

## Séquence 1

## Le quotient de réaction

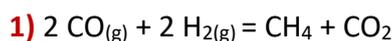
## Exercices

## EX1/

$Q_r = \frac{[C_6H_5CO_2^-] \times [H_3O^+]}{[C_6H_5CO_2H]}$	$Q_r = \frac{[C_2H_5NH_3^+] \times [HO^-]}{[C_2H_5NH_2]}$	$Q_r = \frac{1}{[Fe^{3+}] \times [HO^-]^3}$
$Q_r = \frac{[I^-]^2 \times [S_4O_6^{2-}]}{[I_2] \times [S_2O_3^{2-}]^2}$	$Q_r = \frac{[Cu^{2+}]}{[Ag^+]^2}$	$Q_r = [Al^{3+}]^2 \times [SO_4^{2-}]^3$

(a) $Q_r = \frac{[NH_4^+] \times [F^-]}{[HF] \times [NH_3]}$	(b) $Q_r = \frac{[Ag(CN)_2^-]}{[Ag^+] \times [CN^-]^2}$
$NH_{3(aq)} + HF_{(aq)} = NH_{4^+(aq)} + F^-(aq)$	$Ag^+(aq) + 2 CN^-(aq) = Ag(CN)_2^-(aq)$

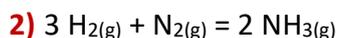
## EX2/



Concentrations à l'équilibre :

$$[CO]_{eq} = 4,3 \cdot 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}; [H_2]_{eq} = 1,15 \cdot 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}; [CH_4]_{eq} = 5,14 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}; [CO_2]_{eq} = 4,12 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$$

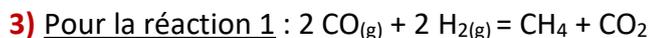
Constante K d'équilibre pour la réaction 
$$K = \frac{[CH_4]_{eq} \times [CO_2]_{eq}}{[CO]_{eq}^2 \times [H_2]_{eq}^2} = \frac{5,14 \cdot 10^{-4} \times 4,12 \cdot 10^{-4}}{(4,3 \cdot 10^{-6} \times 1,15 \cdot 10^{-5})^2} = 8,66 \cdot 10^{29}$$



$$K = 6,0 \cdot 10^{-2}; [H_2] = 0,250 \text{ mol.L}^{-1} \text{ et } [NH_3] = 0,050 \text{ mol.L}^{-1}$$

Concentration de  $N_2$  dans le mélange à l'équilibre

$$K = \frac{[NH_3]_{eq}^2}{[H_2]_{eq}^3 \times [N_2]_{eq}} \rightarrow [N_2]_{eq} = \frac{[NH_3]_{eq}^2}{[H_2]_{eq}^3 \times K} = \frac{0,05^2}{0,25^3 \times 6 \cdot 10^{-2}} = 2,7 \text{ mol.L}^{-1}$$



on a  $K \gg 10^4$ , on peut considérer la réaction comme totale et on peut écrire  $2 CO_{(g)} + 2 H_{2(g)} \rightarrow CH_4 + CO_2$



on a  $K \ll 10^4$ , on ne peut pas considérer la réaction comme étant totale : la réaction est donc un équilibre chimique

**EX3/**

$$Q_r = \frac{[CH_3COO^-] \times [NH_4^+]}{[CH_3COOH] \times [NH_3]}$$

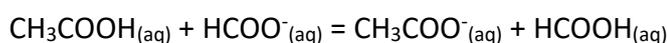
$Q_r(i) > K$  donc la valeur de  $Q_r$  doit diminuer :

- les concentrations  $[CH_3COO^-]$  et  $[NH_4^+]$  doivent diminuer
- les concentrations  $[CH_3COOH]$  et  $[NH_3]$  doivent augmenter

La réaction doit évoluer dans le sens indirect

**EX4/**

On considère la réaction acido-basique suivante, de constante d'équilibre  $K = 0,10$



$$Q_r = \frac{[CH_3COO^-] \times [HCOOH]}{[CH_3COOH] \times [HCOO^-]}$$

(a)  $[CH_3COOH]_0 = [HCOO^-]_0 = [CH_3COO^-]_0 = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$  et  $[HCOOH]_0 = 0$

$$Q_r = \frac{[CH_3COO^-] \times [HCOOH]}{[CH_3COOH] \times [HCOO^-]} = \frac{0,10 \times 0}{0,10 \times 0,10} = 0 < K$$

La réaction évolue dans le sens direct, dans le sens de la formation de  $CH_3COO^-_{(aq)}$  et  $HCOOH_{(aq)}$

(b)  $[CH_3COOH]_0 = [HCOO^-]_0 = [CH_3COO^-]_0 = [HCOOH]_0 = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$

$$Q_r = \frac{[CH_3COO^-] \times [HCOOH]}{[CH_3COOH] \times [HCOO^-]} = \frac{0,10 \times 0,10}{0,10 \times 0,10} = 1 > K$$

La réaction évolue dans le sens indirect, dans le sens de la formation de  $CH_3COOH_{(aq)}$  et  $HCOO^-_{(aq)}$

(c)  $[CH_3COOH]_0 = [HCOOH]_0 = [CH_3COO^-]_0 = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$  et  $[HCOO^-]_0 = 1,0 \text{ mol.L}^{-1}$

$$Q_r = \frac{[CH_3COO^-] \times [HCOOH]}{[CH_3COOH] \times [HCOO^-]} = \frac{0,10 \times 0,10}{0,10 \times 1} = 0,10 = K$$

La réaction n'évolue pas, on est à l'état d'équilibre

**EX5/**

A  $250^\circ\text{C}$ , le pentachlorure de phosphore se décompose partiellement en dichlore et en trichlorure de phosphore, selon la réaction :  $PCl_{5(g)} = Cl_{2(g)} + PCl_{3(g)}$

Expression du quotient de réaction :  $Q_r = \frac{[Cl_2] \times [PCl_3]}{[PCl_5]}$

Tableau descriptif de la réaction à l'équilibre

Le nombre de mole de pentachlorure de phosphore

$\text{PCl}_5(\text{g})$  est :

- avant réaction :  $n_{\text{PCl}_5}(\text{i}) = 0,25 \text{ mol}$

- à l'équilibre :  $n_{\text{PCl}_5}(\text{eq}) = 0,19 \text{ mol}$

	$\text{PCl}_5(\text{g})$	=	$\text{Cl}_2(\text{g})$	+	$\text{PCl}_3(\text{g})$
$X_i = 0$	0,25		0		0
X	$0,25 - x$		x		x
$X_{\text{eq}}$	0,19		0,06		0,06

Valeur de l'avancement à l'équilibre :  $0,25 - x_{\text{eq}} = 0,19 \rightarrow x_{\text{eq}} = 0,25 - 0,19 = 0,06 \text{ mol}$

**A l'équilibre, le mélange contient 0,19 mol de  $\text{PCl}_5$ , 0,06 mol de  $\text{Cl}_2$  et  $\text{PCl}_3$**

Concentration des espèces à l'équilibre : Le volume total occupé par les gaz est de 0,5 L

$$[\text{PCl}_5]_{\text{eq}} = \frac{n_{\text{PCl}_5}}{V} = \frac{0,19}{0,5} = \mathbf{0,38 \text{ mol.L}^{-1}}$$

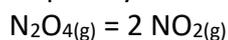
$$[\text{Cl}_2]_{\text{eq}} = \frac{n_{\text{Cl}_2}}{V} = \frac{0,06}{0,5} = \mathbf{0,12 \text{ mol.L}^{-1}}$$

$$[\text{PCl}_3]_{\text{eq}} = \frac{n_{\text{PCl}_3}}{V} = \frac{0,06}{0,5} = \mathbf{0,12 \text{ mol.L}^{-1}}$$

$$\text{Valeur de la constante d'équilibre } K = Q_r(\text{eq}) = \frac{[\text{Cl}_2]_{\text{eq}} \times [\text{PCl}_3]_{\text{eq}}}{[\text{PCl}_5]_{\text{eq}}} = \frac{0,12 \times 0,12}{0,38} = \mathbf{3,8 \cdot 10^{-2}}$$

**EX6/**

Le peroxyde d'azote  $\text{N}_2\text{O}_4$  se transforme en partie en dioxyde d'azote  $\text{NO}_2$  selon la réaction



$$\text{Expression du quotient de réaction } Q_r = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]}$$

Tableau descriptif de la réaction à l'équilibre

A 25°C, le nombre de mole initiale de  $\text{N}_2\text{O}_4$  est de 0,100 mole ; à l'équilibre il est de 0,0844 mole.

	$\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$	=	$2 \text{NO}_2(\text{g})$
$X_i = 0$	0,100		0
X	$0,100 - x$		2x
$X_{\text{eq}}$	0,0844		0,0312

Valeur de l'avancement à l'équilibre :  $0,100 - x_{\text{eq}} = 0,0844 \rightarrow x_{\text{eq}} = 0,100 - 0,0844 = 0,0156 \text{ mol}$

**A l'équilibre le milieu contient 0,0844 mol de  $\text{N}_2\text{O}_4$  et 0,0312 mol de  $\text{NO}_2$**

Concentration des espèces à l'équilibre : Le volume total occupé par les gaz est de 2,0 L

$$[\text{N}_2\text{O}_4]_{\text{eq}} = \frac{n_{\text{N}_2\text{O}_4}}{V} = \frac{0,0844}{2} = \mathbf{0,0422 \text{ mol.L}^{-1}}$$

$$[\text{NO}_2]_{\text{eq}} = \frac{n_{\text{NO}_2}}{V} = \frac{0,0312}{2} = \mathbf{0,0156 \text{ mol.L}^{-1}}$$

$$\text{Valeur de la constante d'équilibre } K = Q_r(\text{eq}) = \frac{[\text{NO}_2]_{\text{eq}}^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]_{\text{eq}}} = \frac{0,0156^2}{0,0422} = \mathbf{5,8 \cdot 10^{-3}}$$