Bac 2023-09 Polynésie EXERCICE II : ACIDE BUTANOÏQUE (5 points)

L'acide butanoïque de formule $C_3H_7CO_2H$ est présent dans le beurre rance, le fromage et dans le contenu gastrique. Il dégage une odeur forte et désagréable. Divers esters qui possèdent d'ailleurs des arômes plaisants sont obtenus à partir de l'acide butanoïque et sont utilisés dans l'industrie cosmétique pour des réactions d'estérification.

L'objectif de cet exercice est d'étudier l'influence de la concentration en quantité de matière d'acide butanoïque sur le quotient de réaction et de déterminer le taux d'avancement de la réaction.

Données :

- Couple acide-base de l'eau : $H_3O^+(aq)$ / $H_2O(\ell)$
- *pKa* du couple acide butanoïque / ion butanoate à 25°C : *pKa* = 4,82
- La conductivité σ d'une solution ionique peut s'exprimer en fonction de la concentration en quantité de matière $[X_i]$ en ions dans la solution et des conductivités molaires ioniques λ_i de chaque ion X_i (Loi de Kohlrausch) :

$$\sigma = \sum_i \lambda_i \times [X_i]$$

Avec σ en $mS \cdot m^{-1}$, λ en $mS \cdot m^2 \cdot mol^{-1}$, $[X_i]$ en $mol \cdot m^{-3}$.

- $\lambda(C_3H_7COO^-) = \lambda_1 = 3{,}58\ mS \cdot m^2 \cdot mol^{-1}$ et $\lambda(H_3O^+) = \lambda_2 = 35{,}0\ mS \cdot m^2 \cdot mol^{-1}$.
- $1\ mol \cdot m^{-3} = 1\ mmol \cdot L^{-1}$.
- Concentration en quantité de matière standard : $C^0 = 1\ mol \cdot L^{-1}$.

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

L'équation de la réaction modélisant la transformation entre l'acide butanoïque et l'eau est la suivante : $C_3H_7COOH(aq) + H_2O(\ell) \rightleftarrows C_3H_7COO^-(aq) + H_3O^+(aq)$

Q1. Identifier les couples acide/base mis en jeu dans cette transformation chimique.

Q2. Compléter à l'aide d'expressions littérales le tableau d'avancement sur le document réponse à rendre obligatoirement avec la copie.

Q3. En déduire la relation à l'état final entre $[H_3O^+]_f$ et $[C_3H_7COO^-]_f$.

On réalise trois solutions aqueuses d'acide butanoïque de concentration en quantité de matière en soluté apporté 10,0 $mmol \cdot L^{-1}$, 5,00 $mmol \cdot L^{-1}$ et 1,00 $mmol \cdot L^{-1}$. La valeur du volume *V* pour chacune des solutions est égale à 1,00 L.

On mesure les conductivités σ_f de chaque solution à l'état final. Les résultats sont regroupés dans le tableau ci-après :

Solution	1	2	3
c ($mmol \cdot L^{-1}$)	10,0	5,00	1,00
σ_f ($mS \cdot m^{-1}$)	14,70	10,31	4,45

Q4. En utilisant la loi de Kohlrausch, exprimer la conductivité σ_f à l'état final du mélange 1 en fonction des concentrations des ions $[H_3O^+]_f$ et $[C_3H_7COO^-]_f$.

Q5. Pour le mélange 1, vérifier que la valeur de la concentration en quantité de matière des ions $[H_3O^+]_f$ et $[C_3H_7COO^-]_f$ présents à l'état final est égale à 0,381 mmol·L^{-1}.

Le tableau ci-dessous regroupe les valeurs des concentrations en quantité de matière des espèces chimiques présentes dans les différents mélanges.

Mélange	1	2	3
$[H_3O^+]_f$ en mmol·L^{-1}	0,381	0,267	0,115
$[C_3H_7COO^-]_f$ en mmol·L^{-1}	0,381	0,267	0,115
$[C_3H_7COOH]_f$ en mmol·L^{-1}	9,619	4,73	0,885
$Q_{r,f}$	?	$1,51\times10^{-5}$	$1,51\times10^{-5}$

Q6. Donner l'expression littérale du quotient de réaction $Q_{r,f}$ à l'état final en fonction des concentrations en quantité de matière $[C_3H_7COOH]_f$, $[H_3O^+]_f$, $[C_3H_7COO^-]_f$ et C^0 pour le mélange 1 puis calculer sa valeur. Commenter.

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

On considère un volume V de valeur égale à 1,00 L d'une solution d'acide butanoïque de concentration en quantité de matière C de valeur égale à $1,0\times10^{-3}$ mol·L^{-1} à 25 °C.

Q7. Établir que la constante d'équilibre Ka de la réaction mettant en jeu la transformation de l'acide butanoïque avec l'eau a pour expression :

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

On pourra s'aider du tableau d'avancement complété à la question **Q2**.

Q8. En déduire que, dans ce cas, le taux d'avancement de la réaction de l'acide butanoïque avec l'eau est proche de 12%.

Q9. DOCUMENT RÉPONSE À RENDRE OBLIGATOIREMENT AVEC LA COPIE

EXERCICE 2 - L'ACIDE BUTANOÏQUE

Q2. Compléter le tableau d'avancement

		$C_3H_7COOH_{(aq)}$ + $H_2O_{(\ell)}$ ⇄ $C_3H_7COO^-_{(aq)}$ + $H_3O^+_{(aq)}$			
	Avancement	Quantités de matière			
État initial	$x = 0$	n_i	excès		
État intermédiaire	x		excès		
État final si réaction totale	$x = x_{max}$		excès		
État final observé	$x = x_f$		excès		