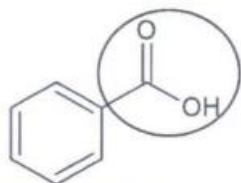


1. Étude de la réaction de synthèse du benzoate de méthyle.**1.1.**

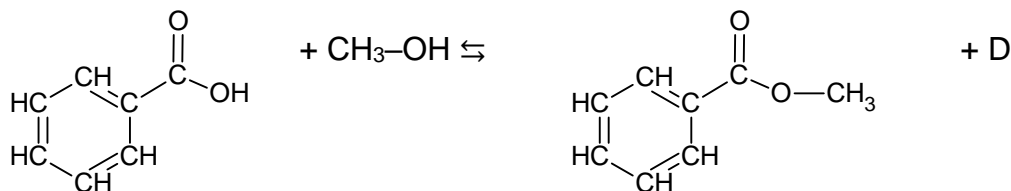
Groupe carboxyle



Acide benzoïque

caractéristique de la famille des acides carboxyliques.

1.2. On écrit l'équation de la réaction avec des formules semi-développées, puis des formules brutes, puis on utilise la conservation des éléments.



Du côté des produits, il manque 2 atomes H et 1 atome O ce qui correspond bien à la molécule d'eau H_2O .

Remarque : Cette équation est donnée à la partie 4 du sujet.

2. Étude du mode opératoire

2.1. L'acide sulfurique est introduit en très faible quantité, il s'agit d'un catalyseur dont le rôle est d'augmenter la vitesse de la réaction.

2.2. Le montage B montre un réfrigérant à boules et un chauffe-ballon, c'est bien un montage de chauffage à reflux.

2.3. Le chauffage à reflux permet d'augmenter la température qui est un facteur cinétique et ainsi de réduire la durée de la transformation. Il permet d'éviter les pertes de matière lors du chauffage.

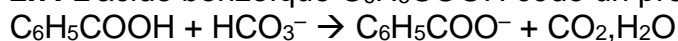
2.4. Les pictogrammes de sécurité des réactifs montrent qu'il est nécessaire de travailler sous la hotte pour ne pas respirer les substances CMR. De plus le port d'une blouse en coton et des lunettes de protection est nécessaire.

2.5. Le benzoate de méthyle ainsi que l'acide benzoïque sont respectivement insoluble et très peu soluble dans l'eau salée. Ainsi l'ajout d'eau salée provoque leur élimination de la phase aqueuse.

2.6. La phase aqueuse contient de l'eau, des ions chlorure et sodium aqueux, du méthanol et de l'acide sulfurique. (Remarque : le réactif méthanol est encore présent en fin de transformation puisqu'il s'agit d'un équilibre \rightleftharpoons et le catalyseur reste présent)

La phase organique contient du benzoate de méthyle ainsi que de l'acide benzoïque.

2.7. L'acide benzoïque C_6H_5COOH cède un proton H^+ à la base HCO_3^- .



Remarque : l'intérêt de cette étape est que les ions benzoate étant très solubles dans l'eau, on les élimine ainsi de la phase organique où il ne restera que le benzoate de méthyle.

3. Identification de la molécule obtenue par spectroscopie infrarouge.

3.1.

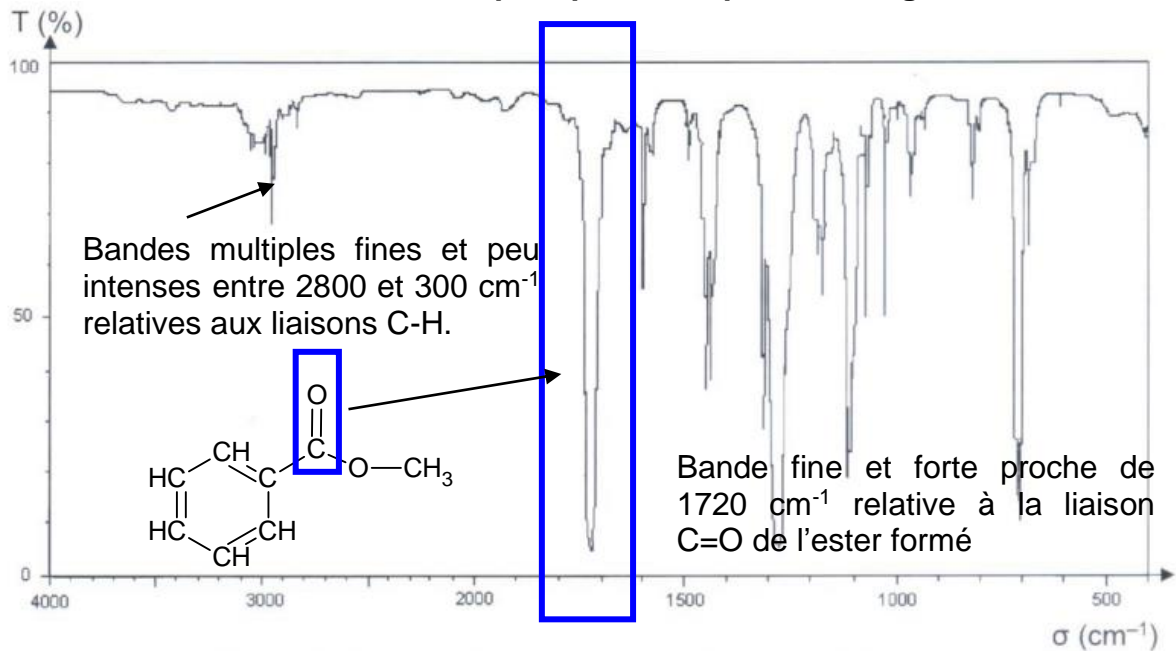


Figure 3. Spectre infrarouge de la molécule synthétisée

Le spectre peut correspondre à la formule du benzoate de méthyle puisque l'on retrouve des bandes relatives à des liaisons présentes dans cette molécule.

Remarques : le spectre est difficilement exploitable en dessous de 1500 cm⁻¹, il ne permet pas d'affirmer avec certitude la présence de la liaison C–O.

L'absence de la bande large et forte caractéristique de la liaison O–H écarte la possibilité d'éventuelles traces d'acide benzoïque restant.

4. Rendement de la synthèse.

$$4.1. n_{i,alcool} = \frac{m_{alcool}}{M_{alcool}} = \frac{\rho_{alcool} \cdot V_{alcool}}{M_{alcool}}$$

$\frac{0,79 \times 4}{32}$	$9,875 \times 10^{-2}$
----------------------------	------------------------

$$n_{i,alcool} = \frac{0,79 \frac{g}{mL} \times 4,0 mL}{32,0 \frac{g}{mol}} = 9,9 \times 10^{-2} \text{ mol} = 99 \text{ mmol}$$

$$n_{i,acide} = \frac{m_{acide}}{M_{acide}}$$

$$n_{i,acide} = \frac{12,2}{122} = 0,100 \text{ mol} = 100 \text{ mmol}$$

4.2. En tenant compte des nombres stœchiométriques, on a bien : $\frac{n_{i,alcool}}{1} = \frac{n_{i,acide}}{1}$: les réactifs ont bien été introduits dans les proportions stœchiométriques.

4.3. Équation de la réaction		$C_7H_6O_2 (\ell) + CH_4O (\ell) \rightleftharpoons C_8H_8O_2 (\ell) + H_2O (\ell)$			
État	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)			
État initial	$x = 0$	$n_{i,acide}$	$n_{i,alcool}$	0	0
État intermédiaire	x	$n_{i,acide} - x$	$n_{i,alcool} - x$	x	x
État final	x_f	$n_{i,acide} - x_f$	$n_{i,alcool} - x_f$	x_f	x_f

4.4. On nous indique que la masse de benzoate de méthyle obtenue est égale à 9,11 g.

Remarque : On considère que l'on a récupéré la totalité du benzoate de méthyle formé.

On calcule la quantité de benzoate de méthyle formée, elle est égale à l'avancement final x_f .

$$n_{\text{ester,eq}} = \frac{m_{\text{exp}}}{M_{\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_2}}$$

$$n_{\text{ester,eq}} = \frac{9,11}{136} = 6,70 \times 10^{-2} \text{ mol} = 67,0 \text{ mmol}$$

D'après l'équation de la réaction, il se forme autant d'eau que d'ester, $n_{\text{eau,eq}} = 67,0 \text{ mmol}$

Pour les réactifs,

$$n_{\text{acide, eq}} = n_{i,\text{acide}} - X_f$$

$$n_{\text{acide, eq}} = 100 - 67 = 33 \text{ mmol}$$

$$n_{\text{alcool, eq}} = n_{i,\text{alcool}} - X_f$$

$$n_{\text{alcool, eq}} = 99 - 67 = 32 \text{ mmol}$$

$\frac{0.7934}{32}$	
	$9.875E-2$
$\frac{9.11}{136}$	
	$6.698529412E-2$
	$9.875E-2 - 6.698529412E-2$
	$3.176470588E-2$

4.5. Par définition, le rendement est égal au rapport de la quantité de matière d'ester formée expérimentalement par la quantité de matière maximale d'ester que l'on pouvait obtenir avec une réaction totale.

$$r = \frac{n_{\text{ester,exp}}}{n_{\text{ester,max}}}$$

On pouvait obtenir au maximum autant d'ester que l'on a consommé d'alcool (ou d'acide), soit $n_{\text{ester,max}} = 100 \text{ mmol}$.

$$r = \frac{67,0}{100} = 67\%$$

4.6. Pour améliorer le rendement, on peut introduire un des deux réactifs en excès.

Autres méthodes :

-On pourrait éliminer un des produits formés, avec un montage de distillation à condition que l'un des produits formés possède une température d'ébullition inférieure à celles des autres espèces présentes dans le milieu réactionnel.

-On peut utiliser un Dean-Stark pour éliminer l'eau du milieu réactionnel.

5. Vérification de la quantité de matière en ions benzoate restante à l'aide d'un dosage spectrophotométrique.

5.1. On choisit la longueur d'onde pour laquelle l'absorbance des ions benzoate est la plus forte. Ainsi l'erreur relative sur la mesure de l'absorbance sera plus faible.

On prend $\lambda = 270 \text{ nm}$.

5.2. Comme $\lambda < 400 \text{ nm}$, l'absorbance est maximale dans le domaine des ultra-violet.

5.3. Solution mère S_0

$$c_0 = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

V_0 à prélever

Au cours d'une dilution, la quantité de matière de soluté se conserve $n_0 = n_3$.

$$c_0 \cdot V_0 = c_3 \cdot V_3$$

$$V_0 = \frac{c_3 \cdot V_3}{c_0}$$

$$V_0 = \frac{2,5 \times 10^{-3} \times 100,0}{1,0 \times 10^{-2}} = 25 \text{ mL}$$

Solution fille S_3

$$c_3 = 2,5 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$V = 100,0 \text{ mL}$$

Parmi la verrerie disponible, on retient une pipette jaugée de 25,0 mL pour prélever la solution mère, il faut aussi un becher de 50 mL pour y placer la solution mère à prélever et enfin une fiole jaugée de 100,0 mL où l'on réalisera la dilution.

5.4. D'après la figure 6, on constate que la loi de Beer-Lambert est valable ; en effet l'absorbance est proportionnelle à la concentration en ions benzoate.

La modélisation indique $A = 88,1 \times C$ donc $C_s = \frac{A_s}{88,1}$.

$$C_s = \frac{0,29}{88,1} = 3,3 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

Cette solution a été diluée 100 fois, donc la solution aqueuse obtenue après la synthèse avait une concentration 100 fois supérieure $C = 100 \cdot C_s = 3,3 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$

$$n = C \cdot V$$

$$n_s = 3,3 \times 10^{-1} \times 0,100 = 3,3 \times 10^{-2} \text{ mol} = 33 \text{ mmol} \text{ comme établi à la question 4.4.}$$

Si vous trouvez une erreur, merci de nous la signaler par email : labolycee@labolycee.org.