

TP n°08 : Équilibres chimiques et quotient de réaction

I. Contexte du sujet

« L'idée que l'évolution d'un système possède une direction privilégiée est familière. Le transfert de chaleur d'un corps chaud vers un corps froid, la diffusion d'une goutte de colorant dans un verre d'eau, la transformation du bois en gaz et en cendres lors de sa combustion, la corrosion de métaux au contact de l'atmosphère ou de l'eau : autant de phénomènes physiques et chimiques, qui appartiennent à l'expérience de tous. »

Extrait de « Équilibre chimique : Une limite inexorable vaincue par la vie » de Ludovic Jullien

Pourquoi certaines réactions chimiques ne sont-elles pas totales et l'état final du système dépend-il alors de sa composition initiale ?

II. Documents à disposition.

Doc n°1 : Quelques données

Acide éthanóique/ion éthanóate : $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}/\text{CH}_3\text{CO}_2^-$ Couples de l'eau : $\text{H}_2\text{O}/\text{HO}^-$ et $\text{H}_3\text{O}^+/\text{H}_2\text{O}$

Conductivités molaires ioniques : $\lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} = 3,50 \cdot 10^{-2} \text{ S} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$ et $\lambda_{\text{CH}_3\text{CO}_2^-} = 4,09 \cdot 10^{-3} \text{ S} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$

Doc n°2 : Transformation totale ou non totale

- Le taux d'avancement est défini par $\tau = \frac{x_f}{x_{\max}}$
où x_f est l'avancement final de la réaction et x_{\max} l'avancement maximum si la réaction est totale.
- Pour une transformation totale $x_f = x_{\max}$ et $\tau = 1$. On utilise une flèche simple dans l'équation de la réaction.
- Pour une transformation non totale $x_f < x_{\max}$ et $\tau < 1$. On utilise une flèche double dans l'équation de la réaction.

Doc n°3 : Quotient de réaction

- Pour une réaction chimique $\alpha A + \beta B \rightleftharpoons \gamma C + \delta D$, le quotient de réaction est le rapport $Q_r = \frac{\left(\frac{[C]}{c^\circ}\right)^\gamma \times \left(\frac{[D]}{c^\circ}\right)^\delta}{\left(\frac{[A]}{c^\circ}\right)^\alpha \times \left(\frac{[B]}{c^\circ}\right)^\beta}$

Les solvants et les solides n'interviennent pas dans le quotient de réaction.

- À l'équilibre, $Q_{r,\text{eq}} = K$ où K est la constante d'équilibre associée à la réaction.

III. Matériel à disposition

- Un conductimètre + solution étalon
- Un pH-mètre
- 6 béchers de 25 mL.
- 1 pipette jaugée de 10,0 mL
- 1 pipette jaugée de 5,0 mL
- 2 fioles jaugées de 100,0 mL

- 1 pissette d'eau distillée.
- 1 solution d'acide éthanóique à $C_1 = 1,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
- 1 pot contenant de l'éthanóate de sodium + spatule
- Notices pour étalonner le conductimètre et utiliser Excel.
- Au bureau : un flacon d'acide éthanóique pur.

III. Travail à effectuer.

A- Étude d'une solution d'acide éthanóique.

Une solution d'acide éthanóique de concentration $C_1 = 1,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ est obtenue par ajout de 0,10 mol d'acide éthanóique dans $V = 1,0$ litre d'eau.

S'APPROPRIER

1°- Écrire l'équation de la réaction entre l'acide éthanóique et l'eau et compléter de manière littérale (en fonction de C_1 et V), le tableau d'avancement correspondant.

EI	0				
en cours	x				
EF	x_f				

2°- a- Donner l'expression de x_{\max} si la réaction est totale.

b- Exprimer la concentration en ion oxonium attendue dans la solution si la réaction est totale ?

En déduire le pH_{att} attendu de la solution .

c- Quelle serait alors la composition du système à l'état final en fonction de C_1 ?

3°- a- Exprimer x_f en fonction de la concentration en ions oxonium si la réaction n'est pas totale.

En déduire l'expression du taux d'avancement final de la réaction.

b- Déterminer la composition du système à l'état final en fonction de C_1 et $[\text{H}_3\text{O}^+]_f$.

RÉALISER

- Verser de la solution d'acide éthanóique à $1,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ dans un bécher de 25 mL et mesurer son pH.
- Ajouter une pointe de spatule d'éthanoate de sodium ($\text{CH}_3\text{CO}_2\text{Na}$) dans le bécher et le laisser se dissoudre. Mesurer à nouveau le pH de la solution dans le bécher.
- Ajouter quelques gouttes d'acide éthanóique pur dans le bécher (appeler le professeur pour qu'il le fasse) et mesurer à nouveau le pH de la solution dans le bécher.

4°- a- Le $\text{pH}_{\text{réel}}$ est-il cohérent avec celui calculé précédemment ? Que pouvez-vous en conclure concernant la réaction chimique ? Justifier en raisonnant sur la quantité d'ions oxonium.

L'équation de la réaction est-elle correctement écrite dans le tableau d'avancement ?

b- Comment évolue le pH après ajout d'éthanoate de sodium dans la solution ? Proposer une explication.

c- Comment évolue le pH après ajout d'acide éthanóique dans la solution ? Proposer une explication.

Conclusion :

a- Quel est la particularité de l'état final d'un système chimique, siège d'une transformation non totale ?

b- Proposer une explication au fait que certaines transformations chimiques ne sont pas totales.

B- Influence de la composition initiale sur le taux d'avancement et le quotient de réaction à l'état final.

Pour étudier l'influence de la composition initiale du système chimique, on réalise plusieurs solutions d'acide éthanóique.

RÉALISER

Appel 1 : Appeler le professeur pour vérifier le matériel choisi AVANT son utilisation.

- À partir de la solution S_1 d'acide éthanóique de concentration en soluté apporté $C_1 = 1,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$, préparer, en précisant le matériel à utiliser, les solutions S_2 et S_3 de concentration respective $C_2 = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ et $C_3 = 5,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$.
- Préparer un tableau de mesures et mesurer la conductivité des 3 solutions ($u(\sigma) = 1 \mu\text{S.cm}^{-1}$). Attention, rincer le bécher avec un peu de solution.

S'APPROPRIER

- 5°- Exprimer la conductivité d'une solution S_i d'acide éthanoïque en fonction de la concentration en ion oxonium. En déduire l'expression de la concentration en ions oxonium en fonction de la conductivité et préciser son unité.
- 6°- a- Donner l'expression de $Q_{r,eq}$ en fonction des concentrations des différentes espèces. Puis en fonction de C_1 et de la concentration en ion oxonium.
Quelle est alors l'unité des concentrations ? Que faut-il alors faire avant de calculer $Q_{r,eq}$?
b- Comment appelle-t-on ce quotient ?

Appel 2 : Appeler le professeur pour vérifier vos réponses.

- 7°- À l'aide des réponses aux questions 3a et 3b et des réponses précédentes, saisir la formule de calcul adaptée dans les cellules correspondantes de la feuille de calcul Excel (à télécharger sur Pearltrees) afin de calculer le taux d'avancement final et le quotient de réaction à l'équilibre pour chaque solution.

Conclusion : La composition du système a-t-elle une influence sur le taux d'avancement final et sur le quotient de réaction à l'équilibre ?

Appel 3 : Appeler le professeur pour vérifier votre fichier Excel et votre conclusion.

Note : /5

compétence	Coefficient	Niveau validé			
		A	B	C	D
<i>ANA 1 Matériel dilution</i>	0,5				
<i>CON 2 Mobiliser des savoirs-faire</i>	1				
<i>REA 3 Utiliser correctement Excel</i>	2				
<i>REA 2 Suivre les consignes</i>	1				