

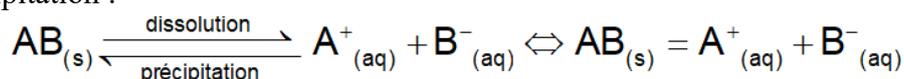
Objectifs

- Prévoir l'apparition d'un précipité ou sa dissolution totale par comparaison de $Q_{r, \max}$ et K_s .
- Déterminer la composition d'une solution saturée.

I. Équation De Dissolution

Lorsqu'on dissout un composé ionique solide dans l'eau, celui-ci se dissocie en deux ions de charges opposées dans la solution. Si on continue à ajouter du composé, il y a précipitation. On a alors un équilibre chimique entre le composé ionique solide non dissous et la solution ionique.

Le sens direct (sens 1) de l'équation correspond à la dissolution du composé ionique et le sens indirect (sens 2) correspond à sa précipitation :



Application

plomb	potassium	calcium
Pb^{2+}	K^+	Ca^{2+}

iodure	nitrate	hydroxyde	chlorure	sulfate
I^-	NO_3^-	HO^-	Cl^-	SO_4^{2-}

Écrire les équations de dissolution dans l'eau des solides ioniques suivants :

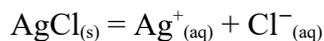
- Iodure de potassium
- Nitrate de plomb
- Chlorure de potassium
- Sulfate de calcium
- Hydroxyde de magnésium

↳ Soyez rigoureux sur les indices.

II. Cas Des Dissolutions Totales

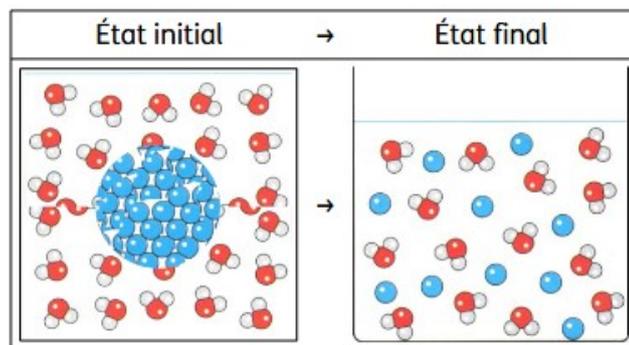
II.1. Calcul De $Q_{r, \max}$

· On étudie la dissolution totale du chlorure d'argent :



↳ Le quotient de réaction est : $Q_r = [Ag^+_{(aq)}] \times [Cl^-_{(aq)}]$.

↳ Pour cet exemple, la concentration en quantité de matière en soluté apporté vaut : $C_{\text{soluté}}(AgCl_{(s)}) = 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.



· Le tableau d'avancement s'établit comme suit :

Unité : mol · L ⁻¹		AgCl(s)	=	Ag ⁺ _(aq)	+	Cl ⁻ _(aq)	Valeur de Q _r
État initial	x = 0	10 ⁻⁵		0		0	0
État intermédiaire	x	10 ⁻⁵ - x		x		x	x ²
État maximal	x _{max}	10 ⁻⁵ - x _{max} = 0		x _{max} = 10 ⁻⁵		x _{max} = 10 ⁻⁵	10 ⁻¹⁰

II.2. Comparaison de Q_{r,max} avec le produit de solubilité K_s.

SOLUBILITY PRODUCT CONSTANTS (continued)		
Compound	Formula	K _s
Silver(I) chloride	AgCl	1.77 · 10 ⁻¹⁰
Iron(II) hydroxide	Fe(OH) ₂	4.87 · 10 ⁻¹⁷
Iron(III) hydroxide	Fe(OH) ₃	2.79 · 10 ⁻³⁹
Lead(II) iodide	PbI ₂	9.8 · 10 ⁻⁹

· Dans les tables de données (pour une température T = 25 °C) le chlorure d'argent est associé à une constante : K_s(AgCl_(s)) = 1,77 · 10⁻¹⁰. Cette constante est une constante d'équilibre, qui s'appelle le produit de solubilité et est notée K_s. Elle est sans dimension.

· Le produit de solubilité K_s sert de point de comparaison au quotient de réaction à l'état maximal.

↳ Q_{r,max} = 10⁻¹⁰ < K_s(AgCl_(s)) = 1,77 · 10⁻¹⁰.

Dans cet exemple, le quotient de réaction Q_{r,max} pour un avancement maximal est inférieur à la constante d'équilibre K.

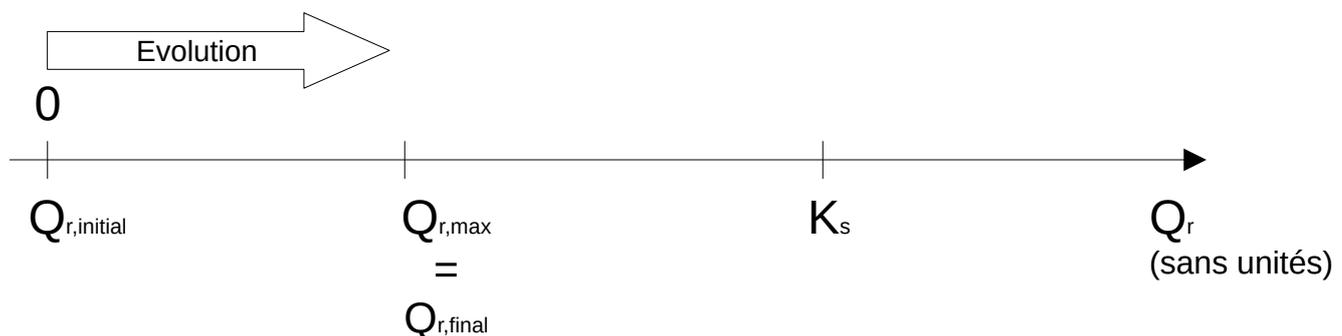
↳ La dissolution est totale.

↳ L'état final du système correspond à son état maximal : Q_{r,final} = Q_{r,max}.

II.3. Évolution D'un Système Chimique

Lorsqu'un système chimique évolue, le quotient de réaction Q_r varie pour atteindre la valeur de la constante d'équilibre K.

· Ici, le système ne peut pas évoluer jusqu'à l'équilibre puisque Q_{r,max} < K_s, et du coup Q_{r,final} = Q_{r,max}.



III. Cas Des Solutions Saturées

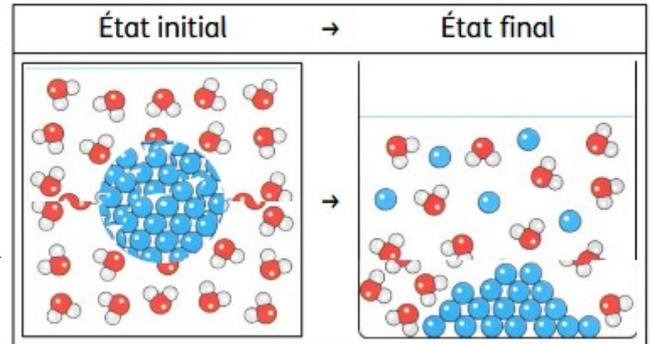
III.1. Calcul de $Q_{r,max}$

· On étudie la dissolution de l'iodure de plomb :

$PbI_{2(s)} = Pb^{2+}_{(aq)} + 2 I^{-}_{(aq)}$ pour laquelle il reste du soluté en solution.

↳ Le quotient de réaction est : $Q_r = [Pb^{2+}_{(aq)}] \times [I^{-}_{(aq)}]^2$.

↳ Pour cet exemple, la concentration en quantité de matière en soluté apporté vaut : $C_{soluté}(PbI_{2(s)}) = 10^{-2} \text{ mol} \cdot L^{-1}$.



· On établit le tableau d'avancement pour un état maximal du système comme suit :

Unité : $\text{mol} \cdot L^{-1}$		$PbI_{2(s)}$	=	$Pb^{2+}_{(aq)}$	+	$2 I^{-}_{(aq)}$	Valeur de Q_r
État initial	$x = 0$	10^{-2}		0		0	0
État intermédiaire	x	$10^{-2} - x$		x		$2x$	$4 x^3$
État maximal	x_{max}	$10^{-2} - x_{max} = 0$		$x_{max} = 10^{-2}$		$x_{max} = 2 \cdot 10^{-2}$	$4 \cdot 10^{-6}$

III.2. Comparaison de $Q_{r,max}$ avec le produit de solubilité K_s .

· Dans les tables de données, l'iodure de plomb est associé à la constante : $K_s(PbI_{2(s)}) = 9,8 \cdot 10^{-9}$. On compare $Q_{r,max}$ avec le produit de solubilité K_s .

↳ $Q_{r,max} = 4 \cdot 10^{-6} > K_s(PbI_{2(s)}) = 9,8 \cdot 10^{-9}$.

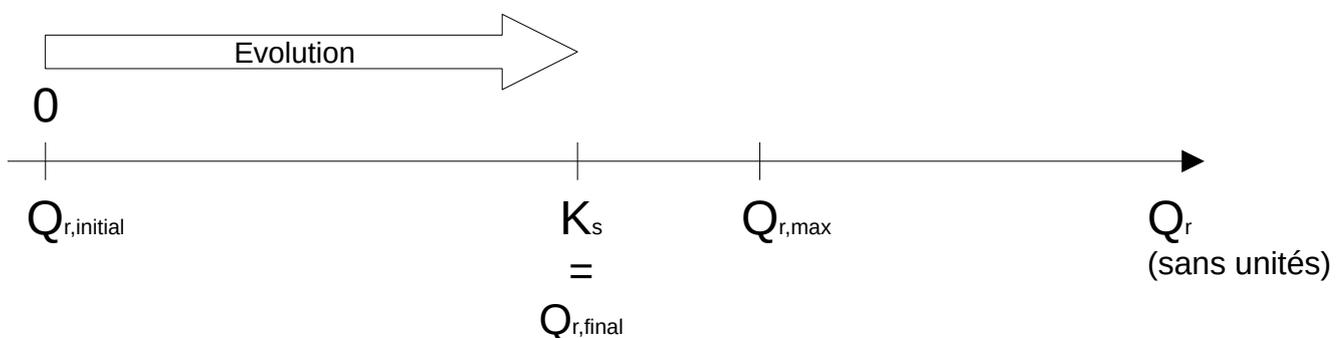
Dans cet exemple, le quotient de réaction $Q_{r,max}$ pour un avancement maximal est supérieur à la constante d'équilibre K .

↳ La dissolution n'est pas totale ; la solution est saturée.

↳ L'état final du système correspond à son état d'équilibre : $Q_{r,final} = Q_{r,éq.} = K_s$.

III.3. Évolution Du Système Chimique

· Ici, le système peut évoluer jusqu'à l'équilibre puisque $Q_{r,max} > K_s$, et du coup $Q_{r,final} = Q_{r,éq.} = K_s$.



III.4. Composition De La Solution Saturée

Méthode : Trouver l'état final

· L'état final est donc différent de l'état maximal. Le tableau d'avancement doit être revu pour déterminer la valeur de l'avancement $x_{\text{éq}}$ lorsque l'équilibre est atteint.

Unité : mol · L ⁻¹		PbI _{2(s)}	=	Pb ²⁺ _(aq)	+	2 I ⁻ _(aq)	Valeur de Q _r
État initial	x = 0	10 ⁻²		0		0	0
État intermédiaire	x	10 ⁻² - x		x		2x	4 x ³
État maximal	x _{éq}	10 ⁻² - x _{éq} = 0		x _{éq} = 10 ⁻²		x _{éq} = 2 · 10 ⁻²	4 · x _{éq} ³

· L'équilibre étant atteint, $Q_{r,\text{éq}} = K_s(\text{PbI}_{2(s)})$ dont la valeur est connue. On peut donc résoudre cette équation :

$$Q_{r,\text{éq}} = K_s(\text{PbI}_{2(s)})$$

soit : $4 x_{\text{éq}}^3 = K_s(\text{PbI}_{2(s)})$

et enfin : $x_{\text{éq}} = \sqrt[3]{\frac{K_s(\text{PbI}_{2(s)})}{4}}$

· L'application numérique avec $K_s(\text{PbI}_{2(s)}) = 9,8 \cdot 10^{-9}$ donne $x_{\text{éq}} = 1,35 \cdot 10^{-3}$ mol · L⁻¹.

La dernière ligne du tableau peut être complétée :

Unité : mol · L ⁻¹		PbI _{2(s)}	=	Pb ²⁺ _(aq)	+	2 I ⁻ _(aq)	Valeur de Q _r
État initial	x = 0	10 ⁻²		0		0	0
État intermédiaire	x	10 ⁻² - x		x		2x	4 x ³
État maximal	x _{éq} = 1,35 · 10 ⁻³	8,65 · 10 ⁻³		1,35 · 10 ⁻³		2,70 · 10 ⁻³	9,8 · 10 ⁻³