

**PARTIE A : Réaction de l'acide benzoïque avec l'eau**

**A.1. Calculer la masse  $m_0$  qu'il faut peser pour préparer la solution  $S_0$ . La solution est-elle saturée ?**

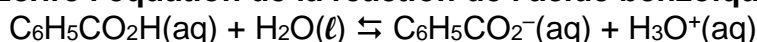
Masse  $m_0$  d'acide benzoïque à peser :  $m_0 = n_0 \times M_3 = C_0 \times V_0 \times M_3$

$$m_0 = 1,0 \times 10^{-2} \times 100 \times 10^{-3} \times 122 \text{ g} = 0,122 \text{ g} \approx \mathbf{0,12 \text{ g}}$$

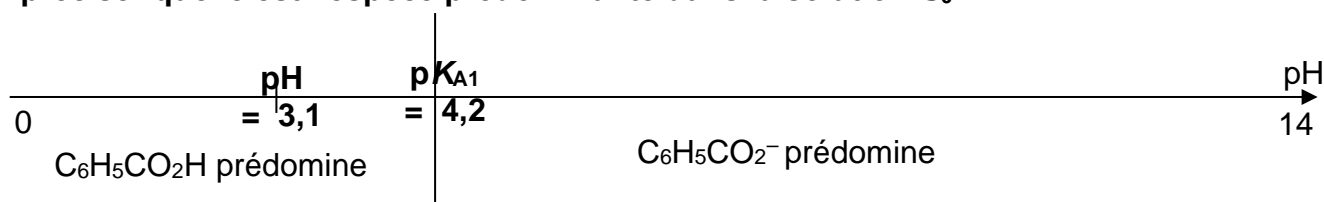
La concentration en masse en acide benzoïque de la solution est  $t_0 = \frac{m_0}{V_0}$ .

$$t_0 = \frac{0,12 \text{ g}}{100 \times 10^{-3} \text{ L}} = \mathbf{1,2 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}} < s_{\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2\text{H}} = 2,4 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}. \text{ La solution } S_0 \text{ n'est donc pas saturée.}$$

**A.2. Écrire l'équation de la réaction de l'acide benzoïque avec l'eau.**



**A.3. Tracer le diagramme de prédominance du couple acide benzoïque/ion benzoate et préciser quelle est l'espèce prédominante dans la solution  $S_0$ .**



Comme  $\text{pH} < \text{p}K_{A1}$ , l'acide benzoïque prédomine dans la solution  $S_0$ .

**A.4. Compléter le tableau d'avancement correspondant à cette transformation chimique, en fonction de  $C_0$ ,  $V_0$  et  $x_{\text{éq}}$ , avancement à l'état d'équilibre.**

Équation de la réaction		$\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2\text{H}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\ell) \rightleftharpoons \text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2^-(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$			
État du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)			
État initial	0	$C_0 \cdot V_0$	Solvant	0	0
État final (à l'équilibre)	$x_{\text{éq}}$	$C_0 \cdot V_0 - x_{\text{éq}}$	Solvant	$x_{\text{éq}}$	$x_{\text{éq}}$

**A.5. Calculer l'avancement maximal  $x_{\text{max}}$ .**

On considère que la transformation est totale :  $x_{\text{éq}} = x_{\text{max}}$ .

Dans ce cas, comme l'eau est le solvant, l'acide benzoïque est le réactif limitant. Il est totalement consommé dans l'état final soit :  $C_0 \cdot V_0 - x_{\text{max}} = 0$  donc  $x_{\text{max}} = C_0 \cdot V_0$ .

$$\text{Soit } x_{\text{max}} = 1,0 \times 10^{-2} \times 100 \times 10^{-3} \text{ mol} = \mathbf{1,0 \times 10^{-3} \text{ mol.}}$$

**A.6. Montrer que le taux d'avancement final  $\tau$  s'écrit :  $\tau = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}}}{C_0}$ , puis le calculer.**

**Ce résultat est-il en accord avec la réponse à la question A.3. ?**

$$\tau = \frac{x_{\text{éq}}}{x_{\text{max}}} \text{ avec } x_{\text{éq}} = n_{\text{éq}}(\text{H}_3\text{O}^+) = [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}} \cdot V_0 \text{ et } x_{\text{max}} = C_0 \cdot V_0.$$

$$\tau = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}} \cdot V_0}{C_0 \cdot V_0} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}}}{C_0}.$$

$$\tau = \frac{10^{-\text{pH}}}{C_0} = \frac{10^{-3,1}}{1,0 \times 10^{-2}} = \mathbf{0,079 = 7,9 \%}. \text{ Comme } \tau < 100 \%, \text{ la transformation n'est pas totale.}$$

Seulement 7,9% des molécules d'acide benzoïque sont transformées en anions benzoate.

Ce résultat est bien cohérent avec le fait que l'acide benzoïque prédomine dans la solution  $S_0$ .

Non demandé

Par ailleurs :  $n_{\text{éq}}(\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2^-) = x_{\text{éq}} = \tau \cdot x_{\text{max}}$

$$n_{\text{éq}}(\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2^-) = 7,9 \times 10^{-2} \times 1,0 \times 10^{-3} \text{ mol} = 7,9 \times 10^{-5} \text{ mol} = \mathbf{0,79 \times 10^{-4} \text{ mol}}$$

$$n_{\text{éq}}(\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2\text{H}) = C_0 \cdot V_0 - x_{\text{éq}} = x_{\text{max}} - x_{\text{éq}} = x_{\text{max}} - \tau \cdot x_{\text{max}} = x_{\text{max}} \cdot (1 - \tau)$$

$$n_{\text{éq}}(\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2\text{H}) = 1,0 \times 10^{-3} \times (1 - 7,9 \times 10^{-2}) \text{ mol} = \mathbf{9,2 \times 10^{-4} \text{ mol}}.$$

On constate que :  $n_{\text{éq}}(\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2\text{H}) > n_{\text{éq}}(\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2^-)$ .

## PARTIE B : La synthèse de l'acide benzoïque

### B.1. À propos du mode opératoire.

#### B.1.1. Au vu du mode opératoire décrit ci-dessus, sur quels facteurs cinétiques se base-t-on pour réaliser plus rapidement cette synthèse ?

On chauffe le mélange réactionnel car **la température** est un facteur cinétique : plus elle est élevée et plus la transformation est rapide.

L'énoncé indique que le permanganate de potassium est introduit en excès. L'autre facteur cinétique mis en jeu est la **concentration des réactifs**. Plus la concentration d'un réactif est élevée plus la transformation est rapide.

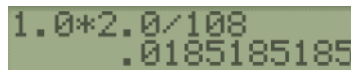
#### B.1.2. Préciser quels sont les avantages du chauffage à reflux du mélange réactionnel.

Le chauffage à reflux permet **d'accélérer la réaction** en portant le mélange à ébullition tout en **évitant les pertes de matière** grâce au réfrigérant à boules qui liquéfie les vapeurs formées au cours de l'ébullition.

### B.2. Étude de la réaction de synthèse de l'acide benzoïque.

#### B.2.1. Déterminer la quantité de matière $n_1$ d'alcool benzylique contenu dans la prise d'essai de 2,0 mL.

$$n_1 = \frac{m_1}{M_1} = \frac{\rho_1 \cdot V_1}{M_1}$$



$$\text{soit } n_1 = \frac{1,0 \times 2,0}{108} = \mathbf{1,9 \times 10^{-2} \text{ mol}}.$$

#### B.2.2. Lors de la cristallisation, le passage de l'ion benzoate à l'acide benzoïque se fait selon l'équation chimique : $\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2^-(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2\text{H}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

**Calculer la quantité de matière théorique d'acide benzoïque que l'on pourrait obtenir si la transformation était totale, sachant que l'alcool benzylique est le réactif limitant.**

L'alcool benzylique étant le réactif limitant, il est totalement consommé.

L'équation  $3 \text{ C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OH}(\text{l}) + 4 \text{ MnO}_4^-(\text{aq}) \rightarrow 3 \text{ C}_6\text{H}_5\text{CO}_2^-(\text{aq}) + 4 \text{ H}_2\text{O}(\text{l}) + 4 \text{ MnO}_2(\text{s}) + \text{HO}^-(\text{aq})$

montre que **3 moles** d'alcool benzylique  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OH}(\text{l})$  réagissent pour former **3 moles** d'ions benzoate  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2^-(\text{aq})$ .

Ainsi, si  $1,9 \times 10^{-2} \text{ mol}$  d'alcool benzylique réagit, il se forme  $1,9 \times 10^{-2} \text{ mol}$  d'ion benzoate.

Par ailleurs, si l'équation  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2^-(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+ \rightleftharpoons \text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2\text{H}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$  est associée à une transformation totale, il devrait se former  $1,9 \times 10^{-2} \text{ mol}$  d'acide benzoïque soit une masse maximale :  $m_{\text{max}} = n_1 \times M_3$

$$m_{\text{max}} = 1,85... \times 10^{-2} \times 122 = 2,26 \text{ g} \approx \mathbf{2,3 \text{ g}}.$$

#### B.2.3. En déduire le rendement $r$ de la synthèse effectuée.

$$\text{Rendement : } \eta = \frac{m_{\text{exp}}}{m_{\text{max}}} \text{ avec } m_{\text{exp}} = m' - m = 141,8 - 140,4 \text{ g} = \mathbf{1,4 \text{ g}}.$$

$$\text{soit } \eta = \frac{1,4 \text{ g}}{2,26 \text{ g}} = 0,62 = \mathbf{62 \%}.$$

