

Activité
expérimentale

Traitement d'une solution contenant des ions métalliques

▪ Au cours d'un TP de chimie, les élèves ont versé dans le bidon « recyclage métaux » une solution de chlorure de fer (III) et une solution de sulfate de cuivre (II).

↳ Comment traiter ce mélange afin de séparer les ions Fe^{3+} des ions Cu^{2+} ?

Substances chimiques et pictogrammes de sécurité	
<p>Hydroxyde de sodium NaOH (s)</p> 	<p>Chlorure de cuivre dihydraté $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O (s)}$</p> 
<p>▪ H314 - provoque de graves brûlures et des lésions oculaires graves</p>	<p>▪ H302 – Nocif en cas d'ingestion ▪ H315 – Provoque une sévère irritation de la peau ▪ H319 – Provoque une irritation cutanée ▪ H410 – Très toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme</p>
<p>Nitrate de fer (III), nonahydraté $\text{Fe(NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O (s)}$</p> 	<p>Thiocyanate de potassium $\text{K}^+_{(\text{aq})} + \text{SCN}^-_{(\text{aq})}$</p> 
<p>▪ H272 – Peut aggraver un incendie ; comburant H315 – Provoque une irritation cutanée H319 – Provoque une sévère irritation des yeux</p>	<p>▪ H302 - Nocif en cas d'ingestion. ▪ H312 - Nocif par contact cutané. ▪ H332- Nocif par inhalation. ▪ H412 - Nocif pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme.</p>

Données :

- La précipitation des hydroxydes métalliques dépend du pH
- Prenons l'exemple de l'hydroxyde métallique $\text{X(OH)}_{a(s)}$ (de constante de solubilité K_s) se formant à partir des ions HO^- et X^{a+} : $\text{X}^{a+}_{(\text{aq})} + a \text{OH}^-_{(\text{aq})} \rightarrow \text{X(OH)}_{a(s)}$

On rappelle que le précipité d'hydroxyde métallique se forme lorsque : $[\text{HO}^-]^a \times [\text{X}^{a+}] = K_s$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{HO}^-] = 10^{-14} \quad ; \quad \text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] \quad ; \quad [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}}$$

On dispose des solutions suivantes :

- une solution de nitrate de fer III ($\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})}$; $3 \text{NO}_3^-_{(\text{aq})}$) dans laquelle $[\text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})}] = 3,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$
- une solution de chlorure de cuivre ($\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$; $2 \text{Cl}^-_{(\text{aq})}$). dans laquelle $[\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}] = 3,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$
- une solution d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+_{(\text{aq})}$; $\text{HO}^-_{(\text{aq})}$) de concentration $2,0 \text{ mol.L}^{-1}$
- une solution d'acide sulfurique concentrée

Préparation des solutions

→ Calculer la masse de nitrate de fer, nonahydraté $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}_{(s)}$ qu'il faut peser pour préparer **100 mL** d'une solution de concentration $3,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

→ Calculer la masse de chlorure de cuivre dihydraté $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}_{(s)}$ qu'il faut peser pour préparer **100 mL** d'une solution de concentration $3,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

- Préparer les solutions

Les hydroxydes métalliques

▪ En solution, les ions métalliques Fe^{3+} et Cu^{2+} précipitent en présence d'ions hydroxyde HO^- donnant des hydroxydes métalliques.

▶ ▶ Avec les ions Fe^{3+}

- Introduire dans un tube à essais environ 2 mL de la solution de nitrate de fer III contenant les ions Fe^{3+}
- Ajouter quelques gouttes de la solution d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+_{(aq)} ; \text{HO}^-_{(aq)}$).

→ Noter vos observations. Ecrire l'équation qui traduit la réaction de précipitation.

▶ ▶ Avec les ions Cu^{2+}

- Introduire dans un tube à essais environ 2 mL de la solution de chlorure de cuivre contenant les ions Cu^{2+}
- Ajouter quelques gouttes de la solution d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+_{(aq)} ; \text{HO}^-_{(aq)}$).

→ Noter vos observations. Ecrire l'équation qui traduit la réaction de précipitation.

pH de précipitation

▶ ▶ L'hydroxyde de fer

- Introduire dans un bécher 20 à 30 mL de la solution de nitrate de fer.
- Placer le bécher sur un agitateur magnétique. Mettre un turbulent dans le bécher. Mettre en route l'agitation.
- Acidifier la solution, en ajoutant quelques gouttes d'acide sulfurique concentré, afin d'avoir un pH initial proche de 1.
- Verser ensuite doucement, goutte à goutte, à l'aide d'une petite pipette, de la solution d'hydroxyde de sodium, jusqu'à l'obtention du précipité d'hydroxyde de fer III.

→ Mesurer le pH de la solution lorsque l'hydroxyde de fer apparaît.

▪ La constante de solubilité de l'hydroxyde de fer $\text{Fe}(\text{OH})_{3(s)}$ est **$K_{s1} = 2 \cdot 10^{-39}$**

→ Calculer la concentration des ions HO^- lorsque commence la précipitation, sachant que **$[\text{Fe}^{3+}_{(aq)}] = 3,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$**

→ Calculer la concentration des ions H_3O^+ lorsque commence la précipitation.

→ Calculer le $\text{pH}_{\text{théorique}}$ de début de précipitation.

► ► L'hydroxyde de cuivre

- Introduire dans un bécher 20 à 30 mL de la solution de chlorure de cuivre.
- Placer le bécher sur un agitateur magnétique. Mettre un turbulent dans le bécher. Mettre en route l'agitation.
- Acidifier la solution, en ajoutant quelques gouttes d'acide sulfurique concentré, afin d'avoir un pH initial proche de 1.
- Verser ensuite doucement, goutte à goutte, à l'aide d'une petite pipette, de la solution d'hydroxyde de sodium, jusqu'à l'obtention du précipité d'hydroxyde de cuivre..

→ Mesurer le pH de la solution lorsque l'hydroxyde de cuivre apparaît.

▪ La constante de solubilité de l'hydroxyde de cuivre $\text{Cu}(\text{OH})_{2(s)}$ est **$K_{s2} = 2.10^{-20}$**

→ Calculer la concentration des ions HO^- lorsque commence la précipitation, sachant que **$[\text{Cu}^{2+}_{(aq)}] = 3,0.10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$**

→ Calculer la concentration des ions H_3O^+ lorsque commence la précipitation.

→ Calculer le $\text{pH}_{\text{théorique}}$ de début de précipitation.

► ► Traitement d'une solution contenant des ions métalliques

→ Proposer une méthode permettant de séparer les ions Cu^{2+} et Fe^{3+} dans un mélange.

Précipitation sélective

- Introduire dans un bécher, 20 mL de la solution de chlorure de cuivre et 20 mL de la solution de nitrate de fer
- Placer le bécher sur un agitateur magnétique. Mettre un turbulent dans le bécher.
- Acidifier la solution, en ajoutant quelques gouttes d'acide sulfurique concentré, afin d'avoir un pH initial proche de 1.
- Verser ensuite la solution d'hydroxyde de sodium jusqu'à ce que le pH atteigne 3,5 - 4
- Filtrer alors le mélange contenu dans le bécher.

→ Quelle est l'espèce éliminée de la solution ? Sous quelle forme est-elle obtenue ?

→ Quelle est la couleur du filtrat ?

→ Quelle est l'espèce chimique contenue dans le filtrat ?

→ Comment vérifier qu'il ne contient qu'un type d'ions ?

→ L'ion $\text{SCN}^-_{(aq)}$ est un réactif caractéristique des ions fer (III). Proposer un test permettant de vérifier l'absence d'impureté dans le filtrat et la présence d'ions cuivre dans le filtrat.

→ L'objectif est-il atteint ? Conclure.