EXERCICE III. L'EAU DISTILLÉE ET SON pH (4 points)
Antilles - Guyane 2009

Le but de cet exercice est de comprendre pourquoi le pH d'une eau distillée laissée à l'air libre diminue.

1. pH de l'eau pure à 25 °C

1.1. *Dans toute solution aqueuse se produit la réaction d'autoprotolyse de l'eau.*
Écrire l'équation de cette réaction.

1.2. Exprimer la constante d'équilibre K_e associée à l'équation précédente. Quel nom donne-t-on à cette constante K_e ?

1.3. *À 25°C, des mesures de conductivité électrique mont rent que pour de l'eau pure :*
$[H_3O^+]_{éq} = [HO^-]_{éq} = 1{,}0 \times 10^{-7}$ *mol.L*$^{-1}$.

1.3.1 Calculer la valeur de K_e à 25 °C .

1.3.2 Calculer la valeur du pH de l'eau pure à 25 °C.

2. Eau distillée laissée à l'air libre

De l'eau fraîchement distillée et laissée quelque temps à l'air libre dans un bécher, à 25 °C, voit so n pH diminuer progressivement puis se stabiliser à la valeur de 5,7. La dissolution lente et progressive dans l'eau distillée du dioxyde de carbone présent dans l'air permet d'expliquer cette diminution du pH. Un équilibre s'établit entre le dioxyde de carbone présent dans l'air et celui qui est dissous dans l'eau distillée noté CO_2, H_2O.
Dans la suite de l'exercice on ne tiendra pas compte de la réaction entre les ions hydrogénocarbonate $HCO_3^-(aq)$ et l'eau.
Le couple dioxyde de carbone dissous / ion hydrogénocarbonate est CO_2, H_2O / $HCO_3^-(aq)$.

2.1. *L'équation de la réaction entre le dioxyde de carbone dissous et l'eau s'écrit :*

$$CO_2, H_2O + H_2O(\ell) = HCO_3^-(aq) + H_3O^+.$$

Écrire les couples acido-basiques mis en jeu dans cette équation.

2.2. Exprimer la constante d'acidité K_A associée à l'équation précédente.

2.3. Montrer qu'à partir de l'expression de K_A on peut écrire :

$$pH = pK_A + \log\left([HCO_3^-]_{éq} / [CO_2, H_2O]_{éq} \right) \quad \text{relation (1)}$$

2.4. Sachant que $pK_A = 6{,}4$ et en utilisant la relation (1), calculer la valeur du quotient $[HCO_3^-]_{éq} / [CO_2, H_2O]_{éq}$ pour de l'eau distillée de pH = 5,7. Parmi les espèces CO_2, H_2O et $HCO_3^-(aq)$ quelle est celle qui prédomine dans de l'eau distillée de pH = 5,7 ? Justifier.

2.5. Tracer le diagramme de prédominance des espèces CO_2, H_2O et $HCO_3^-(aq)$.

2.6. Tableau d'avancement

2.6.1 Compléter littéralement le tableau d'avancement molaire donné en **annexe à rendre avec la copie** en fonction de V (volume considéré d'eau distillée) et de c (concentration molaire apportée en dioxyde de carbone de l'eau distillée).

2.6.2 Quelle est la relation entre $[HCO_3^-]_{éq}$ et $[H_3O^+]_{éq}$? En déduire la valeur de $[HCO_3^-]_{éq}$.

2.6.3 Déterminer la valeur de $[CO_2, H_2O]_{éq}$ en utilisant l'expression de la constante d'acidité établie à la question 2.2.

2.6.4 En déduire la valeur de c.

3. Influence de la composition atmosphérique

3.1. *Dans un mélange gazeux, comme l'air, chacun des gaz qui le constitue contribue à la pression du mélange proportionnellement à sa quantité de matière. C'est la pression partielle du gaz considéré.*
Exemple : si l'air contient en quantité 20% de dioxygène alors la pression partielle du dioxygène, notée p_{O_2} , vaut 20 % de la pression de l'air.
L'atmosphère terrestre possède actuellement un pourcentage moyen en quantité de CO_2 de 0,038 %.
Pour une pression atmosphérique de $1{,}013 \times 10^5$ Pa, à quelle pression partielle p_{CO_2} de CO_2 ce pourcentage moyen correspond-il ?

3.2. *La concentration d'un gaz dissous dans l'eau est proportionnelle à sa pression partielle quand l'équilibre du système chimique est atteint. Dans le cas du dioxyde de carbone on a :*

$$[CO_2, H_2O]_{éq} = k\, p_{CO_2} \text{ avec } k = 3{,}4 \times 10^{-7} \text{ mol.L}^{-1}\text{.Pa}^{-1}.$$

Pour un pourcentage moyen en quantité de CO_2 de 0,038% et pour une pression atmosphérique de $1{,}013 \times 10^5$ Pa, calculer la valeur de la concentration $[CO_2, H_2O]_{éq}$ dans une solution aqueuse quand l'équilibre entre le dioxyde de carbone atmosphérique et le dioxyde de carbone dissous est atteint.

3.3. En comparant la valeur précédente à celle obtenue à la question 2.6.3., indiquer sans calcul si l'air du laboratoire où a eu lieu la préparation de l'eau distillée possède un pourcentage en dioxyde de carbone plus petit ou plus grand que 0,038 %.

ANNEXE DE L'EXERCICE III

Question 2.6.1

Équation de la réaction		CO_2, H_2O + H_2O (ℓ) = HCO_3^-(aq) + H_3O^+			
État du système chimique	Avancement (mol)				
État initial (mol)	0		solvant	0	0
État intermédiaire (mol)	x		solvant		
État final (à l'équilibre) (mol)	$x_{éq}$		solvant		