

Solubilité

Niveau : CPGE

Prérequis : réactions acides-bases, oxydoréduction, constante d'équilibre

Introduction

La solubilité traduit la capacité d'une espèce à se dissoudre de manière plus ou moins conséquente dans un solvant. Un exemple de la vie quotidienne est le sel : quand on fait chauffer de l'eau pour les pâtes, on met une pincée de sel, qui finit par se dissoudre dans l'eau. Autres exemples : entartrage des canalisations ou extraction des minerais. Il est donc important de maîtriser la solubilité d'une espèce.

I Réaction de dissolution/précipitation

1) Définitions

La solubilité est la quantité maximale de solide que l'on peut dissoudre dans 1 L de solvant (en g.L⁻¹ ou mol.L⁻¹). Une espèce est insoluble dans un solvant si et seulement si sa solubilité est nulle. On dit que la solution est saturée s'il reste du solide (qui ne peut plus être dissous). En fait, la solubilité correspond à la concentration d'une solution saturée. On parle de saturation en espèce, les espèces dissoutes sont indépendantes.

Expérience : on dissout NaCl dans l'eau jusqu'à saturation et on montre qu'on peut dissoudre du sulfate de cuivre dans l'eau salée

Ex : réaction de dissolution de AgCl : $\text{AgCl}_{(s)} \rightarrow \text{Ag}^+_{(aq)} + \text{Cl}^-_{(aq)}$

On définit alors le produit de solubilité K_s comme la constante d'équilibre d'une telle réaction.

On a donc : $K_s = \frac{[\text{Ag}^+][\text{Cl}^-]}{c^{02}}$

On définit aussi le $\text{p}K_s$: $\text{p}K_s = -\log(K_s)$

→ Tableau d'avancement

→ $K_s(\text{AgCl}) = 10^{-9,8}$

Pour NaCl, $K_s = 33$ (NaCl est très soluble dans l'eau), pour le calcaire, $K_s = 10^{-8,4}$ (calcaire peu soluble dans l'eau)

La réaction de précipitation est la réaction inverse (la constante d'équilibre vaut $K = \frac{1}{K_s}$)

2) Diagramme d'existence

Grâce au K_s , on peut prédire s'il y aura précipitation. Pour cela on le compare au quotient réactionnel Q .

Si $Q < K_s$: pas de saturation, pas de précipité

Si $Q = K_s$: équilibre, solution déjà saturée

Si $Q > K_s$: précipitation, le système évolue jusqu'à atteindre un équilibre

➔ Diagramme d'existence

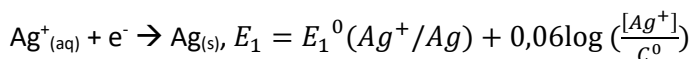
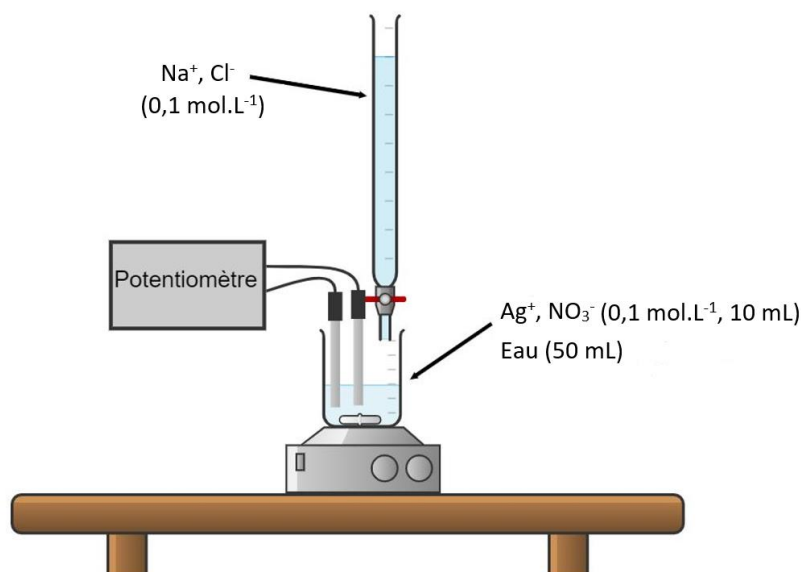
II Facteurs d'influence

1) Solvant

Le solvant peut engager des liaisons hydrogène ou interactions de van der Waals avec le produit ce qui peut influencer la solubilité. Cela est lié au caractère polaire/protique du solvant et du produit. On notera que "les semblables dissolvent les semblables".

Expérience : on veut déterminer le K_s de NaCl par potentiométrie. On dose deux solutions saturées en sel (une d'eau et une d'éthanol pur) par du nitrate d'argent, on obtient $[Cl^-]$. On utilise une électrode d'argent et une électrode au calomel saturé avec une garde.

On constate que NaCl est plus soluble dans l'eau que dans l'éthanol.



$$\Delta E = E_1 - E_2 = E_1^0(Ag^+/Ag) + 0,06 \log \left(\frac{[Ag^+]}{C^0} \right) - E_{réf}$$

Tableau d'avancement, $K_s = \frac{[Ag^+][Cl^-]}{C^0}$

$$\frac{E_1^0 - \Delta E - E_{réf}}{0,06} = pK_s + \log \left(\frac{C(V - V_{eq})}{C^0(V_{eau} + V_0 + V)} \right)$$

2) Température

La constante d'équilibre dépend de la température, il en va de même pour le K_s .

En général, s augmente avec la température (c'est l'inverse pour le calcaire et la caféine du fait de leur enthalpie de dissolution négative, c'est d'ailleurs pour ça que le calcaire se forme davantage sur les robinets d'eau chaude).

A noter que pour les gaz, la solubilité diminue si la température augmente.

3) Effet d'ions communs

La solubilité diminue si l'un des ions est déjà présent en solution. On appelle cela l'effet d'ion commun.

Expérience : dissolution de NaCl et/ou AgCl dans une solution qui en contient déjà

Il est donc important de préciser la composition de la solution dans laquelle le solide est dissous.

Conclusion

La solubilité permet de savoir quel est la quantité limite avant formation d'un précipité, elle dépend de plusieurs paramètres. Cela revêt un intérêt pratique aussi bien en chimie générale qu'en chimie organique. Par exemple, il existe des méthodes de dosage dans l'industrie pharmaceutique qui reposent sur l'apparition d'un précipité.

Bibliographie

-Fosset Chimie physique expérimentale (p101)

-J'intègre PCSI, Fausset

-Chimie générale PC-PC*

-Florilège de Chimie pratique

Questions

- Différence entre eau et éthanol ?
→ L'eau est un peu plus polaire que l'éthanol et beaucoup plus protique (eau plus acide que l'éthanol d'après Brønsted)
- Quelles sont les sources d'incertitude dans la réaction de détermination de K_s ?
→ V : lecture, V_0 : précision pipette jaugée, V_{eq} : précision de la méthode, C : précision de la solution initiale.
- Pourquoi « les semblables dissolvent les semblables » ?
→ Keesom et London plus favorables que Debye
- Dépendance de K_s avec T ?
→ Loi de Van't Hoff, dissolution des solides généralement endothermique (K_s fonction croissante de T), l'inverse pour les gaz.