



Série N°2 : Une transformation non totale d'un système chimique

Exercice 1 – Couples acide/base Niveau : ★

A) Compléter le tableau suivant.

Couple	Acide	Base conjuguée
$\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$		
$\text{H}_3\text{O}^+/\text{H}_2\text{O}$		
$\text{H}_2\text{O}/\text{HO}^-$		
$\text{HCO}_3^-/\text{CO}_3^{2-}$		
$\text{HCO}_2\text{H}/\text{HCO}_2^-$		
$\text{CH}_3\text{NH}_4^+/\text{CH}_3\text{NH}_2$		

1. Écrire la demi-équation de chaque couple.
2. Identifier l'espèce ampholyte présente dans le tableau.
3. Expliquer pourquoi l'eau peut jouer le rôle d'un acide ou d'une base.

B) Écrire l'équation de la réaction acido-basique susceptible de se produire entre les espèces suivantes :

1. NH_4^+ et HO^- .
2. $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$ et NH_3 .
3. H_3O^+ et CO_3^{2-} .
4. HCO_3^- et HO^- .

Pour chaque réaction, préciser les deux couples acide/base mis en jeu.

C) Écrire la réaction des acides suivants sur l'eau : L'acide hypochloreux HClO . L'ion hydrogénosulfite HSO_4^- . L'eau H_2O . L'ion ammonium NH_4^+ .

Exercice 2 – Calcul du pH Niveau : *

1) Calculer le pH des solutions suivantes :

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 1,0 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}, \quad ; \quad [\text{H}_3\text{O}^+] = 7,4 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 2,0 \times 10^{-8} \text{ mol L}^{-1} \quad ; \quad [\text{H}_3\text{O}^+] = 3,2 \times 10^{-12} \text{ mol L}^{-1}.$$

Classer ensuite ces solutions de la plus acide à la moins acide.

2) Déterminer la concentration en ions oxonium des solutions dont les pH sont :

$$pH = 2,35, \quad pH = 4,80, \quad pH = 7,20, \quad pH = 11,50.$$

Pour chaque solution, indiquer si elle est acide, neutre ou basique à 25 °C.

Exercice 3 – taux d'avancement final Niveau : **

L'équation chimique modélisant la transformation d'un système contenant 0,02 mol de HF et 0,02 mol de $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ est : $\text{HF} + \text{C}_2\text{O}_4^{2-} \rightleftharpoons \text{F}^- + \text{HC}_2\text{O}_4^-$

1. Identifier les couples acide-base participant à cette réaction.
2. Sachant que le taux d'avancement final de cette réaction vaut $\tau = 0,76$, déterminer la composition molaire de ce système à l'équilibre dynamique.

Exercice 4 – taux d'avancement final et conductivité Niveau : **

Soit une solution d'acide éthanoïque CH_3COOH de concentration $C = 0,10 \text{ mol L}^{-1}$ et de conductivité $\sigma = 4,9 \times 10^{-1} \text{ mS m}^{-1}$.

1. Écrire la réaction de l'acide éthanoïque sur l'eau.
Indiquer les couples acide-base participant à cette réaction.
2. Donner l'expression de la conductivité de la solution en fonction de la concentration des ions oxonium et des conductivités molaires ioniques.
3. Calculer la concentration des différents ions de la solution.
4. En déduire le pH de la solution.
5. Calculer le taux d'avancement final. Conclure.

Données : $\lambda_{\text{CH}_3\text{COO}^-} = 4,1 \text{ mS m}^2 \text{ mol}^{-1}$ $\lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} = 35 \text{ mS m}^2 \text{ mol}^{-1}$

Exercice 5 – Réaction acide fort base forte Niveau : ***

1. Soit un volume $V_1 = 50 \text{ mL}$ d'une solution d'acide nitrique HNO_3 de concentration $C_1 = 5,0 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$. Sachant que cette réaction est totale :

- (a) Écrire l'équation de la réaction de l'acide nitrique sur l'eau.
- (b) Calculer la concentration des ions oxonium.
- (c) Calculer la quantité de matière des ions oxonium.

2. Soit une solution d'hydroxyde de potassium (potasse) $\text{K}^+ + \text{HO}^-$ de volume $V_2 = 50 \text{ mL}$

Exercice 5 – Suite

et de concentration $C_2 = 3,0 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$. Calculer la quantité de matière initiale des ions hydroxyde dans cette solution.

3. On mélange les deux solutions. Le pH du mélange à l'équilibre est : $pH = 2,0$.

- Écrire l'équation de la réaction qui a lieu.
- Dresser le tableau d'avancement de cette réaction.
- Calculer le taux d'avancement final de la réaction.
- Conclure.

Exercice 6 – Étude de la conductance d'une solution Niveau : ★★★

L'acide bromhydrique est une solution de bromure d'hydrogène HBr dans l'eau.

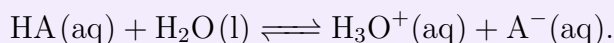
On mesure la conductivité d'une solution d'acide bromhydrique de concentration $C = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$ dans une cellule conductimétrique constituée de deux électrodes de platine de surface $S = 1 \text{ cm}^2$ et distantes d'une longueur $L = 1,0 \text{ cm}$, on trouve : $G = 4,28 \text{ mS}$.

- Donner la relation entre la conductance et la conductivité de la solution.
Préciser l'unité de la conductivité et calculer la conductivité de la solution.
- Écrire l'équation de dissolution du bromure d'hydrogène dans l'eau.
En déduire l'expression de la conductivité de la solution en fonction des concentrations des ions de la solution et des conductivités molaires ioniques de ces ions.
- Déterminer la concentration des ions oxonium dans la solution.
En déduire la valeur du pH.
- Calculer le taux d'avancement final de la réaction du bromure d'hydrogène avec l'eau.
Le bromure d'hydrogène est-il un acide fort ou un acide faible ?

Données : $\lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} = 3,5 \times 10^{-2} \text{ S m}^2 \text{ mol}^{-1}$ $\lambda_{\text{Br}^-} = 7,8 \times 10^{-3} \text{ S m}^2 \text{ mol}^{-1}$

Problème 1 – Étude complète d'un acide faible Niveau : ★★★

On prépare une solution S d'un acide faible HA de volume $V = 250 \text{ mL}$ et de concentration $C = 2,0 \times 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$. La réaction avec l'eau est :



La mesure du pH donne $pH = 2,95$.

- Identifier les couples acide/base mis en jeu.
- Dresser le tableau d'avancement.
- Calculer la quantité initiale de HA.
- Déterminer x_{max} .

Problème 1 – Suite

5. Calculer $[\text{H}_3\text{O}^+]_f$.
6. En déduire x_f .
7. Calculer le taux d'avancement final.
8. Conclure sur le caractère total ou limité de la transformation.
- 9 ; Déterminer les concentrations finales $[\text{HA}]_f$, $[\text{H}_3\text{O}^+]_f$ et $[\text{A}^-]_f$.
10. Expliquer pourquoi les réactifs et les produits coexistent à l'état final.
11. Donner la relation entre les vitesses directe et inverse à l'équilibre.

Problème 2 – Dilution, pH et taux d'avancement final Niveau : ★★★

L'acide lactique, de formule $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$, est utilisé en solution pour ses propriétés bactéricides.

1. Quelle est la base conjuguée de l'acide lactique ?
Écrire la demi-équation acido-basique associée à ce couple.
2. On lit sur l'étiquette d'une bouteille de solution commerciale d'acide lactique les indications suivantes :
 - Solution S_0 d'acide lactique ;
 - Pourcentage massique en acide lactique : 85 % ;
 - Masse volumique : $\rho = 1,20 \times 10^3 \text{ g L}^{-1}$;
 - Masse molaire : $M = 90 \text{ g mol}^{-1}$.

À partir de S_0 , on prépare une solution S d'acide lactique de concentration C et de volume $V = 1,00 \text{ L}$. Pour cela, on verse un volume $V_0 = 5,0 \text{ mL}$ de solution commerciale S_0 dans une fiole jaugée de $1,00 \text{ L}$, puis on complète avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

- (a) Calculer la concentration C de la solution ainsi obtenue.
- (b) Écrire l'équation de la réaction de l'acide lactique avec l'eau.
3. On verse un volume V de cette solution dans un bécher et on mesure son pH.
On obtient : $\text{pH} = 2,57$. Calculer le taux d'avancement final de la réaction.
Conclure sur le caractère total ou limité de la transformation.

Problème 3 – Étude expérimentale d'une transformation limitée Niveau : ★★★

Au cours d'une séance de travaux pratiques, un professeur propose à ses élèves de déterminer la valeur du taux d'avancement final d'une transformation en effectuant une mesure pH-métrique et une mesure conductimétrique.

1. Solution de départ

Une solution commerciale, notée S_0 , d'un acide AH porte les indications suivantes.



Acide AH : $C_0 = 17,5 \text{ mol/L}$

R 36/R38 : Irritant pour la peau et les yeux

R 37 : Irritant pour les voies respiratoires

Pour la suite, et tant qu'il n'aura pas été identifié, l'acide contenu dans la bouteille sera noté AH et sa base conjuguée A^- .

- Donner la définition d'une espèce acide au sens de Brønsted.
- Quelles précautions doit-on prendre pour manipuler ce produit ?

2. Détermination du taux d'avancement final par pH-métrie

Dans une fiole jaugée de volume $V = 500,0 \text{ mL}$, partiellement remplie d'eau distillée, le professeur verse avec précaution $1,00 \text{ mL}$ de la solution commerciale S_0 d'acide AH , puis complète jusqu'au trait de jauge.

La solution obtenue est notée S_1 .

- Déterminer la concentration molaire C_1 de la solution S_1 .
- Dresser le tableau d'avancement de la réaction entre l'acide AH et l'eau.

Compléter les états :

- initial ;
- intermédiaire ;
- final ;
- maximal.

Le tableau sera exprimé en fonction de C_1 , V , x , x_f et $x_{\max}$.

- Après étalonnage du pH-mètre, les élèves mesurent : $pH = 3,1$. Déterminer la valeur de l'avancement final x_f .
- La transformation associée à la réaction de l'acide AH avec l'eau est-elle totale ou limitée ? Justifier.
- Calculer le taux d'avancement final $\tau_1 = \frac{x_f}{x_{\max}}$.
- Les élèves disposent d'un tableau donnant quelques valeurs du taux d'avancement final pour différents acides de même concentration C_1 .
Identifier l'acide contenu dans la solution S_0 .

Problème 3 – Suite

Acide contenu dans la solution	Valeur du taux d'avancement
Acide méthanoïque HCOOH	0,072
Acide éthanoïque CH_3COOH	0,023
Acide propanoïque $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$	0,018

3. Détermination du taux d'avancement final par conductimétrie

Dans une seconde partie de la séance, le professeur fournit une solution aqueuse S_2 du même acide, de concentration $C_2 = 5,0 \times 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$.

Les élèves réalisent une mesure conductimétrique sur un volume V de cette solution et obtiennent : $\sigma = 1,07 \times 10^{-2} \text{ S m}^{-1}$.

La réaction étudiée est toujours celle de l'acide AH avec l'eau.

- Donner l'expression de la conductivité σ en fonction des concentrations finales $[\text{H}_3\text{O}^+]_{2,f}$ et $[A^-]_{2,f}$. En déduire une expression de σ ne faisant intervenir que $[\text{H}_3\text{O}^+]_{2,f}$ et les conductivités molaires ioniques.
- Calculer la concentration finale $[\text{H}_3\text{O}^+]_{2,f}$.
- Calculer le taux d'avancement final τ_2 .
- Comparer τ_2 à τ_1 . Ce résultat était-il prévisible ? Justifier.

Données $\lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} = 3,5 \times 10^{-2} \text{ S m}^2 \text{ mol}^{-1}$ $\lambda_{A^-} = 4,1 \times 10^{-3} \text{ S m}^2 \text{ mol}^{-1}$