

Interrogation écrite de chimie

Corrigé

Mercredi
20 septembre 2023

Test à l'eau de chaux

1) Composition de l'eau de chaux

On introduit dans un flacon un volume $V_0 = 50 \text{ mL}$ d'une eau de chaux à la concentration $C_0 = 0,010 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

On rappelle que l'eau de chaux est une solution aqueuse limpide d'hydroxyde de calcium $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

a) Décrire le système physico-chimique que constitue l'eau de chaux (rappel : il s'agit de la liste de toutes les espèces physico-chimiques que l'eau de chaux contient) :

Le système contient : $\text{H}_2\text{O}_{(\ell)}$, $\text{Ca}_{(\text{aq})}^{2+}$ et $\text{HO}_{(\text{aq})}^-$.

b) Donner la concentration des solutés contenues dans cette eau de chaux :

$$[\text{Ca}^{2+}] = C_0 = 0,010 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

$$[\text{HO}^-] = 2C_0 = 0,020 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

c) Donner la quantité de matière de chacun des solutés présents dans le flacon.

$$n_{\text{Ca}^{2+}} = [\text{Ca}^{2+}] \times V_0 = 5,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

$$n_{\text{HO}^-} = [\text{HO}^-] \times V_0 = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

2) Dioxyde de carbone CO_2

On dispose d'une seringue de volume $V_1 = 30 \text{ mL}$, entièrement remplie de gaz, à la pression $p_1 = 1,100 \text{ bar}$ et à la température $T = 298 \text{ K}$.

Le gaz est de l'air enrichi en dioxyde de carbone. La fraction molaire du CO_2 y est égale à $x = 0,150$.

a) Quelle est la pression partielle de CO_2 dans cette seringue ?

$$p_{\text{CO}_2} = x \cdot p_1 = 0,165 \text{ bar}$$

b) Déterminer la quantité de matière de CO_2 dans la seringue :

$$n_{\text{CO}_2} = \frac{p_{\text{CO}_2} V_1}{RT} = 2,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

c) Préciser si la quantité de matière et la pression partielle de CO_2 sont des grandeurs intensives ou extensives :

quantité de matière : extensive

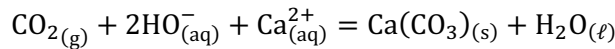
pression partielle : intensive

3) Trouble de l'eau de chaux

Le contenu de la seringue de la question 2 est injecté dans le flacon d'eau de chaux de la question 1.

Après agitation, on observe la formation, d'un précipité : l'eau de chaux se trouble.

On considérera que la seule réaction qui est responsable de l'apparition du trouble est l'équation (R) d'équation :



On note K° la constante d'équilibre de la réaction (R).

a) Donner l'expression du quotient réactionnel de la réaction (R) en fonction des **activités** des espèces physico-chimiques adéquates :

$$Q = \frac{a_{\text{Ca}(\text{CO}_3)_{(s)}} a_{\text{H}_2\text{O}_{(l)}}}{a_{\text{CO}_{2(g)}} a_{\text{HO}^-_{(aq)}}^2 a_{\text{Ca}^{2+}_{(aq)}}$$

b) En remplaçant les activités par leurs expressions approchées usuelles, notamment en considérant que l'eau de chaux se comporte comme une solution idéale infiniment diluée, donner l'expression du quotient réactionnel en fonction de grandeurs de composition intensives.

$$Q = \frac{p^\circ \cdot (c^\circ)^3}{p_{\text{CO}_2} \cdot [\text{HO}^-]^2 \cdot [\text{Ca}^{2+}]}$$

Préciser la valeur des grandeurs standard qui apparaissent dans l'expression de Q :

$$p^\circ = 1 \text{ bar}$$

$$c^\circ = 1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

c) Juste après injection du dioxyde de carbone, le quotient réactionnel vaut : $Q_0 = 200$. L'eau de chaux se trouble spontanément. Que peut-on en déduire quant à la valeur de la constante d'équilibre K° de la réaction (R) ?

Le trouble est dû à l'apparition de $\text{Ca}(\text{CO}_3)_{(s)}$: la réaction (R) évolue donc spontanément dans le sens direct depuis l'état initial. D'après le critère d'évolution cela signifie que $Q_0 < K^\circ$.

On peut donc affirmer : $K^\circ > 200$.

d) La réaction (R) se poursuit quasiment jusqu'à son avancement maximal. En déduire la quantité de matière de carbonate de calcium $\text{Ca}(\text{CO}_3)_{(s)}$ qui se forme. Préciser brièvement le raisonnement.

Pour déterminer la valeur de l'avancement maximal, il faut déterminer quel est le **réactif limitant**.

- si $\text{CO}_{2(g)}$ était limitant, sa quantité s'annulerait pour un avancement de $\frac{n_{\text{CO}_2,0}}{1} = 2,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$;

- si $\text{HO}^-_{(aq)}$ était limitant, sa quantité s'annulerait pour un avancement de $\frac{n_{\text{HO}^-}}{2} = 5,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$;

- si $\text{Ca}^{2+}_{(aq)}$ était limitant, sa quantité s'annulerait pour un avancement de $\frac{n_{\text{Ca}^{2+}}}{1} = 5,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

Conclusion : la plus petite de ces valeurs étant $2,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$, le réactif limitant est $\text{CO}_{2(g)}$ et

l'avancement maximal vaut $\xi_{\text{max}} = \frac{n_{\text{CO}_2,0}}{1} = 2,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$.

Par conséquent, par bilan de matière, il se forme, à l'avancement maximal, une quantité :

$$\xi_{\text{max}} = 2,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol de } \text{Ca}(\text{CO}_3)_{(s)}.$$