIDE BUTYRIQUE (5 points)

Tous les automnes, sur l'avenue Pasteur à Rouen, une odeur intense très désagréable apparaît, dérangeant les étudiants des facultés à proximité ainsi que les riverains. Les responsables : des arbres plantés en 2001, des ginkgos biloba. La variété femelle produit chaque automne des ovules contenant des acides gras, dont l'acide butyrique responsable de cette mauvaise odeur.

Les parties A et B sont indépendantes.

Données :

- Caractéristiques d'espèces chimiques :

Espèce chimique	Acide butyrique	Méthanol	Butanoate de méthyle
Formule topologique			
Formule brute	$C_4H_8O_2$	$CH_4O$	$C_5H_{10}O_2$
Masse molaire (g.mol <sup>-1</sup> )	88,1	32,0	102,1
Densité à 25°C	0,958	0,792	0,892
T <sub>ébullition</sub> (°C)	163,5	64,7	102,3
T <sub>fusion</sub> (°C)	- 7,9	- 97,6	- 84,8
Indice de réfraction	1,398	1,327	1,385
Solubilité dans l'eau salée	Élevée	Très élevée	Très faible

- Densité de l'eau salée : 1,03
- Table de données de spectroscopie IR :

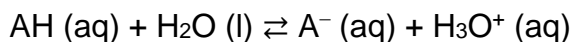
Famille	Liaison	Nombre d'onde (cm <sup>-1</sup> )
Cétone	C = O	1705 – 1725
Aldéhyde	C <sub>tri</sub> – H C = O	2700 – 3000 1720 – 1740
Acide carboxylique	O – H C = O	2500 – 3200 1740 – 1800
Ester	C <sub>tri</sub> – H C = O	2700 – 3000 1730 – 1750
Alcool	O – H <sub>lié</sub> O – H <sub>libre</sub>	3200 – 3450 3600 – 3700

## **PARTIE A : Étude d'une solution aqueuse d'acide butyrique**

On notera dans cette partie, pour simplifier, l'acide butyrique  $\text{AH}_{(\text{aq})}$  et sa base conjuguée  $\text{A}^{-}_{(\text{aq})}$ .

On considère un volume  $V = 100 \text{ mL}$  d'une solution d'acide butyrique de concentration en quantité de matière  $C = 1,0 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ . La mesure du  $\text{pH}$  de la solution donne  $\text{pH} = 4,5$ .

L'acide butyrique réagit avec l'eau selon l'équation de réaction suivante :



**A.1.** Donner l'expression du taux d'avancement final  $\tau$  de la réaction étudiée en fonction de l'avancement final  $x_f$  et de l'avancement maximal  $x_{\text{max}}$ .

**A.2.** Exprimer l'avancement maximal  $x_{\text{max}}$  en fonction de  $C$  et  $V$ .

**A.3.** Exprimer la valeur de l'avancement final  $x_f$  en fonction du  $\text{pH}$  et de  $V$ .

**A.4.** Calculer le taux d'avancement final  $\tau$  et justifier que l'acide butyrique est un acide faible.

On montre que les concentrations en quantité de matière à l'équilibre peuvent s'exprimer de la manière suivante :

$$[\text{AH}_{(\text{aq})}]_{\text{eq}} = C \times (1 - \tau) \text{ pour l'acide butyrique,}$$

$$[\text{A}^{-}_{(\text{aq})}]_{\text{eq}} = C \times \tau \text{ pour sa base conjuguée.}$$

**A.5.1.** Exprimer la constante d'acidité  $K_A$  de la réaction en fonction de  $\tau$  et  $C$ .

**A.5.2.** En déduire la valeur du  $\text{p}K_A$  de l'acide butyrique.

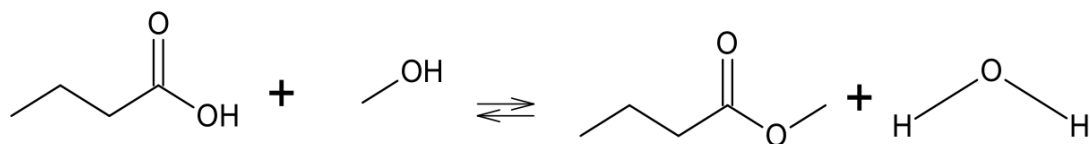
## **PARTIE B : Synthèse d'un ester à l'odeur de pomme à partir de l'acide butyrique**

Même si l'acide butyrique possède une odeur désagréable, certains esters issus de cet acide ont une odeur agréable souvent fruitée. C'est le cas du butanoate de méthyle qui a une odeur de pomme.

La synthèse du butanoate de méthyle est réalisée selon le protocole suivant :

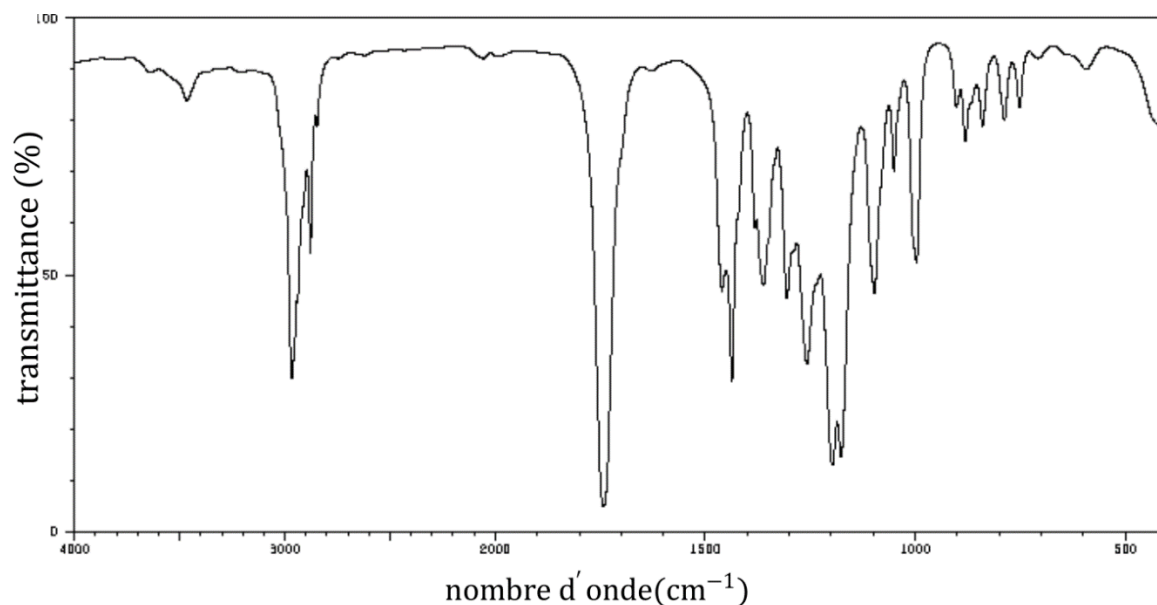
- verser dans un ballon à fond rond 20 mL de méthanol, 20 mL d'acide butyrique et 4 mL d'acide sulfurique concentré ;
- ajouter quelques grains de pierre ponce ;
- chauffer à reflux pendant 15 min ;
- laisser refroidir en enlevant le chauffe-ballon ;
- verser le contenu du ballon dans un bécher contenant 40 mL de solution saturée en  $\text{NaCl(s)}$  ;
- transvaser ensuite dans l'ampoule à décanter et laisser décanter ;
- séparer les deux phases ;
- recueillir la phase organique et la sécher sur du sulfate de magnésium anhydre ;
- purifier l'ester obtenu par distillation.

L'équation de réaction de la synthèse est la suivante :



- B.1.** Donner la formule semi-développée de l'acide butyrique.
- B.2.** Préciser la phase dans laquelle se trouve le butanoate de méthyle.
- B.3.** Schématiser l'ampoule à décanter après décantation. Justifier la position des deux phases.

Le spectre du produit synthétisé est fourni **figure 1** :



**Figure 1** : Spectre IR du produit synthétisé

Source : d'après Spectral Database for Organic Compounds SDBS

- B.4.** Attribuer un groupe d'atomes à chacun des pics entre les valeurs de nombre d'onde comprises entre 1600 cm<sup>-1</sup> et 4000 cm<sup>-1</sup>. Indiquer si ce spectre IR est compatible avec le produit de réaction attendu.