EXERCICE 2 – L'odeur de Jasmin (4 points)

L'huile essentielle de jasmin est extraite de la fleur de jasmin. Cette dernière contient plusieurs espèces chimiques dont l'éthanoate de benzyle.
L'extraction de cette huile essentielle est difficile et coûteuse. Pour diminuer les prix des produits de consommation comme les désodorisants, les industriels synthétisent des espèces, comme l'éthanoate de benzyle, dont l'odeur est proche de celle de l'huile essentielle de jasmin.

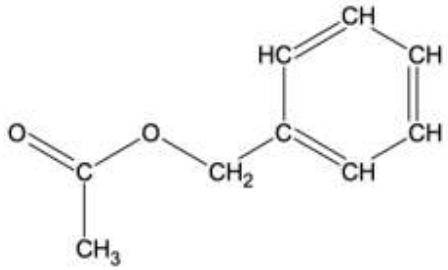


D'après www.pixabay.com

L'objectif de cet exercice est d'étudier la cinétique et le rendement d'une transformation conduisant à la formation de l'éthanoate de benzyle.

Données :

- formule semi-développée de l'éthanoate de benzyle :



- propriétés physico-chimiques de différentes espèces chimiques :

Espèce chimique	Acide éthanoïque	Alcool benzylique	Éthanoate de benzyle
Formule brute	$C_2H_4O_2$	C_7H_8O	$C_9H_{10}O_2$
Masse volumique à 25 °C ($g \cdot mL^{-1}$)	1,05	1,04	1,05
Masse molaire ($g \cdot mol^{-1}$)	60,1	108	150

L'éthanoate de benzyle est synthétisé à partir d'acide éthanoïque et d'alcool benzylique. Cette transformation peut être modélisée par une réaction dont l'équation est donnée ci-dessous :

$$C_2H_4O_2(\ell) + C_7H_8O(\ell) \rightleftarrows C_9H_{10}O_2(\ell) + H_2O(\ell)$$

Q1. Recopier la formule semi-développée de l'éthanoate de benzyle, entourer son groupe caractéristique et indiquer la famille fonctionnelle associée.

On étudie l'évolution de la quantité de matière d'éthanoate de benzyle au cours de sa synthèse en fonction du temps. Pour cela on réalise le protocole expérimental décrit ci-dessous :

- **étape A** : dans un bécher, préparer un mélange composé de 75 % en volume d'alcool benzylique et 25 % en volume d'acide éthanoïque, ainsi que quelques gouttes d'acide sulfurique concentré (catalyseur de la réaction). Agiter et déclencher un chronomètre ;
- **étape B** : introduire un volume V = 2,0 mL de ce mélange dans 8 tubes à essai différents. Fixer un réfrigérant à air et placer ces tubes dans un bain thermostaté ;
- **étape C** : pour 8 dates différentes, verser le contenu d'un tube à essai dans un bécher contenant de l'eau distillée glacée ;
- **étape D** : doser l'acide éthanoïque présent dans chacun des béchers par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration c_B = 0,20 $mol \cdot L^{-1}$.

On obtient les résultats suivants :

Tube à essai n°	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
Date t du dosage en minute	2,0	5,5	10,5	15	20	30	40	60
Quantité de matière d'acide éthanoïque en mmol	6,1	4,1	3,6	3,3	3,2	3,1	3,0	2,9

Q2. Identifier le rôle de l'étape C du protocole.

Q3. Établir que la relation entre la quantité de matière initiale de l'acide éthanoïque $n_{0,ac}$ et les quantités de matière $n_{EB}(t)$ d'éthanoate de benzyle et $n_{ac}(t)$ d'acide éthanoïque prises à la date t, s'écrit :

$$n_{ac}(t) = n_{0,ac} - n_{EB}(t)$$

Le tracé du graphique représentant l'évolution de la quantité de matière d'éthanoate de benzyle au cours du temps est réalisé à l'aide du programme écrit en langage Python dont un extrait est donné en figure 1. Le résultat du programme complet est présenté en **ANNEXE A1 À RENDRE AVEC LA COPIE.**

```
6  #quantité de matière d'acide éthanoïque présent dans le tube à essai à t = 0, en mol
7  n_0ac = 0.0087
8
9  #liste du temps en minute
10 t=[0,2,5.5,10.5,15,20,30,40,60]
11
12 #liste de la quantité de matière n_ac de l'acide éthanoïque au cours du temps
13 n_ac=[0.0087,0.0061,0.0041,0.0036,0.0033,0.0032,0.0031,0.0030,0.0029]
14
15 n_EB = zeros(9, float)  #indique que 9 valeurs de n_EB seront calculées
16
17 for i in range(0,9):
18     n_EB[i]=
```

Figure 1. Extrait du programme

Q4. Retrouver par un calcul la valeur `n_0ac` donnée à la ligne 7 du programme.

Q5. Recopier et compléter la ligne 18 du programme sur la copie.

On étudie le temps de demi-réaction à l'aide de la courbe donnée en **ANNEXE A1 À RENDRE AVEC LA COPIE.**

Q6. Définir le temps de demi-réaction $t_{1/2}$. Estimer sa valeur à l'aide de la courbe donnée en **ANNEXE A1 À RENDRE AVEC LA COPIE**, en expliquant la méthode utilisée.

On étudie l'évolution de la vitesse volumique d'apparition de l'éthanoate de benzyle au cours du temps.

Q7. Exprimer la vitesse volumique v_{EB} d'apparition de l'éthanoate de benzyle en fonction du volume V et de $\frac{dn_{EB}}{dt}$.

Q8. À l'aide d'un tracé sur la courbe donnée en **ANNEXE A1 À RENDRE AVEC LA COPIE**, estimer la valeur de la vitesse volumique d'apparition de l'éthanoate de benzyle à l'instant initial (t = 0).

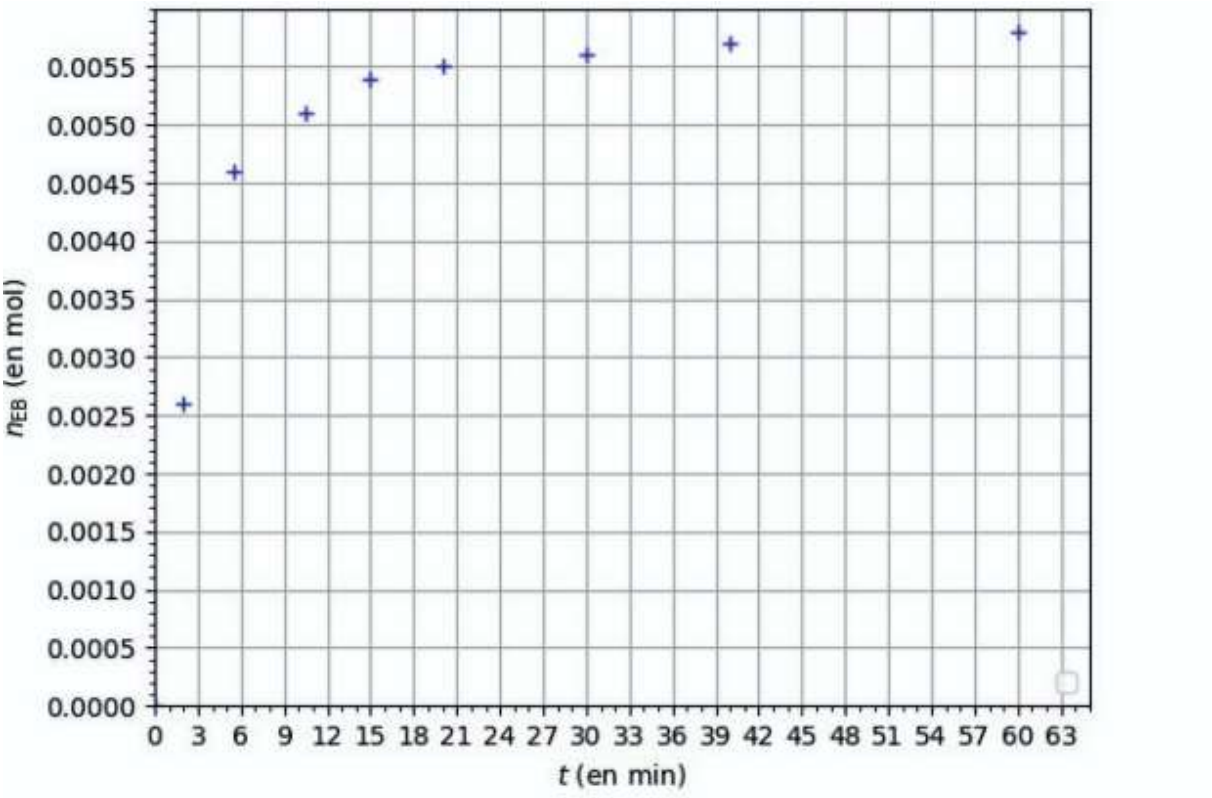
À la date t = 20 minutes, la vitesse volumique d'apparition de l'éthanoate de benzyle est estimée à $6{,}7\times10^{-3}$ mol·L^{-1}·min^{-1}.

Q9. Identifier un facteur cinétique responsable de l'évolution de la vitesse volumique d'apparition de l'éthanoate de benzyle.

On admet que, dans les conditions de la synthèse, l'alcool benzylique a été introduit en excès. Le rendement de cette synthèse est de 67 %.

Q10. Proposer une modification du protocole expérimental permettant d'optimiser ce rendement.

ANNEXE A1 À RENDRE AVEC LA COPIE



Évolution de la quantité de matière d'éthanoate de benzyle produit au cours du temps

ANNEXE A2 À RENDRE AVEC LA COPIE

