








▪ 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  $\text{Fe}^{3+}$  des ions  $\text{Cu}^{2+}$  ?

Substances chimiques et pictogrammes de sécurité	
<p><b>Hydroxyde de sodium</b> <math>\text{NaOH}_{(s)}</math></p>  <p>▪ H314 - provoque de graves brûlures et des lésions oculaires graves</p>	<p><b>Chlorure de cuivre dihydraté</b> <math>\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}_{(s)}</math></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><b>Nitrate de fer (III), nonahydraté</b> <math>\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}_{(s)}</math></p>   <p>▪ H272 – Peut aggraver un incendie ; comburant H315 – Provoque une irritation cutanée H319 – Provoque une sévère irritation des yeux</p>	<p><b>Thiocyanate de potassium</b> <math>\text{K}^+_{(aq)} + \text{SCN}^-_{(aq)}</math></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 :

<p>▪ En solution, les ions métalliques <math>\text{X}^{a+}</math> précipitent en présence d'ions hydroxyde <math>\text{HO}^-</math> donnant des hydroxydes métalliques <math>\text{X}(\text{OH})_{a(s)}</math> : <math>\text{X}^{a+}_{(aq)} + a \text{OH}^-_{(aq)} \rightarrow \text{X}(\text{OH})_{a(s)}</math> ; La précipitation dépend du pH</p> <p>▪ On rappelle que le précipité d'hydroxyde métallique apparait lorsque : <math>[\text{HO}^-]^a \times [\text{X}^{a+}] = K_s</math> Avec <math>K_s</math> la constante de solubilité de l'hydroxyde métallique</p>
<p>▪ <math>[\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{HO}^-] = 10^{-14}</math>    ▪ <math>\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+]</math>    ▪ <math>[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}}</math></p>
<p>▪ L'ion <math>\text{SCN}^-_{(aq)}</math> est un réactif caractéristique des ions fer (III).</p>

#### On dispose des solutions suivantes :

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

## A/ 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  **$3,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$**

→ 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  **$3,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$**

- Préparer les solutions

## B/ Etude de l'hydroxyde de fer

### ► ► Précipitation de l'hydroxyde de fer

- Introduire dans un tube à essais environ 2 mL de la solution de nitrate de fer III contenant les ions  $\text{Fe}^{3+}$   
- 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.

### ► ► Détermination du pH de début de précipitation

#### Détermination théorique

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

→ Quelle relation peut-on écrire (entre les concentrations des ions  $\text{Fe}^{3+}$  et  $\text{OH}^-$ ) lorsque le précipité d'hydroxyde de fer apparaît ?

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

→ Calculer la concentration des ions  $\text{H}_3\text{O}^+$  lorsque commence la précipitation.

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

#### Détermination expérimentale

- 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.

## C/ Etude de l'hydroxyde de cuivre

### ► ► Précipitation de l'hydroxyde de cuivre

- Introduire dans un tube à essais environ 2 mL de la solution de chlorure de cuivre contenant les ions  $\text{Cu}^{2+}$
- 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.

### ► ► Détermination du pH de début de précipitation

#### Détermination théorique

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

→ Quelle relation peut-on écrire (entre les concentrations des ions  $\text{Cu}^{2+}$  et  $\text{OH}^-$ ) lorsque le précipité d'hydroxyde de cuivre apparaît ?

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

→ Calculer la concentration des ions  $\text{H}_3\text{O}^+$  lorsque commence la précipitation.

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

#### Détermination expérimentale

- 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.

## D/ Traitement d'une solution contenant des ions métalliques

- Introduire dans un bécher, 20 mL de la solution de chlorure de cuivre et 20 mL de la solution de nitrate de fer

→ Proposer un protocole permettant de séparer les ions  $\text{Cu}^{2+}$  et  $\text{Fe}^{3+}$  du mélange ; Faire valider le protocole puis le réaliser.

→ Proposer un protocole permettant de vérifier que la séparation a été correctement effectuée ; Faire valider le protocole puis le réaliser.