

## Chimie | Chapitre 1 | Correction TD (C1)

### Exercice n°1 • Gaz parfait



1) On a :

$$P_{O_2} = 0,20 \times P_{atm} = 0,203 \text{ bar}$$

$$P_{N_2} = 0,80 \times P_{atm} = 0,810 \text{ bar}$$

2) On utilise la loi des gaz parfaits :

$$P_i V = n_i R T \Rightarrow C_i = \frac{n_i}{V} = \frac{P_i}{R T}$$

Avec :  $T = 25 \text{ °C} = 298,15 \text{ K}$  et  $R = 8,314 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

$$C_{O_2} = 8,17 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-3}$$

$$C_{N_2} = 32,7 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-3}$$

3) On a :

$$n_{O_2} = C_{O_2} V = 81,7 \text{ mol}$$

$$n_{N_2} = C_{N_2} V = 327 \text{ mol}$$

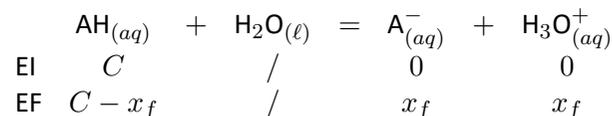
4) Masse volumique :

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{P M_{air}}{R T} = \frac{P}{R T} (x_{O_2} M_{O_2} + x_{N_2} M_{N_2}) = \boxed{1,2 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}}$$

### Exercice n°2 • Taux d'avancement



1) Tableau d'avancement :



Le volume de la solution est constant. On peut donc raisonner avec l'avancement volumique  $x$  plutôt qu'avec l'avancement  $\xi$ . En particulier :

$$\tau = \frac{\xi_f}{\xi_{max}} = \frac{x_f}{x_{max}}$$

Avec :

$$C - x_{max} = 0 \Rightarrow x_{max} = C$$

On en déduit :

$$x_f = \tau C = 7,65 \cdot 10^{-4} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

On obtient finalement les concentrations dans l'état final :

$$[AH]_f = 4,24 \cdot 10^{-3} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

$$[A^-]_f = 7,65 \cdot 10^{-4} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

$$[H_3O^+]_f = 7,65 \cdot 10^{-4} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

2) On en déduit :

$$K_a = \frac{x_f^2}{C(C - x_f)} = 1,38 \cdot 10^{-4}$$

### Exercice n°3 • La fusée Ariane 5

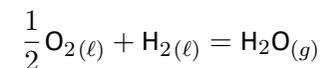


1) Quantité de matière :

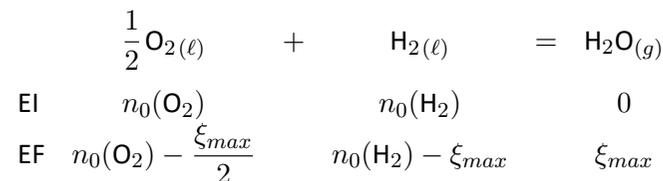
$$n_0(O_2) = \frac{m_{O_2}}{M_{O_2}} = 4,1 \cdot 10^6 \text{ mol}$$

$$n_0(H_2) = \frac{m_{H_2}}{M_{H_2}} = 13 \cdot 10^6 \text{ mol}$$

2) Réaction :



3) Tableau d'avancement :



$O_2$  est le réactif limitant et  $H_2$  le réactif en excès. On a donc :

$$\xi_{max} = 2n_0(O_2)$$

Dans l'état final :

$$n_f(H_2) = n_0(H_2) - n_0(O_2) \Rightarrow m_f(H_2) = 9,5 \text{ tonnes}$$

4) Masse d'eau éjectée :

$$m_f(\text{H}_2\text{O}) = \xi_{max} M_{\text{H}_2\text{O}} = 148,5 \text{ tonnes}$$

### Exercice n°4 • Phénol



1) On a :

$$\begin{aligned} [\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}]_0 &= \frac{C_1 V_1}{C_1 + C_2} = 0,01 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \\ [\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-]_0 &= 0 \\ [\text{HO}^-]_0 &= \frac{C_2 V_2}{C_1 + C_2} = 0,04 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \end{aligned}$$

2) On en déduit :

$$Q_r(EI) = 0 < K$$

Évolution dans le sens direct.

3)  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$  est le réactif limitant.

4) On fait l'hypothèse d'une réaction quantitative :  $x_f \simeq [\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}]_0$ .

On en déduit :

$$\begin{aligned} [\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-]_f &= x_f = 0,01 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \\ [\text{HO}^-]_f &= [\text{HO}^-]_0 - x_f = 0,03 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \end{aligned}$$

La loi d'action de masse donne :

$$K = \frac{[\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-]_f C^\circ}{[\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}]_f [\text{HO}^-]_f} \Rightarrow [\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}]_f = 3,3 \cdot 10^{-5} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

On a bien :  $[\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}]_f \ll [\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}]_0$ , donc l'hypothèse est validée.

### Exercice n°5 • Zinc



1) On a :

$$\begin{aligned} a_{\text{Zn}} &= 1 & a_{\text{H}_3\text{O}^+} &= 0,20 & a_{\text{Zn}^{2+}} &= 0,10 \\ a_{\text{H}_2} &= 0,20 & a_{\text{H}_2\text{O}} &= 1 & a_{\text{Cl}^-} &= 0,40 \end{aligned}$$

2) Par définition :

$$Q_r = \frac{a_{\text{Zn}^{2+}} a_{\text{H}_2} a_{\text{H}_2\text{O}}}{a_{\text{Zn}} a_{\text{H}_3\text{O}^+}^2} = 0,5 < K$$

3) Évolution dans le sens direct. La réaction sera probablement quantitative (car  $K$  très éloigné de  $Q_r$ ).

4) On fait l'hypothèse d'une réaction totale :  $x_f = 0,10 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ .

Tableau d'avancement :

	Zn	+ 2 H <sub>3</sub> O <sup>+</sup>	=	Zn <sup>2+</sup>	+ H <sub>2</sub>	+ H <sub>2</sub> O
EI	Excès	0,20		0,10	Constante	Solvant
EF	/	≈ 0		0,10 + x <sub>f</sub>	/	/

Ainsi,

$$[\text{Zn}^{2+}]_f = 0,20 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1} \quad P_{\text{H}_2} = 20 \text{ kPa}$$

La loi d'action de masse donne :

$$K = \frac{[\text{Zn}^{2+}]_f P_{\text{H}_2} C^\circ}{[\text{H}_3\text{O}^+]_f^2 P^\circ} \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+]_f = 4,5 \cdot 10^{-14} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

L'hypothèse est bien vérifiée car  $[\text{H}_3\text{O}^+]_f \ll [\text{H}_3\text{O}^+]_i$ .

### Exercice n°6 • Composition de réactions



1) On constate que : (1) = (2)-(3). On en déduit :

$$K_1 = \frac{K_2}{K_3} = 10^{-1,6}$$

2) Tableau d'avancement :

	CH <sub>3</sub> COOH <sub>(aq)</sub>	+ F <sub>(aq)</sub> <sup>-</sup>	=	CH <sub>3</sub> COO <sub>(aq)</sub> <sup>-</sup>	+ FH <sub>(aq)</sub>
EI	0,5	0,25		0	0
EF	0,5 - x <sub>f</sub>	0,25 - x <sub>f</sub>		x <sub>f</sub>	x <sub>f</sub>

On ne fait aucune hypothèse sur l'avancement. Dans l'état final, on a :

$$K_1 = \frac{x_f^2}{(0,5 - x_f)(0,25 - x_f)} \Rightarrow x_f = 0,048 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$$

### Exercice n°7 • Argent

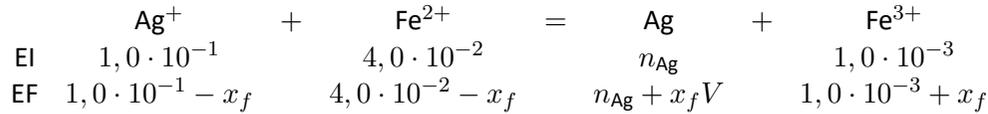


1) On a :

$$Q_r = \frac{[\text{Fe}^{3+}]_0 C^\circ}{[\text{Fe}^{2+}]_0 [\text{Ag}^+]_0} = 0,25 < K$$

Évolution dans le sens direct.

2) Tableau d'avancement :



On ne fait aucune hypothèse sur l'avancement. À l'équilibre :

$$K = \frac{(1,0 \cdot 10^{-3} + x_f) C^\circ}{(1,0 \cdot 10^{-1} - x_f)(4,0 \cdot 10^{-2} - x_f)} \Rightarrow \boxed{x_f = 8,3 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}}$$

3) Par définition :

$$\tau = \frac{x_f}{x_{\text{max}}} = \frac{8,3 \cdot 10^{-3}}{4,0 \cdot 10^{-2}} = 21 \%$$

4) Cette fois :

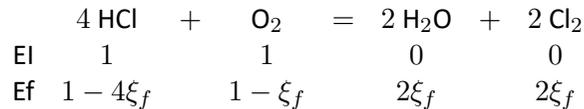
$$Q_r = \frac{[\text{Fe}^{3+}]_0 C^\circ}{[\text{Fe}^{2+}]_0 [\text{Ag}^+]_0} = 50 > K$$

Évolution dans le sens indirect.

### Exercice n°8 • Fabrication de dichlore par le procédé Deacon



1) Tableau d'avancement :



2) On a :

$$P_{\text{tot}} = n_{\text{tot}} \cdot \frac{RT}{V} \quad \text{et} \quad P_{\text{tot},0} = n_{\text{tot},0} \cdot \frac{RT}{V}$$

Ainsi,

$$\boxed{P_{\text{tot}} = \frac{n_{\text{tot}}}{n_{\text{tot},0}} P_0 = \frac{2 - \xi}{2} P_0}$$

3) À l'équilibre, d'après l'énoncé :

$$P_{\text{O}_2} = 2 P_{\text{Cl}_2} \Rightarrow n_{\text{O}_2} = 2 n_{\text{Cl}_2} \Rightarrow 1 - \xi_f = 2 \times 2\xi_f \Rightarrow \boxed{\xi_f = 0,2 \text{ mol}}$$

Ainsi,

$$K = \frac{P_{\text{H}_2\text{O}}^2 P_{\text{Cl}_2}^2 P^\circ}{P_{\text{HCl}}^4 P_{\text{O}_2} P^\circ} = \frac{\left(\frac{n_{\text{H}_2\text{O}}}{n_{\text{tot}}} P_{\text{tot}}\right)^2 \left(\frac{n_{\text{Cl}_2}}{n_{\text{tot}}} P_{\text{tot}}\right)^2 P^\circ}{\left(\frac{n_{\text{HCl}}}{n_{\text{tot}}} P_{\text{tot}}\right)^4 \left(\frac{n_{\text{O}_2}}{n_{\text{tot}}} P_{\text{tot}}\right) P^\circ}$$

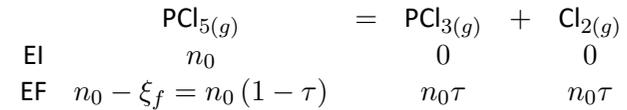
$$= \frac{n_{\text{H}_2\text{O}}^2 n_{\text{Cl}_2}^2 n_{\text{tot}} P^\circ}{n_{\text{HCl}}^4 n_{\text{O}_2} P_{\text{tot}}} = \frac{(2\xi_f)^2 (2\xi_f)^2 (2 - \xi_f) P^\circ}{(1 - 4\xi_f)^4 (1 - \xi_f) P_{\text{tot}}} = \boxed{4,0}$$

### Exercice n°9 • Équilibre en phase gazeuse



1) Comme vu en cours :  $P_i = x_i P$ .

2) Tableau d'avancement (faisant apparaître  $\tau$ ) :



La quantité totale de gaz à l'équilibre vaut alors :  $n_{\text{tot}} = n_0(1 + \tau)$ .

La densité vaut donc :

$$d = 5,83 = \frac{n_0(1 - \tau) \cdot M(\text{PCl}_5) + n_0\tau \cdot M(\text{PCl}_3) + n_0\tau \cdot M(\text{Cl}_2)}{n_0(1 + \tau) \cdot M(\text{air})}$$

On en déduit (après calcul) :  $\tau = 0,233$ .

Enfin :

$$K = \frac{P_{\text{PCl}_3} P_{\text{Cl}_2}}{P_{\text{PCl}_5} P^\circ} = \frac{x_{\text{PCl}_3} x_{\text{Cl}_2} P}{x_{\text{PCl}_5} P^\circ} = \frac{\left(\frac{\tau}{1 + \tau}\right)^2 P}{\left(\frac{1 - \tau}{1 + \tau}\right) P^\circ} = \frac{\tau^2 P}{(1 - \tau^2) P^\circ} = \boxed{0,0575}$$

3) Avec  $\tau'$  le nouveau taux d'avancement, on a toujours  $K = 0,0575$  (la température n'a pas changé).

$$K = \frac{\tau'^2 P'}{(1 - \tau'^2) P^\circ} \Rightarrow \boxed{\tau' = 0,137}$$