

3/ AUTOPROTOLYSE DE L'EAU :

Activité de découverte

correction

- ① Rappeler les couples acide/base de l'eau : $\text{H}_2\text{O}/\text{HO}^-$ et $\text{H}_3\text{O}^+/\text{H}_2\text{O}$
- ② Ecrire la réaction acido-basique qui peut exister entre deux molécules d'eau : $\text{H}_2\text{O}_{(l)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + \text{HO}^-_{(aq)}$
- ③ Quel est le pH de l'eau « pure » à 25°C ? $\text{pH} = 7$
En déduire sa concentration en ion oxonium : $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}}$ AN: $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1 \cdot 10^{-7} \text{ mol.L}^{-1}$
- ④ Sachant que toute solution est électriquement neutre, en déduire la concentration en ion hydroxyde de l'eau pure
Il y a autant de charge positives que de charges négatives donc : $[\text{HO}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-7} \text{ mol.L}^{-1}$
- ⑤ Sachant que la masse volumique de l'eau est $\rho = 1000 \text{ g.L}^{-1}$, calculer la quantité de matière de H_2O dans 1L d'eau :
- $n = \frac{m}{M}$ avec $m = \rho \times V$ AN: $n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{1000 \times 1}{18,8} = 55,5 \text{ mol}$
- ⑥ Pour la réaction ②, comparer les valeurs de x_{max} et x_f et conclure.

Equation de la réaction décrite à la question ② : $2 \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + \text{HO}^-_{(aq)}$

On commence par dresser le tableau d'avancement :

	$2 \text{H}_2\text{O}$	\rightarrow	H_3O^+	$+$	HO^-
Etat initial	55,5		0		0
Etat final si réaction totale	$55,5 - 2x_{\text{max}}$		x_{max}		x_{max}
Etat final réel	$55,5 - 2x_f$		x_f		x_f

Si réaction totale : $n_f(\text{H}_2\text{O}) = 0$ donc d'après le tableau : $55,5 - 2x_{\text{max}} = 0$ soit $x_{\text{max}} = 27,8 \text{ mol}$

Par ailleurs, d'après le tableau : $x_f = n_f(\text{H}_3\text{O}^+)$ avec $n_f(\text{H}_3\text{O}^+) = [\text{H}_3\text{O}^+] \times V$

D'après Q4 : $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-7} \text{ mol.L}^{-1}$ donc $x_f = 10^{-7} \times 1 = 1 \cdot 10^{-7} \text{ mol}$ (l'état initial correspond à 1L d'eau)

On en déduit que $x_f \ll x_{\text{max}}$ donc la réaction est très limitée.

Conclusion :

Dans toute solution aqueuse les molécules d'eau réagissent entre elles ce qui implique qu'il y a toujours présences d'ions oxonium H_3O^+ et hydroxyde HO^- . La réaction entre deux molécules d'eau (appelée autoprotolyse de l'eau et d'équation $2 \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+_{(aq)} + \text{HO}^-_{(aq)}$) est très limitée et mène à un équilibre de constante : $K_e = [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{éq}} \times [\text{HO}^-]_{\text{éq}}$
Cette constante ne dépend que de la température et a la même valeur pour toutes les solutions aqueuses (exemple à 25°C : $K_e = 1,0 \cdot 10^{-14}$). Il s'ensuit que les concentrations en ions oxonium H_3O^+ et hydroxyde HO^- sont liées l'une à l'autre (si l'une augmente, l'autre diminue ; si on connaît l'une, on peut déterminer l'autre).