

Thème 1 : Constitution et transformation de la matière

Partie 3A. Evolution spontanée d'un système chimique

CHAP 07-ACT EXP Constante d'équilibre

1. BUT.

Mesurer la conductivité de solutions d'acide éthanoïque de différentes concentrations.
En déduire le taux d'avancement final et le quotient de réaction dans l'état d'équilibre

2. PREPARATION DES SOLUTIONS

A partir d'une solution S_1 d'acide éthanoïque, de concentration 10 mmol.L^{-1} , préparer
50 mL de solution S_2 de concentration 5 mmol.L^{-1} et 50 mL de solution S_3 de concentration 1 mmol.L^{-1} .

1) Sur votre rapport, calculer le volume de solution S_1 qu'il faut prélever pour préparer la solution S_2 et S_3

ATTENTION !! ATTENTION !! ATTENTION !! ATTENTION !! ATTENTION !!

Il est impératif d'utiliser de l'eau déminéralisée de bonne qualité.

Garder précieusement la solution S_3 , elle va servir dans le 5.

3. MESURE DE LA CONDUCTIVITE

Le conductimètre affiche des valeurs en mS cm^{-1} : $1 \text{ mS cm}^{-1} = 0,1 \text{ S m}^{-1}$.

Mettre le conductimètre sur le calibre 2 mS cm^{-1}

3.1. Mesure de la conductivité

- Mesurer la conductivité σ de $V = 50 \text{ mL}$ de la solution S_3 puis S_2 , puis S_1 , en **respectant cet ordre**.
- Immerger la cellule de la même façon pour chaque mesure.

ATTENTION !! ATTENTION !! ATTENTION !! ATTENTION !! ATTENTION !!

Ne pas rincer la cellule entre chaque mesure mais l'essuyer avec du papier filtre

Bien respecter l'ordre des mesures.

- Compléter la ligne 2 du tableau en annexe 1.

4. INFLUENCE DES CONCENTRATIONS INITIALES SUR LE TAUX D'AVANCEMENT FINAL

1) Ecrire l'équation de la réaction de l'acide éthanoïque avec l'eau et dresser le tableau d'évolution correspondant à cette transformation.

Couples : acide éthanoïque/ion éthanoate $\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})}/\text{CH}_3\text{COO}^-_{(\text{aq})}$
A/B ion oxonium/eau $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}/\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$

2) En considérant la réaction comme totale, exprimer x_{max} en fonction de la concentration en acide éthanoïque $C_{\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})}}$ et du volume V de solution.

3) Exprimer x_f en fonction de $[\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}]_f$ et du volume V de solution.

4) En déduire l'expression donnant le taux d'avancement :

$$\tau = \frac{x_f}{x_{\text{max}}} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}]_f}{C_{\text{CH}_3\text{COOH}_{(\text{aq})}}}$$

5) Quelle relation existe-t-il entre les quantités d'ions $n(\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})})$ et $n(\text{CH}_3\text{COO}^-_{(\text{aq})})$ produits par la réaction ?

6) En déduire la relation entre les concentrations des différentes espèces ioniques en solution à l'équilibre:

$$[\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})]_f = [\text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq})]_f$$

7) Exprimer la conductivité σ en fonction des conductivités molaires ioniques et des concentrations respectives des ions présents.

On rappelle que :

La conductivité σ (S m^{-1}) n'est valable que pour les ions

Si dans une solution de concentration donnée et de volume V on a les ions : $\text{X}^+(\text{aq}) + \text{Y}^-(\text{aq})$ alors

$$\sigma = \lambda_{\text{X}^+(\text{aq})} \cdot [\text{X}^+(\text{aq})] + \lambda_{\text{Y}^-(\text{aq})} \cdot [\text{Y}^-(\text{aq})]$$

Avec λ ($\text{S} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$) la conductivité molaire ionique

$[\text{X}^+(\text{aq})]$ et $[\text{Y}^-(\text{aq})]$ la concentration des ions en $\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$ (1 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} = 1000 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3}$)

8) En déduire l'expression donnant la concentration des différentes espèces ioniques en fonction de la conductivité mesurée :

$$[\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})]_f = [\text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq})]_f = \frac{\sigma}{\lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} + \lambda_{\text{CH}_3\text{COO}^-}}$$

9) Compte tenu des valeurs des conductivités molaires ioniques à la température de 20 °C, calculer les concentrations des différentes espèces ioniques. Compléter les lignes 3 et 4 du tableau en annexe 1. (Ne pas détailler les calculs)

Nom	Symbole	λ ($\text{S} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$)
oxonium	$\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$	$315 \cdot 10^{-4}$
éthanoate	$\text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq})$	$36,8 \cdot 10^{-4}$

10) A l'aide de la relation du 4), calculer le taux d'avancement final de la réaction et compléter l'avant dernière ligne du tableau en annexe 1. (Ne pas détailler les calculs)

11) Le taux d'avancement dépend-il de la concentration initiale en réactif ?

5. INFLUENCE DES CONCENTRATIONS INITIALES SUR LA CONSTANTE D'EQUILIBRE

$$K = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq})]_f \cdot [\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})]_f}{[\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq})]_f C^0}$$

1) Montrer que pour la réaction entre l'acide éthanoïque et l'eau la constante d'équilibre K se note :

2) A l'aide du tableau d'avancement, trouver la relation entre $n(\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq}))_f$; $n(\text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq}))_f$ en solution à l'équilibre, et la quantité initiale d'acide éthanoïque introduit $n_0(\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq}))$.

3) Montrer que la relation entre $[\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq})]_f$; $[\text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq})]_f$ et $C_{\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq})}$ s'écrit :

$$[\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq})]_f = C_{\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq})} - [\text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq})]_f$$

4) Compléter la ligne 5 du tableau en annexe 1. **(Ne pas détailler les calculs)**

5) Etablir l'expression donnant la constante d'équilibre K en fonction de $[H_3O^+]_f$ et de la concentration $C_{CH_3COOH(aq)}$:

$$K = \frac{[H_3O^+]_f^2}{(C_{CH_3COOH(aq)} - [H_3O^+]_f) \cdot C^0}$$

6) Calculer K et compléter la dernière ligne du tableau en annexe 1. **(Ne pas détailler les calculs)**

7) La valeur du quotient de réaction à l'équilibre dépend-il de la concentration initiale en réactif ?

6. INFLUENCE DE LA NATURE DES REACTIFS

- On s'intéresse aux réactions entre les acides éthanoïque, méthanoïque et benzoïque respectivement avec l'eau. Les trois acides sont notés AH.

- A l'équilibre, le quotient de réaction est défini par la relation : $K = \frac{[H_3O^+]_f \cdot [A^-]_f}{[AH]_f \cdot C^0}$

1) Mesurer la conductivité de V = 50 mL de solutions aqueuses d'acides éthanoïque (prendre la solution S₃), méthanoïque et benzoïque, de concentration identiques de soluté apporté: $C_{AH(aq)} = 1 \text{ mmol.L}^{-1}$. Compléter le tableau en annexe 2. **(Ne pas détailler les calculs)**

2) La nature de l'acide a-t-elle une influence sur la valeur du quotient de réaction à l'équilibre ?

DONNEES :

On donne les formules suivantes pour compléter le tableau :

$$[H_3O^+]_f = [A^-]_f = \frac{\sigma}{\lambda_{H_3O^+} + \lambda_{A^-}}$$

$$K = \frac{[H_3O^+]_f^2}{(C_{AH(aq)} - [H_3O^+]_f) \cdot C^0}$$

Conductivités molaires ioniques :

Nom	Symbole	λ (S. m ² . mol ⁻¹)
oxonium	$H_3O^+_{(aq)}$	$315 \cdot 10^{-4}$
méthanoate	$HCOO^-_{(aq)}$	$49,1 \cdot 10^{-4}$
benzoate	$C_6H_5COO^-_{(aq)}$	$29,1 \cdot 10^{-4}$