

Prévoir le sens de l'évolution spontanée d'un système chimique

Vidéo : [Accéder à la vidéo du cours](#)

Manuel : pages 136 à 137



Vidéo du cours

8.1 Les transformations non totales

Une réaction est **totale** si au moins l'un des réactifs disparaît totalement. Au contraire, si à l'**équilibre** (état final) tous les réactifs et produits sont présents, la réaction est **non totale**.

Considérons la réaction : $aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$

- **Sens direct** : formation des produits ($aA + bB \longrightarrow cC + dD$)
- **Sens indirect** : formation des réactifs ($cC + dD \longrightarrow aA + bB$)

À retenir

Les deux transformations se produisent simultanément : on parle d'**équilibre chimique dynamique**.
À l'équilibre d'une réaction non totale, il y a présence de tous les réactifs et produits.

8.2 Taux d'avancement

On rappelle que :

- Si la réaction est totale : $x_f = x_{\max}$
- Si la réaction est non totale : $x_f < x_{\max}$

Formule à connaître

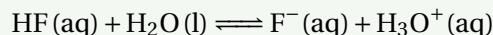
Le taux d'avancement τ est le rapport entre l'avancement réel et l'avancement maximal (hypothèse d'une réaction totale) :

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

- Si $\tau \approx 1$: réaction totale
- Si $\tau < 1$: réaction non totale

Exemple

Le fluorure d'hydrogène réagit avec l'eau :



Une solution est préparée avec $n_i(\text{HF}) = 10 \text{ mmol}$ dans $V = 1,0 \text{ L}$. Le pH mesuré est de 2,65.

Méthode :

1. Tableau d'avancement

		$\text{HF (aq)} + \text{H}_2\text{O (l)} \rightleftharpoons \text{F}^- \text{ (aq)} + \text{H}_3\text{O}^+ \text{ (aq)}$			
État initial	$x = 0$	$n_i(\text{HF})$	Excès	0	0
État final	x_f	$n_i(\text{HF}) - x_f$	Excès	x_f	x_f

2. Avancement maximal (hypothèse totale) :

$$x_{\max} = n_i(\text{HF}) = 10 \text{ mmol}$$

3. Avancement final (mesure expérimentale) :

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-2,65} = 2,2 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

$$x_f = [\text{H}_3\text{O}^+] \times V = 2,2 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

4. Taux d'avancement :

$$\tau = \frac{x_f}{x_{\text{max}}} = \frac{2,2 \times 10^{-3}}{10 \times 10^{-3}} = 0,22 = 22 \%$$

Seuls 22 % des molécules de HF se sont dissociées : la réaction est non totale.

8.3 Quotient de réaction



Formule à savoir utiliser

Pour une réaction $a\text{A} + b\text{B} \rightleftharpoons c\text{C} + d\text{D}$, le quotient de réaction Q_r est :

$$Q_r = \frac{\left(\frac{[\text{C}]}{C^\circ}\right)^c \times \left(\frac{[\text{D}]}{C^\circ}\right)^d}{\left(\frac{[\text{A}]}{C^\circ}\right)^a \times \left(\frac{[\text{B}]}{C^\circ}\right)^b}$$

avec $C^\circ = 1,0 \text{ mol/L}$.

Important : Les solides et le solvant ne figurent pas dans Q_r (remplacés par 1).



Exemple

Pour $\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{HO}^-(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{OH})_2(\text{s})$:

$$Q_r = \frac{1}{\left(\frac{[\text{Fe}^{2+}]}{C^\circ}\right) \times \left(\frac{[\text{HO}^-]}{C^\circ}\right)^2} = \frac{(C^\circ)^3}{[\text{Fe}^{2+}] \times [\text{HO}^-]^2}$$

8.4 Constante d'équilibre et critère d'évolution

8.4.1 Constante d'équilibre



À retenir

La **constante d'équilibre** K est la valeur du quotient de réaction à l'équilibre :

$$K = Q_{r,\text{eq}} = \frac{\left(\frac{[\text{C}]_{\text{eq}}}{C^\circ}\right)^c \times \left(\frac{[\text{D}]_{\text{eq}}}{C^\circ}\right)^d}{\left(\frac{[\text{A}]_{\text{eq}}}{C^\circ}\right)^a \times \left(\frac{[\text{B}]_{\text{eq}}}{C^\circ}\right)^b}$$

Interprétation :

- Si $K \approx 1$: réaction non totale (équilibre entre réactifs et produits)
- Si $K \ll 1$: réaction très limitée (réactifs majoritaires)
- Si $K \gg 1$: réaction très déplacée vers les produits

8.4.2 Critère d'évolution

À retenir

Pour prévoir le sens d'évolution, on compare $Q_{r,i}$ (quotient initial) à K :

- Si $Q_{r,i} < K$: évolution dans le **sens direct** (formation des produits)
- Si $Q_{r,i} > K$: évolution dans le **sens indirect** (formation des réactifs)

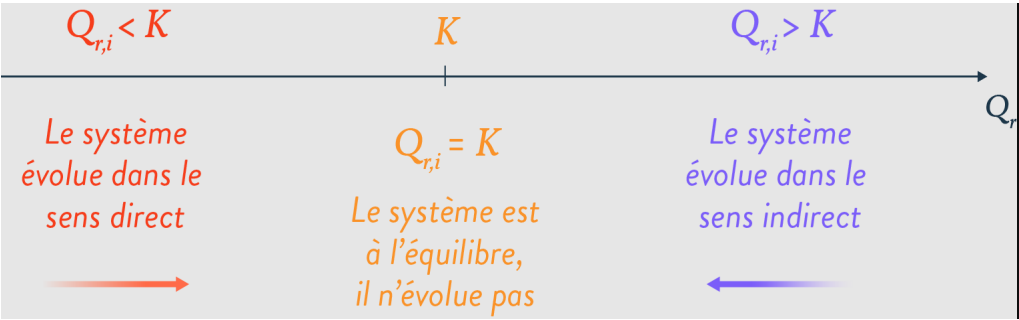


FIGURE 1 – Critère d'évolution spontanée

Exemple

Réaction : $\text{Sn}^{2+}(\text{aq}) + \text{Ni}(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Sn}(\text{s}) + \text{Ni}^{2+}(\text{aq})$ avec $K = 10^3$.

État initial : $n_i(\text{Sn}^{2+}) = 0,10 \text{ mol}$ et $n_i(\text{Ni}^{2+}) = 0,40 \text{ mol}$.

$$Q_{r,i} = \frac{[\text{Ni}^{2+}]_i}{[\text{Sn}^{2+}]_i} = \frac{0,40}{0,10} = 4$$

Puisque $Q_{r,i} = 4 < K = 10^3$, la réaction évolue dans le **sens direct**.

8.4.3 Compétences travaillées

Maîtrise			
Compétence			
Relier le caractère non total d'une transformation à la présence de tous les réactifs et produits à l'état final.			
Compétence expérimentale : Mettre en évidence la présence de tous les réactifs dans l'état final d'un système non total.			
Déterminer le sens d'évolution spontanée d'un système.			
Déterminer un taux d'avancement final à partir de données expérimentales.			
Compétence expérimentale : Déterminer la valeur du quotient de réaction à l'état final et montrer son indépendance vis-à-vis de la composition initiale.			