

Leçon N°3.1: Transformations chimiques qui ont lieu dans les deux sens.

I Réactions acide-Base

I.1 Définition de Bronsted

On appelle acide de Bronsted toute espèce chimique capable de céder un proton H^+ pendant une transformation chimique.

On appelle base de Bronsted toute espèce chimique capable de capter un proton H^+ pendant une transformation chimique.

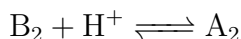
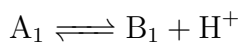
I.2 Notion de couple acide-base :

Un couple acide/Base (noté A/B) est constitué d'un acide A et sa base conjuguée B qui généralement liés par la demi-équation: $A \rightleftharpoons H^+ + B$

Exemples de quelques couples acide-base : CH_3COOH/CH_3COO^- ; NH_4^+/NH_3 ; H_3O^+/H_2O

I.3 Réactions acide-base :

Au cours d'une réaction acido-basique il y'a échange d'un proton H^+ entre deux couples acide-base : A_1/B_1 et A_2/B_2 L'équation de la réaction entre l'acide A_1 du 1er couple et la base B_2 du 2ème couple s'écrit :



Exemple :Ecrire l'équation de la réaction acide-base entre l'acide du couple CH_3COOH/CH_3COO^- et la base du couple NH_4^+/NH_3 .

II Introduction de la notion pH :

II.1 Définition:

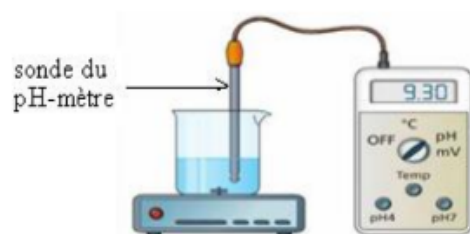
Les propriétés acido-basique d'une solution aqueuse dépendent de la concentration des ions oxonium H_3O^+ liée au pH de la solution par la relation suivante :

$$pH = -\log[H_3O^+] \Leftrightarrow [H_3O^+] = 10^{-pH}$$

Le pH est une grandeur sans unité.

II.2 Mesure du pH :

Pour mesurer le pH d'une solution on utilise le pH-mètre qui se compose d'une sonde de mesure reliée à un voltmètre électronique gradué en unité de pH. On doit étalonner le pH-mètre avant toute mesure.



III Avancement d'une réaction chimique:

III.1 Avancement final et l'avancement maximal :

L'avancement d'une réaction est la quantité de matière x des réactifs qui disparaît ou des produits qui se forme selon les coefficients stœchiométriques.

L'avancement maximal x_{max} est l'avancement qui correspond à la disparition du réactif limitant.

L'avancement final x_f est la valeur de l'avancement qui correspond à l'état final d'une réaction limitée.

III.2 Le taux d'avancement final d'une réaction chimique:

Le taux d'avancement finale d'une réaction chimique est le quotient de l'avancement final par l'avancement maximal.

$0 \leq \tau \leq 1$ Pour cette raison on l'exprime souvent en pourcentage %.

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

Le taux d'avancement est une grandeur sans unité.

- si $\tau = 1$; $x_f = x_{max}$ donc la réaction est totale.
- si $\tau < 1$; $x_f < x_{max}$ la réaction est limitée.

III.3 Détermination expérimentale du taux d'avancement final :

On introduit dans un bécher un volume $V = 500\text{cm}^3$ d'eau distillée et on lui ajoute un volume $V = 1\text{cm}^3$ d'une solution d'acide éthanóïque pure.

On mesure de le pH du mélange à l'aide d'un pH mètre et on obtient : $\text{pH}=3,1$.

La réaction de l'acide éthanóïque avec l'eau s'écrit: $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$

La densité de l'acide éthanóïque : $d=1,05$;

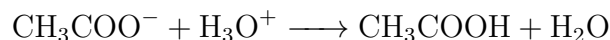
La masse volumique de l'eau : $\rho_{eau} = 1\text{g}/\text{cm}^3$.

La masse molaire de la molécule d'acide éthanóïque: $M(\text{CH}_3\text{COOH}) = 60\text{g}/\text{mol}$

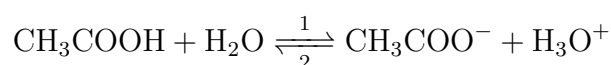
- 1) Déterminer la quantité de matière initiale de l'acide éthanóïque.
- 2) Dresser le tableau d'avancement de la réaction puis déterminer la valeur de l'avancement maximal.
- 4) Déterminer la valeur de l'avancement final. Quelle est votre conclusion.
- 5) Calculer le taux d'avancement final de la réaction.

IV Equilibre chimique d'un système chimique :

Les ions éthanóate CH_3COO^- réagissent avec les ions oxoniums H_3O^+ et cette réaction est aussi une réaction limitée.



C'est la réaction inverse de celle de l'acide éthanóïque avec l'eau. Ces deux réactions se produisent en même temps et conduisent à un équilibre chimique qu'on symbolise par deux flèches:



Lorsque l'équilibre chimique est atteint, les quantités de matière des réactifs et des produits ne varient pas et le système n'évolue plus. C'est ce qu'on appelle un état d'équilibre dynamique. On constate ceci à partir du tableau d'avancement.

Equation de la réaction		$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O} \xrightleftharpoons[2]{1} \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$			
états	avancement	quantité de Matière en mol			
Etat initial	0	$1,75 \cdot 10^{-2}$	-	0	0
Etat de transformation	x	$1,75 \cdot 10^{-2} - x$	-	x	x
Etat final	$x_f = 4 \cdot 10^{-4}$	$n_i - n_f = 1,71 \cdot 10^{-2}$	-	$4 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$

Lorsque l'équilibre est atteint la réaction apparait comme s'elle n'évolue plus.

Pour toute transformation limitée, l'écriture de l'équation chimique s'écrit avec deux flèches: \rightleftharpoons

Car la transformation est décrite microscopiquement par deux réactions inverses l'une de l'autre.

IV.1 Interpretation microscopique de l'état d'équilibre d'un système :

On considère le système chimique : $\text{A} + \text{B} \xrightleftharpoons[2]{1} \text{C} + \text{D}$.

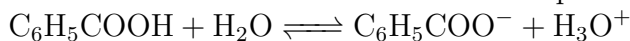
A l'état initial le système contient les espèces chimiques A et B, la réaction se produit dans le sens (1) avec la vitesse v_1 .

Au cours du temps l'avancement augmente , par conséquence :

- Les quantités des espèces A et B ainsi que les chocs entre elles diminuent donc diminution de v_1 .
- Les espèces C et D apparaissent et la réaction se produit dans le sens (2) avec la vitesse v_2 leur quantité ainsi que les chocs entre elles augmentent donc augmentation de v_2 .
- Lorsque les deux vitesses v_1 et v_2 s'égalisent: le système n'évolue plus. C'est l'état d'équilibre. Au niveau macroscopique le système ne semble pas évoluer

V Exercice d'application:

On considère une solution S d'acide benzoïque .L'équation de sa réaction avec l'eau s'écrit:



La mesure de sa conductivité a donné la valeur suivante: $\sigma = 36,1 \text{ mS/m}$.

1) Dresser le remplissage du tableau d'avancement suivant:

2) Donner l'expression de la conductivité σ du mélange réactionnel en fonction de $\lambda_{\text{H}_3\text{O}^+}$; $\lambda_{\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-}$ du volume V de la solution et l'avancement final x_f .

3) Déterminer la valeur de l'avancement final de la dissociation de l'acide benzoïque dans l'eau.

On donne: $\lambda_{\text{H}_3\text{O}^+} = 35 \text{ mS.m}^2/\text{mol}$; $\lambda_{\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-} = 3,23 \text{ mS.m}^2/\text{mol}$

4) En déduire les concentrations molaires finales de H_3O^+ et $\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-$.

5) Calculer le pH de la solution obtenue .

6) Déterminer le taux d'avancement final sachant que la concentration de la solution est : $C = 1,18 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$