

CLASSE : Terminale

EXERCICE A : au choix du candidat (5 points)

VOIE : Générale

ENSEIGNEMENT : physique-chimie

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 0h53

CALCULATRICE AUTORISÉE : Oui sans mémoire, « type collège »

EXERCICE A Étude de l'acide benzoïque et du benzoate de sodium (5 points)
au choix du candidat

Partie A : Réaction de l'acide benzoïque avec l'eau

A.1.

Calculons la masse m_0 d'acide benzoïque :

$$m_0 = n_0 \times M_3$$

Avec M_3 la masse molaire d'acide benzoïque.

Or $n_0 = C_0 \times V_0$

$$m_0 = C_0 \times V_0 \times M_3$$

$$m_0 = 1,0 \cdot 10^{-2} \times 100 \cdot 10^{-3} \times 122$$

$$m_0 = 0,12 \text{ g}$$

La solubilité de l'acide benzoïque est $S_{\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}} = 2,4 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$

Calculons la concentration massique de l'acide benzoïque :

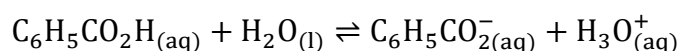
$$c_{m0} = \frac{m_0}{V_0}$$

$$c_{m0} = \frac{0,12}{100 \cdot 10^{-3}}$$

$$c_{m0} = 1,2 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$$

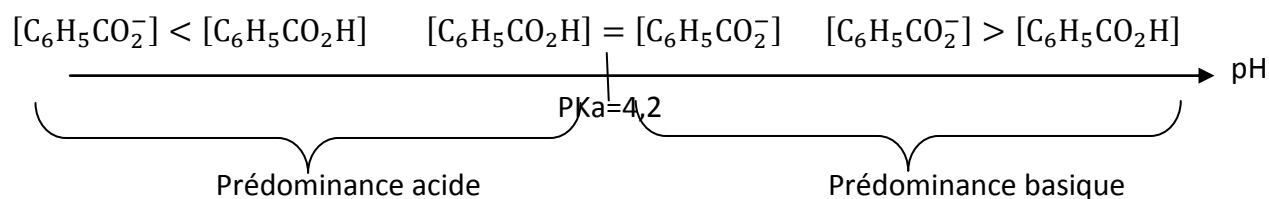
$c_{m0} < S_{\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}}$: la solution n'est pas saturée.

A.2.



A.3.

Diagramme de prédominance :



Pour $\text{pH} = 3,1$ l'acide benzoïque est prédominant dans la solution S_0 .

A.4.

Equation de la réaction		$C_6H_5CO_2H_{(aq)}$	$+ H_2O_{(l)} \rightleftharpoons$	$C_6H_5CO_2^-_{(aq)}$	$H_3O^+_{(aq)}$
Etat du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)			
Etat initial	0	$n_0 = C_0 \times V_0$	Solvant	0	0
Etat final (à l'équilibre)	x_{eq}	$C_0 \times V_0 - x_{eq}$	Solvant	x_{eq}	x_{eq}

A.5.

Calculons x_{max} :

$$C_0 \times V_0 - x_{max} = 0$$

$$x_{max} = C_0 \times V_0$$

$$x_{max} = 1,0 \cdot 10^{-2} \times 100 \cdot 10^{-3}$$

$$x_{max} = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

A.6.

$$\tau = \frac{x_{eq}}{x_{max}}$$

Or $x_{max} = C_0 \times V_0$

Et

$$x_{eq} = n_{H_3O^+}^f$$

$$x_{eq} = [H_3O^+]_{eq} \times V_0$$

$$\tau = \frac{[H_3O^+]_{eq} \times V_0}{C_0 \times V_0}$$

D'où

$$\tau = \frac{[H_3O^+]_{eq}}{C_0}$$

$$\tau = \frac{c^0 \times 10^{-pH}}{C_0}$$

$$\tau = \frac{1 \times 10^{-3,1}}{1,0 \cdot 10^{-2}}$$

$$\tau = 0,079$$

$$\tau = 7,9\%$$

La réaction est limitée, l'acide benzoïque réagit peu avec l'eau : il est donc dans la solution S_0 .

Ce résultat est en accord avec la question A.3 car l'acide benzoïque est prédominant dans cette solution.

Partie B : La synthèse de l'acide benzoïque

B.1. A propos du mode opératoire

B.1.1.

Au vu du mode opératoire décrit, on se base sur les facteurs cinétiques suivants :

- Température : avec le chauffage à reflux
- Concentration : excès de permanganate de potassium.

B.1.2.

Le chauffage à reflux permet d'accélérer la réaction sans pertes de matières.

B.2. Etude de la réaction de synthèse de l'acide benzoïque

B.2.1.

$$n_1 = \frac{m_1}{M_1}$$

Or

$$\rho_1 = \frac{m_1}{V_1}$$

$$m_1 = \rho_1 \times V_1$$

D'où

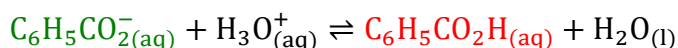
$$n_1 = \frac{\rho_1 \times V_1}{M_1}$$

$$n_1 = \frac{1,0 \times 2,0}{108}$$

$$n_1 = 1,9 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

B.2.2.

1^{ère} méthode sans tableau d'avancement :



Si la réaction est totale :

$$n_{\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2\text{H}}^{\text{th}} = n_{\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2^-}$$

Or d'après la réaction chimique :



Le réactif limitant est l'alcool benzylique.

Si la réaction est totale :

$$\frac{n_{\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2^-}}{3} = \frac{n_{\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OH}}^{\text{i}}}{3}$$

$$n_{\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2^-} = n_{\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OH}}^{\text{i}}$$

D'où

$$n_{\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2\text{H}}^{\text{th}} = n_{\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2^-} = n_{\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OH}}^{\text{i}} = n_1 = 1,9 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

2nd méthode avec tableau d'avancement :

Equation de la réaction		$\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2^-(\text{aq})$	$+ \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) \rightleftharpoons$	$\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2\text{H}(\text{aq})$	$+ \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
Etat du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)			
Etat initial	0	$n_{\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2^-}$	Excès	0	0
Etat final (réaction considérée totale)	x_{max}	$n_{\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2^-} - x_{\text{max}} = 0$	Excès	$x_{\text{max}} = n_{\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2\text{H}}^{\text{th}}$	x_{max}

Si la réaction est totale :

$$n_{\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2^-} - x_{\text{max}} = 0$$

$$x_{\text{max}} = n_{\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2^-}$$

$$x_{\text{max}} = n_{\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2\text{H}}^{\text{th}}$$

D'où

$$n_{\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2\text{H}}^{\text{th}} = n_{\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2^-}$$

Or d'après la réaction chimique :

Equation de la réaction		$3 \text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OH}(\text{l})$	$+ 4 \text{MnO}_4^-(\text{aq}) \rightleftharpoons$	$3 \text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2^-(\text{a})$	$+ 4 \text{H}_2\text{O}(\text{l})$	$+ 4 \text{MnO}_2(\text{s})$	$+ \text{HO}^-(\text{aq})$
Etat du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)					
Etat initial	0	$n_{\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OH}}^{\text{i}}$	Excès	0	0	0	0
Etat final (réaction considérée totale)	x_{max}	$n_{\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OH}}^{\text{i}} - 3 x_{\text{max}} = 0$	Excès	$3 x_{\text{max}} = n_{\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2^-}$	$4 x_{\text{max}}$	$4 x_{\text{max}}$	x_{max}

Le réactif limitant est l'alcool benzylique.

Si la réaction est totale :

$$n_{\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OH}}^{\text{i}} - 3 x_{\text{max}} = 0$$

$$x_{\text{max}} = \frac{n_{\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OH}}^{\text{i}}}{3}$$

$$3 x_{\text{max}} = n_{\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2^-}$$

$$x_{\text{max}} = \frac{n_{\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2^-}}{3}$$

D'où

$$\frac{n_{\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2^-}}{3} = \frac{n_{\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OH}}^i}{3}$$

$$n_{\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2^-} = n_{\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OH}}^i$$

D'ou

$$n_{\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2\text{H}}^{\text{th}} = n_{\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2^-} = n_{\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{OH}}^i = n_1 = 1,9 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

B.2.3.

$$r = \frac{n_{\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2\text{H}}^{\text{experimental}}}{n_{\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2\text{H}}^{\text{th}}}$$

Or

$$n_{\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2\text{H}}^{\text{experimental}} = \frac{n_{\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2\text{H}}^{\text{experimental}}}{M_3}$$

$$n_{\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2\text{H}}^{\text{experimental}} = \frac{m' - m}{M_3}$$

$$n_{\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2\text{H}}^{\text{experimental}} = \frac{141,8 - 140,4}{122}$$

$$n_{\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2\text{H}}^{\text{experimental}} = 1,1 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

D'ou

$$r = \frac{1,1 \cdot 10^{-2}}{1,9 \cdot 10^{-2}}$$

$$r = 0,58$$

$$r = 58\%$$

Le rendement de la synthèse est de 58%.