



TD 21 - Équilibre de dissolution et de précipitation

Compétences et capacités scientifiques mises en œuvre dans ce TD

- ✓ Écrire la réaction de dissolution d'un cristal ionique et exprimer le produit de solubilité associé
- ✓ Calculer la solubilité d'un cristal ionique
- ✓ Prévoir l'état de saturation ou de non saturation d'une solution
- ✓ Tracer et utiliser les diagrammes d'existence de précipités
- ✓ Utiliser les diagrammes de prédominance ou d'existence pour prévoir les espèces incompatibles ou la nature des espèces majoritaires.

Niveau	Programme d'entraînement
Débutant	Exercices 1, 2, 4
Intermédiaire	Exercices 1, 3, 4, 5

Exercice n° 1 : Dissolution d'un composé ionique solide (★)

L'ion calcium Ca^{2+} forme avec l'ion phosphate un composé solide $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2(\text{s})$.

- 1) Écrire la réaction de dissolution d'orthophosphate de calcium $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2(\text{s})$.
- 2) Calculer la masse que l'on peut dissoudre dans 50 L d'eau sachant que $K_s = 10^{-26}$.
On donne : $M(\text{Ca}) = 40 \text{ g.mol}^{-1}$, $M(\text{P}) = 31 \text{ g.mol}^{-1}$, $M(\text{O}) = 16 \text{ g.mol}^{-1}$.

Exercice n° 2 : pH du béton (★)

L'ordre de grandeur du pH dans le béton est donné par le pH d'une solution aqueuse saturée en $\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{s})$. On donne : $pK_s(\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{s})) = 5,2$.

- 1) Calculer la solubilité de $\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{s})$.
- 2) En déduire le pH d'une solution saturée en $\text{Ca}(\text{OH})_2(\text{s})$.

Exercice n° 3 : Condition de précipitation du sulfate d'argent (★★)

Quelle est la concentration molaire minimum d'une solution de nitrate d'argent (Ag^+ , NO_3^-) pour que, lorsqu'on mélange 20 mL de sulfate de sodium (Na^+ , SO_4^{2-}) à 0,050 mol/L et 40 mL de nitrate d'argent, il y ait précipitation de sulfate d'argent ?

On donne $pK_s(\text{Ag}_2\text{SO}_4(\text{s})) = 4,8$.

Exercice n° 4 : pH de précipitation (★★)

La solution étudiée est une solution de nitrate de cuivre (Cu^{2+} , 2NO_3^-) et de chlorure de fer(III) (Fe^{3+} , 3Cl^-), tous deux à la concentration molaire $C = 0,025 \text{ mol.L}^{-1}$.
On donne : $K_{s1}(\text{Cu}(\text{OH})_2(\text{s})) = 2,8 \cdot 10^{-19}$ et $K_{s2}(\text{Fe}(\text{OH})_3(\text{s})) = 9,1 \cdot 10^{-35}$

- 1) Calculer le pH de début de précipitation de l'hydroxyde de fer (III). En déduire le diagramme d'existence de l'hydroxyde de fer (III).
- 2) Faire de même pour l'hydroxyde de cuivre (II).
- 3) À quelle condition sur le pH, peut-on faire précipiter un seul des deux ions ? lequel ?

Exercice n° 5 : Récupération du nickel présent dans un déchet par précipitation sélective du sulfure de nickel (★★★)

Toutes les solutions sont aqueuses et sont prises à 25 °C.

Données à 25°C :

Le sulfure d'hydrogène H_2S est un diacide.

Constantes d'acidité : $pK_{a1}(H_2S/HS^-) = 7,00$; $pK_{a2}(HS^-/S^{2-}) = 13$

Constantes de solubilité : $pK_{S1}(NiS) = 25,0$; $pK_{S2}(FeS) = 16,4$

$M(Fe) = 56 \text{ g.mol}^{-1}$, $M(Ni) = 58,7 \text{ g.mol}^{-1}$.

- 1) Tracer le diagramme de prédominance des espèces acido-basique, sur un axe de pH.
- 2) Le pH d'une solution de sulfure d'hydrogène de concentration $5.10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ vaut 4,2 ; quelle est l'espèce prédominante ?
- 3) Établir l'expression de la concentration en ions sulfure $[S^{2-}]$ en fonction des constantes d'acidités K_{a1} et K_{a2} , de la concentration en ions oxonium $[H_3O^+]$ et de la concentration $[H_2S]$.

Précipitation sélective

Un échantillon de 3g de déchets métalliques contenant 5 % de nickel et 15 % de fer (% en masse) est mis à réagir avec un acide fort qui fait passer ces éléments en solution à l'état d'ions Ni^{2+} et Fe^{2+} . Le volume de la solution est ajusté à 250 mL avec de l'eau déminéralisée. Soit S la solution obtenue.

- 4) Calculer la concentration en Ni^{2+} et Fe^{2+} de la solution S .

On fait barboter du sulfure de dihydrogène dans cette solution (sans changement de volume) de telle sorte que la concentration de la solution en H_2S soit constante et égale à $5.10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.

- 5) À partir de quelle concentration en ion sulfure, FeS commence-t-il à précipiter ?
- 6) En déduire la valeur de $[H_3O^+]$ correspondante puis le pH de la solution lorsque FeS commence à précipiter ?
- 7) Quelle est la concentration en ions sulfure dans la solution lorsque 99,9% des ions Ni^{2+} ont précipité ? Quel est le pH correspondant ?
- 8) Dans quel domaine de pH doit on se placer pour éviter de précipiter l'élément fer tout en précipitant 99,9 % de l'élément nickel ?