

**Exercice 9 : l'eau et son pH**

(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 montrent que pour de l'eau pure :

$$[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}} = [\text{HO}^-]_{\text{eq}} = 1,0 \times 10^{-7} \text{ mol.L}^{-1}.$$

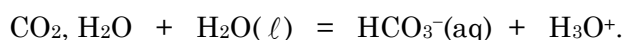
- 1.3.1 Calculer la valeur de  $K_e$  à 25 °C .
- 1.3.2 Calculer la valeur du pH de l'eau pure à 25 °C.

**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 son 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  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ . Dans la suite de l'exercice on ne tiendra pas compte de la réaction entre les ions hydrogénocarbonate  $\text{HCO}_3^-(\text{aq})$  et l'eau. Le couple dioxyde de carbone dissous / ion hydrogénocarbonate est  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  /  $\text{HCO}_3^-(\text{aq})$ .

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



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 :

$$\text{pH} = \text{p}K_A + \log ([\text{HCO}_3^-]_{\text{eq}} / [\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}]_{\text{eq}}) \quad \text{relation (1)}$$

- 2.4. Sachant que  $\text{p}K_A = 6,4$  et en utilisant la relation (1), calculer la valeur du quotient  $[\text{HCO}_3^-]_{\text{eq}} / [\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}]_{\text{eq}}$  pour de l'eau distillée de  $\text{pH} = 5,7$ . Parmi les espèces  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  et  $\text{HCO}_3^-(\text{aq})$  quelle est celle qui prédomine dans de l'eau distillée de  $\text{pH} = 5,7$  ? Justifier.
- 2.5. Tracer le diagramme de prédominance des espèces  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  et  $\text{HCO}_3^-(\text{aq})$ .
- 2.6. Tableau d'avancement

2.6.1 Compléter littéralement le tableau d'avancement molaire ci-dessous en fonction de V (volume considéré d'eau distillée) et de c (concentration molaire apportée en dioxyde de carbone de l'eau distillée).

Équation de la réaction		$\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}(\ell) = \text{HCO}_3^-(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+$			
État du système chimique	Avancement (mol)				
État initial (mol)	0		solvant	0	0
État intermédiaire (mol)	x		solvant		
État final (à l'équilibre) (mol)	$x_{\text{eq}}$		solvant		

- 2.6.2 Quelle est la relation entre  $[\text{HCO}_3^-]_{\text{eq}}$  et  $[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}}$ ? En déduire la valeur de  $[\text{HCO}_3^-]_{\text{eq}}$ .
- 2.6.3 Déterminer la valeur de  $[\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}]_{\text{eq}}$  en utilisant l'expression de la constante d'acidité établie à la question 2.2. 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 :

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

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  $[CO_2, H_2O]_{eq}$  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 %.