

APPLICATION DE LA LOI D'ACTION DE MASSE AUX REACTIONS ACIDE BASE

Prérequis.

- 1- Rappeler la définition d'un monoacide selon Bronsted.
- 2- Rappeler la définition d'une monobase selon Bronsted.
- 3- a- Quelle est la base conjuguée de l'acide AH.
b- Ecrire le couple acide base correspondant.
c- Ecrire l'équation formelle du couple acide/base AH/A^-
- 4 – a- Définir une réaction acide base.
b- On fait réagir l'acide fluorhydrique HF sur l'ammoniac NH_3 .

Ecrire les couples acide/base mis en jeu, ainsi que leurs équation formelles correspondante.
Etablir l'équation de la réaction acide base de cette transformation.

Mise en situation

Indonésie : le lac d'acide du Kawah Ijen

Le cratère du Kawah Ijen abrite un lac acide ovale d'un kilomètre de longueur, de 600 m de largeur et couleur turquoise due à l'extrême acidité de ses eaux, ce qui lui vaut d'être considéré comme le lac le plus acide du monde avec un potentiel hydrogène avoisinant 0,2. Autour du lac des fumarolles brûlantes déposent environ 10 tonnes de soufre par jour.



Une grande partie des gaz volcaniques se dissout dans les eaux du lac. Ceci lui confère une acidité extrême. Il constitue probablement, la plus grande réserve naturelle d'acide chlorhydrique et sulfurique au monde.

De temps à autres, il arrive que le gaz riche en acide forme d'énormes bulles qui, éclatant à la surface, créent de véritables raz de marée à l'intérieur du cratère.

En 1976, 49 porteurs trouvèrent la mort lors d'un tel événement, en 1989, 29 autres succombèrent des effets du gaz.

- Comment peut-on savoir si l'acide sulfurique et l'acide chlorhydrique sont deux acides faibles ou forts ?
- Comment peut-on comparer la force de deux acides ?

Mon hypothèse

I- Application de la loi d'action de masse à l'ionisation propre de l'eau.

Activité 1 : Expression de la loi d'action de masse.

- 1- Ecrire l'équation de la réaction de l'ionisation propre de l'eau.
- 2- Déduire les couples acide/base mis en jeux.
- 3- Ecrire l'expression de la fonction des concentrations usuelle.
- 4- Quelle est à 25°C la valeur du produit ionique de l'eau ?
- 5- Déduire à 25°C la valeur de la constante d'équilibre de la réaction d'ionisation propre de l'eau.
- 6- On donne le tableau suivant :

$\theta^\circ(\text{C})$	0	25	40	60	80
Ke	$1,1 \cdot 10^{-15}$	$1 \cdot 10^{-14}$	$3 \cdot 10^{-14}$	10^{-13}	$2,510^{-13}$

- a- Comment varie la constante d'équilibre de la réaction de l'ionisation propre de l'eau.
- b- Déduire le caractère énergétique de la réaction (1) et de la réaction (-1).

Activité 2 : Condition d'évolution spontanée.

A quelle condition la réaction d'ionisation propre de l'eau évolue spontanément dans le sens (1) ou dans le sens (-1) ?

II- Réactions acide/base et loi d'action de masse.

1- Expression de la loi d'action de masse.

Activité 3 :

Considérons la réaction acide base : $\text{Acide1} + \text{Base2} \rightleftharpoons \text{Acide2} + \text{Base1}$

- 1-
 - a- Ecrire l'expression de la fonction des concentrations correspondante.
 - b- Ecrire la loi d'action de masse correspondante.
- 2- On fait réagir les ions carbonates CO_3^{2-} sur l'iodure d'hydrogène HI.
 - a- Ecrire l'équation de la réaction acide base.
 - b- Ecrire l'expression de la constante d'équilibre de la réaction acide base.

2- Valeur de la constante d'équilibre d'une réaction acide base.

Activité 4

- 1- La constante d'équilibre de la réaction : $\text{NH}_3 + \text{HI} \xrightleftharpoons[(-1)]{(1)} \text{NH}_4^+ + \text{I}^-$ est égale à $2 \cdot 10^{19}$.
 - a- Laquelle des réaction (1) ou (-1) est pratiquement totale ?
 - b- Laquelle des réaction (1) ou (-1) est pratiquement impossible ?
 - c- Quelle est la valeur du taux d'avancement final de cette réaction.
- 2- La constante d'équilibre de la réaction : $\text{CH}_3\text{NH}_3^+ + \text{Cl}^- \xrightleftharpoons[(-1)]{(1)} \text{CH}_3\text{NH}_2 + \text{HCl}$ est égale à $2 \cdot 10^{-15}$.
 - a- Laquelle des réaction (1) ou (-1) est pratiquement totale ?
 - b- Laquelle des réaction (1) ou (-1) est pratiquement impossible (extrêmement limité) ?
 - c- Quelle est la valeur du taux d'avancement final de cette réaction.
- 3- La constante d'équilibre de la réaction : $\text{NH}_4^+ + \text{CH}_3\text{CO}_2^- \xrightleftharpoons[(-1)]{(1)} \text{NH}_3 + \text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$ est égale à $3 \cdot 10^{-5}$.

- a- La valeur de K est elle trop élevée, moyenne ou trop faible ?
 b- Les réaction (1) ou (-1) peuvent-ils avoir lieu ?
 d- Que peut-on dire de la valeur du taux d'avancement final de cette réaction.

3- Condition d'évolution spontanée.

Activité 5

La constante d'équilibre de la réaction : $\text{NH}_4^+ + \text{CH}_3\text{CO}_2^- \xrightleftharpoons[(-1)]{(1)} \text{NH}_3 + \text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$ est égale à $3 \cdot 10^{-5}$.

On considère les systèmes suivants :

- a- $[\text{NH}_4^+] = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$; $[\text{CH}_3\text{CO}_2^-] = 0,2 \text{ mol.L}^{-1}$;
 $[\text{NH}_3] = 5 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$; $[\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}] = 5 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$
 b- $[\text{NH}_4^+] = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$; $[\text{CH}_3\text{CO}_2^-] = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$;
 $[\text{NH}_3] = 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$; $[\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}] = 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$

- 1- Déterminer la réaction possible dans chaque cas.
 2- Dédurre une généralisation.



III- Classification des acides et des bases.

1- Acide fort

Activité 6

La mesure du pH d'une solution aqueuse de chlorure d'hydrogène HCl de concentration molaire $C = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$, donne $\text{pH} = 2$

- a- Compléter le tableau descriptif d'évolution du système réalisé.

		$\text{HCl} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Cl}^- + \text{H}_3\text{O}^+$			
Etat du système	Avancement en mol	Quantité de matière en mol			
initial					
en cours					
final					

- b- Calculer le taux d'avancement final de la réaction du chlorure d'hydrogène avec l'eau. Le chlorure d'hydrogène est-il un acide fort ou un acide faible ?

2- Acide faible

Activité 7

La mesure du pH d'une solution aqueuse d'acide éthanóique CH_3COOH de concentration molaire $C = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$, donne $\text{pH} = 3,4$

- a- Compléter le tableau descriptif d'évolution du système réalisé.

		$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_3\text{O}^+$			
Etat du système	Avancement en mol	Quantité de matière en mol			
initial					
en cours					
final					

- b- Calculer le taux d'avancement final de la réaction de l'acide éthanóique avec l'eau. L'acide éthanóique est-il un acide fort ou un acide faible ?

3- Base forte

Activité 8

La mesure du pH d'une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration molaire $C=10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$, donne $\text{pH}=12$



a- Compléter le tableau descriptif d'évolution du système réalisé.

		$\text{NaOH}_{sd} \rightleftharpoons$		
Etat du système	Avancement en mol	Quantité de matière en mol		
initial				
en cours				
final				

c- Calculer le taux d'avancement final de la réaction de l'hydroxyde de sodium avec l'eau. L'hydroxyde de sodium est-il une base forte ou une base faible ?

4- Base faible

Activité 9

La mesure du pH d'une solution aqueuse d'ammoniac de concentration molaire $C=10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$, donne $\text{pH}=10,6$

a- Compléter le tableau descriptif d'évolution du système réalisé.

		\rightleftharpoons		
Etat du système	Avancement en mol	Quantité de matière en mol		
initial				
en cours				
final				

d- Calculer le taux d'avancement final de la réaction de l'ammoniac avec l'eau. L'ammoniac est-il une base forte ou une base faible.

5- Choix du couple de référence

Activité 10

La mesure du pH d'une solution aqueuse (S_1) d'acide méthanoïque de concentration molaire $C_1 = 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$, d'une solution aqueuse (S_2) d'acide éthanoïque de concentration $C_2 = 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ et d'une solution (S_3) d'acide éthanoïque de concentration $C_3 = 5.10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ donnent les valeurs : $\text{pH}(S_1) = 2,4$, $\text{pH}(S_2) = 3,9$ et $\text{pH}(S_3) = 3$.

- Calculer le taux d'avancement final de la réaction de chacun des deux acides avec l'eau.
- Lequel des deux acides, est celui qui a subi l'ionisation la plus importante ?
- Peut-on se prononcer quant à la force de chacun des deux acides ?

Couple acide/base de référence.

Pour comparer tous les acides connus entre eux, on adopte la comparaison de chacun à un même acide de référence.

On convient de choisir l'ion hydronium H_3O^+ (acide conjugué de la base H_2O) comme acide de référence. Le couple acide/base de référence est donc $\text{H}_3\text{O}^+ / \text{H}_2\text{O}$.

Activité 11

Quand est ce qu'un acide est dit fort, inerte ou faible ?

6- La constante d'acidité d'un couple acide/base

6-1 Définitions

6-2 Valeur de la constante d'acidité de quelques couples acide base.

Activité 12

a. Déterminer à 25°C la constante d'acidité et le pKa correspondant des couples acide/base:



b. Compléter le tableau suivant :

Force de l'acide	Acide	Base conjuguée	Ka	pKa
	HI		10^{10}	
	HCl			-7
		NO_3^-	10^2	
Référence	H_3O^+		55,35	-1,74
		NO_2^-	5.10^{-4}	
	CH_3COOH			4,75
		NH_3	$5,6.10^{-6}$	
Référence	H_2O		$1,8. 10^{-16}$	15,74
	CH_3OH		$1,26. 10^{-16}$	

6-3 Conclusion

Activité 13

- Que peut-on conclure quant à la tendance que possède des acides à concentration initiale égale à libérer un proton H^+ et la valeur d son Ka ?
- Que peut-on conclure quant à la force d'un acide et la valeur d son Ka ?

7- La constante de basicité d'un couple acide/base

7-1 Définitions

7-2 Valeur de la constante d'acidité de quelques couples acide base.

Activité 14

Compléter le tableau suivant :

Force de la base	Base	Acide conjugué	Kb	pKb
	HSO_4^-			18
	HCl			-7
Référence	H_2O	H_3O^+	$1,8 \cdot 10^{-16}$	15,74
	NO_2^-		$2 \cdot 10^{-11}$	
		CH_3COOH		9,25
		HClO		7,5
Référence	OH^-	H_2O	55,35	-1,74
		NH_3	10^9	

7-3 Conclusion

Activité 15

- Que peut-on conclure quant à la tendance que possède des bases à concentration initiale égale à capter un proton H^+ et la valeur de son Kb ?
- Que peut-on conclure quant à la force d'une base et la valeur de son Kb ?

8- Relation entre la constante d'acidité et la constante de basicité d'un couple acide/base

Activité 16

Montrer que $K_a \cdot K_b = K_e$ et déduire $\text{p}K_a + \text{p}K_b = \text{p}K_e$

Activité 17

On donne à 25°C

$\text{HNO}_3/\text{NO}_3^-$: $K_a = 100$; $\text{HNO}_2/\text{NO}_2^-$; $K_b = 10^{10,7}$; HCl : $\text{p}K_a = -7$ et HClO/ClO^- : $\text{p}K_b = 6,5$.

- Classer les acides des ces couples par force d'acidité croissante.
- Classer les bases des ces couples par force d'acidité croissante.