Évolution spontanée : quotient de réaction et constante d'équilibre

Fiche méthode

(Physique-chimie Tle spécialité · Constitution et transformations de la matière · Prévoir l'état final d'un système, siège d'une transformation chimique)

La démarche pour prévoir l'évolution d'un système

1. **J'écris l'équation** et je repère les espèces du quotient : ni solides, ni eau solvant.
2. **J'exprime Q_r** : produits en haut, réactifs en bas, nombres stœchiométriques en exposants.
3. **Je calcule $Q_{r,i}$** avec les concentrations initiales, recalculées dans le volume total après un mélange.
4. **Je compare à K** et je conclus sur le sens d'évolution.
5. **Je calcule l'état final** si on le demande : $Q_r(y) = K$, racine possible, τ.

Le réflexe — Le sens d'évolution ne se lit jamais sur K seule : il vient de la comparaison de $Q_{r,i}$ à K.

Cas 1 · Calculer un taux d'avancement final

Réflexe — x_{max} comme si c'était total, x_f par une mesure, $\tau = x_f \div x_{max}$.

Exemple. $A + B = C + D$ dans 0,500 L : 4,0 mmol de A et 6,0 mmol de B. À l'état final, $[C] = 6{,}4$ mmol·L^{-1}.

$x_{max} = 4{,}0$ mmol (A limitant) ; $x_f = 6{,}4 \times 0{,}500 = 3{,}2$ mmol.

$\tau = 3{,}2 \div 4{,}0 = \mathbf{0{,}80}$: non totale, A et B restent présents.

Attention — $\tau < 1$: transformation terminée mais non totale, ce n'est pas un manque de temps.

Cas 2 · Écrire un quotient de réaction

Réflexe — je barre solides et eau solvant ; exposants = nombres stœchiométriques.

Exemple. $2\,Al(s) + 3\,Cu^{2+}(aq) = 2\,Al^{3+}(aq) + 3\,Cu(s)$.

Les deux métaux comptent pour 1 :

$$Q_r = \frac{[Al^{3+}]^2 \times c^\circ}{[Cu^{2+}]^3}$$

Attention — exposant, jamais facteur : $[Cu^{2+}]^3$ et non $3\,[Cu^{2+}]$.

Cas 3 · Changer l'écriture d'une constante

Réflexe — inversée : $1 \div K$; multipliée par n : K^n ; additionnées : produit.

Exemple. $A(aq) + 2\,B(aq) = C(aq)$ a pour constante $K = 5{,}0 \times 10^3$ à 25 °C.

$C = A + 2\,B$: $K' = 1 \div (5{,}0 \times 10^3) = \mathbf{2{,}0 \times 10^{-4}}$.

$2\,A + 4\,B = 2\,C$: $K'' = (5{,}0 \times 10^3)^2 = \mathbf{2{,}5 \times 10^{7}}$.

Attention — K ne change ni avec la composition initiale ni avec un catalyseur, seulement avec T.

Cas 4 · Prévoir le sens d'évolution

Réflexe — $Q_{r,i} < K$: direct ; $Q_{r,i} > K$: inverse ; égal : équilibre.

Exemple. $A + B = C + D$, $K = 0{,}50$. On mélange 20,0 mL de A à 0,30 mol·L^{-1} et 10,0 mL d'un mélange de B, C et D, chacun à 0,30 mol·L^{-1}.

Dans 30,0 mL : $[A]_0 = 0{,}20$; $[B]_0 = [C]_0 = [D]_0 = 0{,}10$ mol·L^{-1}.
$Q_{r,i} = (0{,}10 \times 0{,}10) \div (0{,}20 \times 0{,}10) = 0{,}50 = K$: **équilibre**, pas d'évolution.

Attention — oublier la dilution du mélange change $Q_{r,i}$ et peut changer la conclusion.

Cas 5 · Calculer l'état d'équilibre

Réflexe — tableau en y, $Q_r(y) = K$, racine entre 0 et y_{max}.

Exemple. $A(aq) = B(aq)$, $K = 0{,}25$; $[A]_0 = 5{,}0 \times 10^{-2}$ mol·L^{-1}, pas de B.

$y \div (0{,}050 - y) = 0{,}25$, donc $1{,}25\ y = 0{,}0125$ et $y =$ **0,010 mol·L^{-1}**.
$\tau = 0{,}010 \div 0{,}050 =$ **0,20** : petite constante, transformation peu avancée.

Attention — si un solide disparaît avant que Q_r atteigne K, la transformation est totale.

Les pièges

- Faire figurer un solide ou l'eau solvant dans Q_r.
- Écrire un nombre stœchiométrique en facteur au lieu d'un exposant.
- Calculer $Q_{r,i}$ avec les concentrations des solutions avant mélange.
- Conclure au sens direct parce que K est grande, sans calculer $Q_{r,i}$.
- Garder la racine du second degré qui rend une concentration négative.

Ce document est la propriété intellectuelle de Ben, professeur particulier (benprofparticulier.fr), protégée par le Code de la propriété intellectuelle (art. L. 111-1 et L. 122-4). Il est mis à disposition pour un usage personnel de révision. Toute reproduction, diffusion, mise en ligne ou revente, totale ou partielle, sans autorisation écrite est interdite et constitue une contrefaçon (art. L. 335-2).