

Faculté des sciences et Technologie
 Département des sciences de la matière
 M1 chimie Analytique
 Examen Final : chimie de l'eau.

Corrigé Type

Exercice 1: 05pts

1) Vérification de l'électroneutralité:

$$\sum [\text{cations}] = \sum [\text{anions}]$$

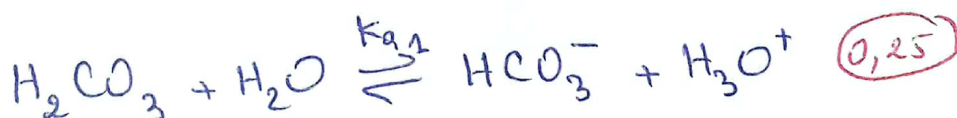
$$\begin{aligned} \sum [\text{cations}] &= 2[\text{Ca}^{2+}] + 2[\text{Mg}^{2+}] + [\text{Na}^+] + [\text{K}^+] + 2[\text{Fe}^{2+}] + 2[\text{Mn}^{2+}] \\ &= 2 \times \frac{5 \times 10^{-3}}{40,08} + 2 \times \frac{3 \times 10^{-3}}{24,31} + \frac{11 \times 10^{-3}}{22,99} + \frac{8 \times 10^{-3}}{39,10} + 2 \times \frac{0,3 \times 10^{-3}}{55,85} \\ &\quad + 2 \times \frac{0,05 \times 10^{-3}}{54,94} \Rightarrow \sum [\text{cations}] = 1,192 \times 10^{-3} \text{ mol/l} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum [\text{anions}] &= [\text{HCO}_3^-] + [\text{Cl}^-] + 2[\text{SO}_4^{2-}] + [\text{NO}_3^-] + 2[\text{SiO}_3^{2-}] \\ &= \frac{24,4 \times 10^{-3}}{61} + \frac{6 \times 10^{-3}}{35,45} + 2 \times \frac{10 \times 10^{-3}}{96,07} + \frac{15 \times 10^{-3}}{62} + 2 \times \frac{7 \times 10^{-3}}{76,08} \\ &= 1,204 \times 10^{-3} \text{ mol/l} \end{aligned}$$

La différence est faible, ce qui indique que l'électroneutralité est vérifiée.

2) Concentration de l'acide carbonique et l'alcalinité:

à pH = 6,3 l'équilibre est:



$$[\text{HCO}_3^-] = \frac{24,4 \times 10^{-3}}{61} = 0,4 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$K_{a_1} = \frac{[HCO_3^-] \times [H_3O^+]}{[H_2CO_3]} \Rightarrow [H_2CO_3] = \frac{[HCO_3^-] \cdot [H_3O^+]}{K_{a_1}}$$

$$\Rightarrow [H_2CO_3] = \frac{[HCO_3^-] \cdot 10^{-pH}}{10^{-pK_{a_1}}}$$

$$A.N : [H_2CO_3] = \frac{0,4 \times 10^{-3} \times 10^{-6,3}}{10^{-6,35}} \quad (0,5)$$

$$\Rightarrow [H_2CO_3] = 0,45 \times 10^{-3} \text{ mol/L} \quad (0,5)$$

$$* \text{ L'alcalinité} = [HCO_3^-] = 0,4 \times 10^{-3} \text{ mol/L} \quad (0,5)$$

3) La dureté de l'eau :

$$TH = [Ca^{+2}] + [Mg^{+2}] \quad (0,5)$$

$$\Rightarrow TH = \frac{5 \times 10^{-3}}{40,08} + \frac{3 \times 10^{-3}}{24,31}$$

$$\Rightarrow TH = 0,248 \times 10^{-3} \text{ mol/l} = \frac{0,248 \times 10^{-3}}{10^{-4}}$$

$$\Rightarrow TH = 2,48^\circ \quad (0,5)$$

Exercice 02: (5 pts)

1) $[Al^{3+}] = \frac{0,2 \times 10^{-3}}{26,98} = 7,41 \times 10^{-6} \text{ mol/l}.$ (0,5)

2) $[OH^-] = ?$ à $pH = 5,2$:

$pOH = 14 - pH \Rightarrow pOH = 14 - 5,2 = 8,8$ (0,25)

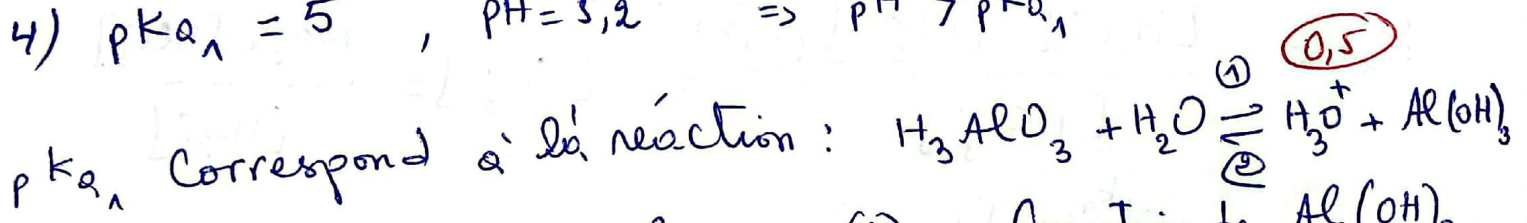
$[OH^-] = 10^{-pOH} \Rightarrow [OH^-] = 10^{-8,8} \Rightarrow [OH^-] = 1,58 \times 10^{-9} \text{ mol/L}$
(0,25) (0,25) (0,25)

3) $[Al^{3+}] \times [OH^-]^3 = ? \Rightarrow [Al^{3+}] \times [OH^-]^3 = 7,41 \times 10^{-6} \times (1,58 \times 10^{-9})^3$ (0,5)

$\Rightarrow [Al^{3+}] \times [OH^-]^3 = 2,83 \times 10^{-32}$ (0,5)

$[Al^{3+}] \times [OH^-]^3 > K_s \Rightarrow$ la précipitation de $Al(OH)_3$ (0,5)

4) $pK_{a1} = 5$, $pH = 5,2 \Rightarrow pH > pK_{a1}$



$pH > pK_{a1} \Rightarrow$ favorise la sens ① $\Rightarrow$ formation de $Al(OH)_3(s)$ (0,5)

5) On veut que: $[Al^{3+}] \cdot [OH^-] \leq K_s$ avec $[Al^{3+}] = 10^{-8}$ (0,25)

$\Rightarrow [OH^-]^3 \leq \frac{K_s}{[Al^{3+}]} \Rightarrow [OH^-]^3 \leq \frac{3 \times 10^{-34}}{10^{-8}} = 3 \times 10^{-26}$
(0,25)

$[OH^-]^3 \leq 3,11 \times 10^{-9} \text{ mol/L}$

$pOH = -\log(3,11 \times 10^{-9}) \approx 8,51 \Rightarrow pH = 14 - 8,51 = 5,49$ (0,25)

Il faut amener l'eau à $pH > 5,49$ pour que la précipitation réduise $[Al^{3+}]$ à $\leq 10^{-8} \text{ mol/L}$. (0,25)

Exercice 3 : (10 pts)

1) L'électroneutralité:

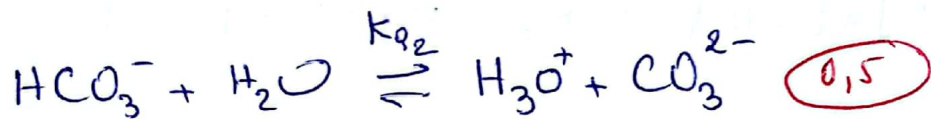
$$\sum [cations] = 2 [Ca^{2+}] + 2 [Mg^{2+}] \quad (0,5)$$

$$= 2 \times \frac{80 \times 10^{-3}}{40,08} + 2 \times \frac{24 \times 10^{-3}}{24,31} = 5,96 \times 10^{-3} \text{ mol/L} \quad (0,25)$$

$$\sum [anions] = [HCO_3^-] = \frac{183}{61,01} \times 10^{-3} = 3 \times 10^{-3} \text{ mol/L} \quad (0,25)$$

$5,96 \times 10^{-3} \neq 3 \times 10^{-3} \Rightarrow$ l'électroneutralité n'est pas vérifiée. (0,5)

2) $[CO_3^{2-}] = ?$



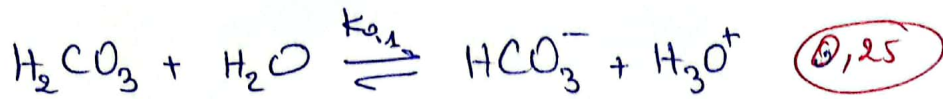
$$K_{a2} = \frac{[H_3O^+] \cdot [CO_3^{2-}]}{[HCO_3^-]} \Rightarrow [CO_3^{2-}] = \frac{K_{a2} \times [HCO_3^-]}{[H_3O^+]} \quad (0,25)$$

$$[CO_3^{2-}] = \frac{10^{-pK_{a2}} \times [HCO_3^-]}{10^{-pH}} \quad (0,25)$$

A.N

$$[CO_3^{2-}] = \frac{10^{-10,33} \times 3 \times 10^{-3}}{10^{-7,8}} = 8,85 \times 10^{-6} \text{ mol/L} \quad (0,25)$$

3) $[H_2CO_3] = ?$ à l'équilibre :



$$K_{a1} = \frac{[HCO_3^-] \cdot [H_3O^+]}{[H_2CO_3]} \Rightarrow [H_2CO_3] = \frac{[HCO_3^-] \cdot [H_3O^+]}{K_{a1}} \quad (0,25)$$

$$[H_2CO_3] = \frac{[HCO_3^-] \cdot [H_3O^+]}{10^{-pK_{a1}}} = \frac{[HCO_3^-] \cdot 10^{-pH}}{10^{-pK_{a1}}} \quad (0,25)$$

A.N : $[H_2CO_3] = \frac{3 \times 10^{-3} \times 10^{-7,8}}{10^{-6,35}} = 0,106 \times 10^{-3} \text{ mol/L} \quad (0,25)$

4) $[CO_2]_{\text{dissout}} = [H_2CO_3] = 0,106 \times 10^{-3} \text{ mol/L} \quad (0,5)$

5) L'alcalinité = $[HCO_3^-] + 2[CO_3^{2-}] \quad (0,5)$

$$\text{alcalinité} = 3 \times 10^{-3} + 2 \times 8,85 \times 10^{-6} = 3,0177 \times 10^{-3} \text{ mol/L} \quad (0,5)$$

6) La dureté : $TH = [Ca^{+2}] + [Mg^{+2}] \quad (0,5)$

$$\Rightarrow TH = \frac{80 \times 10^{-3}}{40,08} + \frac{24 \times 10^{-3}}{24,31} = 2,98 \times 10^{-3} \text{ mol/L} \quad (0,25)$$

$$TH (^\circ) = \frac{2,98 \times 10^{-3}}{10^{-4}} = 29,8^\circ F \quad (0,25)$$

7) $Q_s = [Ca^{+2}] \cdot [CO_3^{2-}] \quad (0,5)$ / $CaCO_3 \xrightleftharpoons{K_s} Ca^{+2} + CO_3^{2-} \quad (0,25)$

$$Q_s = \frac{80 \times 10^{-3}}{40,08} \times 8,85 \times 10^{-6} = 2 \times 10^{-3} \times 8,85 \times 10^{-6} = 1,77 \times 10^{-8} \quad (0,25)$$

et : $K_s = 4,8 \times 10^{-9}$ donc $Q_s > K_s \Rightarrow CaCO_3$ peut précipiter. (0,5)