

**CLASSE** : Terminale

**VOIE** :  Générale

**DURÉE DE L'ÉPREUVE** : 0h53

**EXERCICE 2** : 5 points

**ENSEIGNEMENT** : physique-chimie

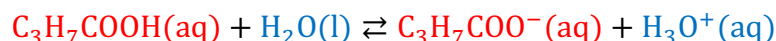
**CALCULATRICE AUTORISÉE** :  Oui sans mémoire, « type collègue »

### EXERCICE 2

#### L'acide butanoïque

Étude de l'influence de la concentration en acide butanoïque sur le quotient de réaction.

**Q1.**

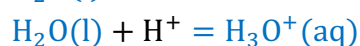


$\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}(\text{aq})$  se transforme en  $\text{C}_3\text{H}_7\text{COO}^-(\text{aq})$  en perdant un proton  $\text{H}^+$  selon la demi équation :



Le couple acide/base correspondant est :  $\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}(\text{aq})/\text{C}_3\text{H}_7\text{COO}^-(\text{aq})$

$\text{H}_2\text{O}(\text{l})$  se transforme en  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$  en gagnant un proton  $\text{H}^+$  selon la demi équation :



Le couple acide/base correspondant est :  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})/\text{H}_2\text{O}(\text{l})$

**Q2.**

		$\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{C}_3\text{H}_7\text{COO}^-(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$			
	Avancement	Quantités de matière			
État initial	$x = 0$	$n_i$	excès	0	0
État intermédiaire	$x$	$n_i - x$	excès	$x$	$x$
État final si réaction totale	$x = x_{\text{max}}$	$n_i - x_{\text{max}}$	excès	$x_{\text{max}}$	$x_{\text{max}}$
État final observé	$x = x_f$	$n_i - x_f$	excès	$x_f$	$x_f$

**Q3.**

$$[\text{H}_3\text{O}^+]_f = \frac{n(\text{H}_3\text{O}^+)_f}{V}$$

Or d'après le tableau d'avancement :

$$n(\text{H}_3\text{O}^+)_f = x_f$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+]_f = \frac{x_f}{V}$$

$$[\text{C}_3\text{H}_7\text{COO}^-]_f = \frac{n(\text{C}_3\text{H}_7\text{COO}^-)_f}{V}$$

Or d'après le tableau d'avancement :

$$n(\text{C}_3\text{H}_7\text{COO}^-)_f = x_f$$

$$[\text{C}_3\text{H}_7\text{COO}^-]_f = \frac{x_f}{V}$$

Ainsi :

$$[\text{H}_3\text{O}^+]_f = [\text{C}_3\text{H}_7\text{COO}^-]_f$$

**Q4.**

Loi de Kohlrausch :

$$\sigma = \sum \lambda_i [X_i]$$

$$\sigma = \lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} [\text{H}_3\text{O}^+] + \lambda_{\text{C}_3\text{H}_7\text{COO}^-} [\text{C}_3\text{H}_7\text{COO}^-]$$

Ainsi :

$$\sigma_f = \lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} [\text{H}_3\text{O}^+]_f + \lambda_{\text{C}_3\text{H}_7\text{COO}^-} [\text{C}_3\text{H}_7\text{COO}^-]_f$$

**Q5.**

$$\sigma_f = \lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} [\text{H}_3\text{O}^+]_f + \lambda_{\text{C}_3\text{H}_7\text{COO}^-} [\text{C}_3\text{H}_7\text{COO}^-]_f$$

Or (voir **Q3.**)

$$[\text{H}_3\text{O}^+]_f = [\text{C}_3\text{H}_7\text{COO}^-]_f$$

Ainsi :

$$\sigma_f = \lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} [\text{H}_3\text{O}^+]_f + \lambda_{\text{C}_3\text{H}_7\text{COO}^-} [\text{H}_3\text{O}^+]_f$$

$$\sigma_f = (\lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} + \lambda_{\text{C}_3\text{H}_7\text{COO}^-}) \times [\text{H}_3\text{O}^+]_f$$

$$(\lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} + \lambda_{\text{C}_3\text{H}_7\text{COO}^-}) \times [\text{H}_3\text{O}^+]_f = \sigma_f$$

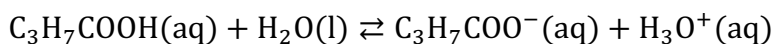
$$[\text{H}_3\text{O}^+]_f = \frac{\sigma_f}{(\lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} + \lambda_{\text{C}_3\text{H}_7\text{COO}^-})}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+]_f = \frac{14,70}{35,0 + 3,58}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+]_f = 0,381 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Ainsi :

$$[\text{C}_3\text{H}_7\text{COO}^-]_f = 0,381 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$$

**Q6.**

$$Q_{r,f} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]_f \times [\text{C}_3\text{H}_7\text{COO}^-]_f}{[\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}]_f \times C^0}$$

Pour le mélange 1 :

$$Q_{r,f} = \frac{0,381 \times 10^{-3} \times 0,381 \times 10^{-3}}{9,619 \times 10^{-3} \times 1}$$

$$Q_{r,f} = 1,51 \times 10^{-5}$$

On remarque que la valeur de  $Q_{r,f}$  est identique pour tous les mélanges.

Mélange	1	2	3
$[\text{H}_3\text{O}^+]_f$ en $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$	0,381	0,267	0,115
$[\text{C}_3\text{H}_7\text{COO}^-]_f$ en $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$	0,381	0,267	0,115
$[\text{C}_3\text{H}_7\text{COOH}]_f$ en $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$	9,619	4,73	0,885
$Q_{r,f}$	?	$1,51 \times 10^{-5}$	$1,51 \times 10^{-5}$

Calcul du taux d'avancement de la réaction mettant en jeu la transformation de l'acide butanoïque avec l'eau dans le cas général.

Q7.

$$K_a = Q_{r,f} = \frac{[H_3O^+]_f \times [C_3H_7COO^-]_f}{[C_3H_7COOH]_f \times C^0}$$

		C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> COOH(aq) + H <sub>2</sub> O(l) ⇌ C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> COO <sup>-</sup> (aq) + H <sub>3</sub> O <sup>+</sup> (aq)			
	Avancement	Quantités de matière			
État initial	x = 0	n <sub>i</sub>	excès	0	0
État intermédiaire	x	n <sub>i</sub> - x	excès	x	x
État final si réaction totale	x = x <sub>max</sub>	n <sub>i</sub> - x <sub>max</sub>	excès	x <sub>max</sub>	x <sub>max</sub>
État final observé	x = x <sub>f</sub>	n <sub>i</sub> - x <sub>f</sub>	excès	x <sub>f</sub>	x <sub>f</sub>

$$[H_3O^+]_f = \frac{n(H_3O^+)_f}{V}$$

Or d'après le tableau d'avancement :

$$n(H_3O^+)_f = x_f$$

$$[H_3O^+]_f = \frac{x_f}{V}$$

$$[C_3H_7COO^-]_f = \frac{n(C_3H_7COO^-)_f}{V}$$

Or d'après le tableau d'avancement :

$$n(C_3H_7COO^-)_f = x_f$$

$$[C_3H_7COO^-]_f = \frac{x_f}{V}$$

$$[C_3H_7COOH]_f = \frac{n(C_3H_7COOH)_f}{V}$$

Or d'après le tableau d'avancement :

$$n(C_3H_7COOH)_f = n_i - x_f$$

$$[C_3H_7COOH]_f = \frac{n_i - x_f}{V}$$

Ainsi :

$$K_a = \frac{\frac{x_f}{V} \times \frac{x_f}{V}}{\frac{n_i - x_f}{V} \times C^0}$$

$$K_a = \frac{\left(\frac{x_f}{V}\right)^2}{\left(\frac{n_i - x_f}{V}\right) \times C^0}$$

Or

$$\frac{n_i}{V} = C$$

Ainsi :

$$K_a = \frac{\left(\frac{x_f}{V}\right)^2}{\left(C - \frac{x_f}{V}\right) \times C^0}$$

**Q8.**

D'où

$$K_a = \frac{\left(\frac{x_f}{V}\right)^2}{\left(C - \frac{x_f}{V}\right) \times C^0}$$

On remplace par les valeurs numériques :

- $K_A = 10^{-pK_a} = 10^{-4,82} = 1,51 \times 10^{-5}$
- $C^0 = 1 \text{ mol. L}^{-1}$
- $C = 1,0 \times 10^{-3} \text{ mol. L}^{-1}$
- $V = 1,00 \text{ L}$

$$1,51 \times 10^{-5} = \frac{\left(\frac{x_f}{1,00}\right)^2}{\left(1,0 \times 10^{-3} - \frac{x_f}{1,00}\right) \times 1}$$

$$1,51 \times 10^{-5} = \frac{(x_f)^2}{(1,0 \times 10^{-3} - x_f)}$$

$$1,51 \times 10^{-5} \times (1,0 \times 10^{-3} - x_f) = x_f^2$$

$$1,51 \times 10^{-5} \times 1,0 \times 10^{-3} - 1,51 \times 10^{-5} \times x_f = x_f^2$$

$$-x_f^2 - 1,51 \times 10^{-5} \times x_f + 1,51 \times 10^{-8} = 0$$

C'est une équation du second degré :

$$\Delta = b^2 - 4ac$$

$$\Delta = (-1,51 \times 10^{-5})^2 - 4 \times -1 \times 1,51 \times 10^{-8}$$

$$\Delta = 6,06 \times 10^{-8}$$

$$x_{f1} = \frac{-b + \sqrt{\Delta}}{2a}$$

$$x_{f1} = \frac{-(-1,51 \times 10^{-5}) + \sqrt{6,06 \times 10^{-8}}}{2 \times -1}$$

$$x_{f1} = -1,31 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

$$x_{f2} = \frac{-b + \sqrt{\Delta}}{2a}$$

$$x_{f2} = \frac{-(-1,51 \times 10^{-5}) - \sqrt{6,06 \times 10^{-8}}}{2 \times -1}$$

$$x_{f2} = 1,16 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

On ne garde pas la valeur négative.

$$x_f = 1,16 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

Trouvons  $x_{\max}$  :

$$n_i - x_{\max} = 0$$

$$-x_{\max} = -n_i$$

$$x_{\max} = n_i$$

$$x_{\max} = C \times V$$

$$x_{\max} = 1,0 \times 10^{-3} \times 1,00$$

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

Calculons le taux d'avancement de la réaction de l'acide butanoïque avec l'eau :

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

$$\tau = \frac{1,16 \times 10^{-4}}{1,0 \times 10^{-3}}$$

$$\tau = 0,12$$

$$\tau = 12\%$$