

OBJECTIFS

- Connaître une des étapes de la production d'un métal à partir de son minerai.
- Savoir comment séparer des ions métalliques par précipitation sélective de leurs hydroxydes ou par réduction.

I. EXEMPLE D'ÉTAPES DE LA PRODUCTION DU ZINC MÉTALLIQUE PAR HYDROMÉTALLURGIE

Le principal minerai naturel dans lequel on trouve l'élément zinc est nommé blende : il s'agit de sulfure de zinc de formule ZnS. Afin d'arriver au zinc métallique depuis ce minerai, on peut procéder à 5 opérations successives :

- **Le grillage** : la blende est broyée puis chauffée en présence d'air et se transforme en oxyde de zinc (ou calcine) de formule ZnO selon la réaction d'équation :
- **La lixiviation** : Le but de la lixiviation est de mettre en solution le zinc sous forme d'ion Zn^{2+} en traitant la calcine avec le l'acide sulfurique selon la réaction acide base d'équation :

- **La précipitation sélective** : il reste ensuite à réduire les ions Zn^{2+} en atomes de zinc Zn. L'ennui est que le traitement infligé au minerai de départ aura aussi oxydé, puis fait passer sous forme ionique, les autres métaux présents dans le minerai. La solution ionique contient donc des impuretés telles que des ions cuivre Cu^{2+} ou fer Fe^{3+} ... Il faut donc séparer les ions zinc Zn^{2+} des autres cations métalliques. Cette séparation se fait par précipitation sélective (ou précipitation fractionnée) d'hydroxyde métallique.

Les ions Fe^{3+} , par exemple, peuvent être séparés des ions Zn^{2+} par ce procédé.

- **La cémentation** : Le but de la cémentation de la solution issue des opérations précédentes est de retirer les éléments : cobalt, nickel, cadmium et cuivre encore présents sous forme d'ions.

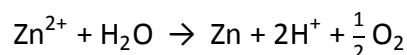
Le principe est de mettre en contact les ions métalliques avec un métal ayant un pouvoir réducteur plus important. On utilise ici de la poudre de zinc fine.

Avec les ions cuivre (II), par exemple, on a la réaction suivante :

Il faut faire plusieurs cémentations successives. La difficulté d'extraire les éléments suit l'ordre suivant par difficulté croissante : Cuivre, Cadmium, Nickel, Cobalt. On joue en particulier sur la température (entre 45°C et 65°C pour le cadmium, 75°C et 95°C pour le cobalt).

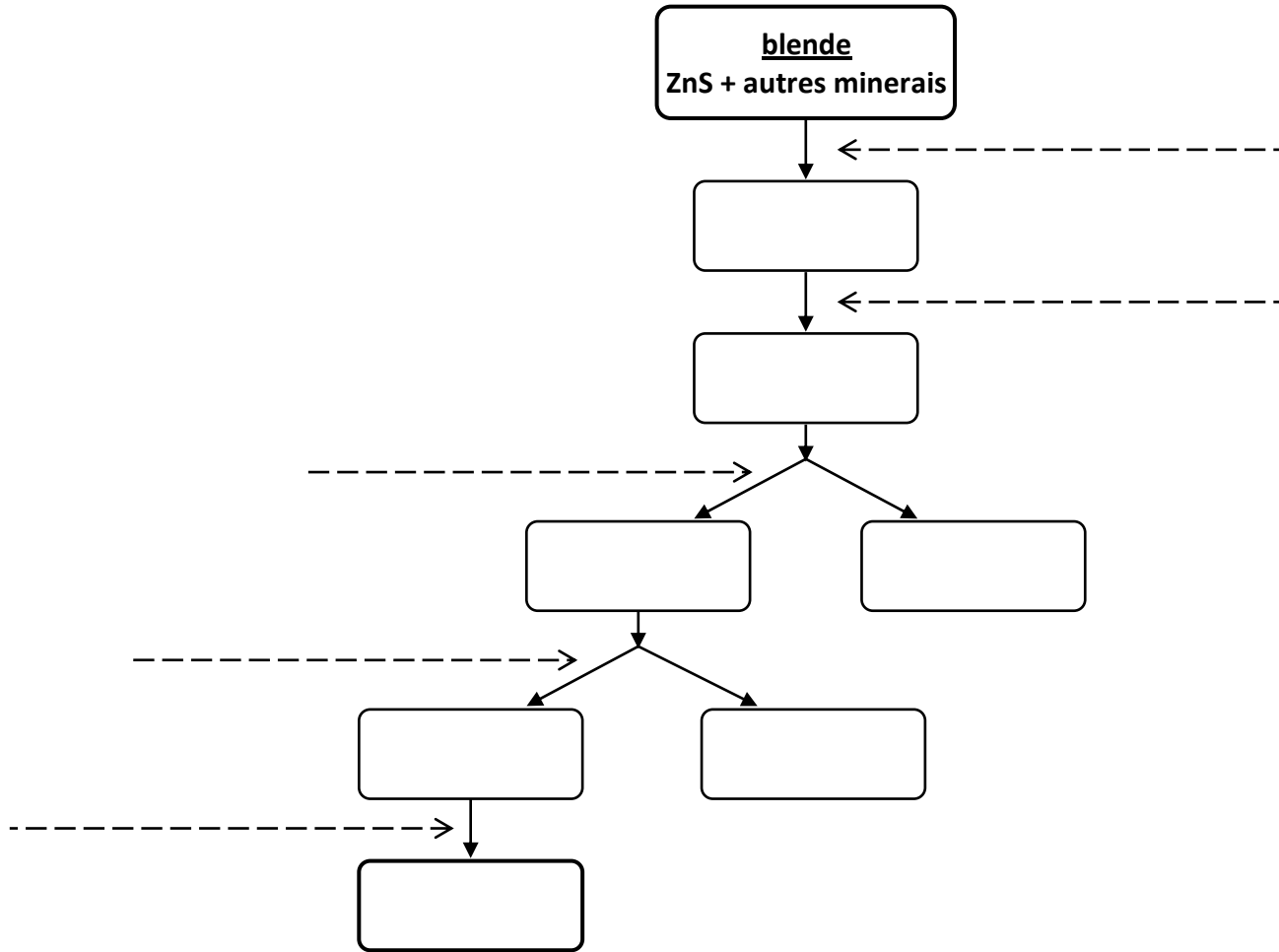
Les liquides et les solides sont séparés par filtration.

- **L'électrolyse** : Enfin, les cations Zn^{2+} ayant été isolés, on les réduira par électrolyse pour récupérer le métal :



Les techniques qui consistent à faire passer un élément métallique en solution afin de l'isoler puis de le produire constituent l'hydrométallurgie.

1. Résumer ces opérations en complétant le tableau synoptique ci dessous.



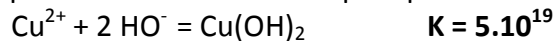
II. ÉTUDE THÉORIQUE : PRÉCIPITATION D'UN CATION MÉTALLIQUE PAR ACTION DES IONS HYDROXYDE HO⁻

Nous effectuerons la séparation des cations métalliques par traitement chimique. Les techniques physiques de séparation (décantation, filtration, distillation, etc ...) seraient ici toutes inefficaces.

Prenons un cas à titre d'exemple :

soit un cation métallique Cu^{2+} en solution aqueuse de concentration $1,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$

En présence d'ions HO^- , il peut se produire une réaction de précipitation d'équation :



2. Déterminer la valeur du pH à partir duquel les ions Cu^{2+} précipitent sous forme d'hydroxyde de cuivre.

Nous pouvons donc conclure que la précipitation des différents cations métalliques en solution ionique dépend du pH de la solution. Il est donc possible, en augmentant petit à petit le pH par ajout d'une solution basique, d'effectuer une précipitation fractionnée des différents cations en solution, et donc de les séparer par filtrages successifs.

III. ILLUSTRATION DES ÉTAPES DE PRÉCIPITATION SÉLECTIVES ET DE CÉMENTATION LORS DE L'ÉLABORATION DU ZINC

MÉTALLIQUE

a. Étude préliminaire : connaissances des tests d'identification des cations métalliques

On dispose de 3 solutions contenant un cation métallique :

- Une solution S_1 de sulfate de zinc (II) de concentration $C_1 = 0,9 \text{ mol.L}^{-1}$.
- Une solution S_2 de chlorure de fer (III) de concentration $C_2 = 0,03 \text{ mol.L}^{-1}$.
- Une solution S_3 de sulfate de cuivre(II), de concentration $C_3 = 0,03 \text{ mol.L}^{-1}$.

→ Dans trois tubes à essais, verser respectivement **2 mL** de solution S_1 de sulfate de zinc, **2 mL** de solution S_2 de chlorure de fer et **2 mL** de solution S_3 de sulfate de cuivre.

→ Verser dans chaque tube **quelques gouttes** d'hydroxyde de sodium de concentration $C_B = 2 \text{ mol.L}^{-1}$. Observer et conclure.

b. Partie expérimentale : résolution d'un problème scientifique expérimental

- Dans un bécher, mélanger **20 mL** de solution S_1 , **20 mL** de solution S_2 et **20 mL** de solution S_3 . Agiter, le mélange est prêt.

Problème scientifique expérimental : isoler les ions zinc Zn^{2+} contenus dans le mélange.

Matériel et produits à disposition :

- | | | |
|---------------------------|--------------------------|----------------------|
| ★ système de filtration ; | ★ pH-mètre ; | ★ acide sulfurique ; |
| ★ béchers ; | ★ agitateur magnétique ; | ★ soude ; |
| | | ★ poudre de zinc. |

Travail :

- 📄 Analyser le problème posé ;
- 📄 Construire des étapes de résolution ;
- 📄 Établir un protocole opératoire ;
- 📄 Le mettre en œuvre ;
- 📄 Vérifier le résultat obtenu.

Quelques pistes :

- ↪ Utiliser quelques notions scientifiques et quelques étapes du processus vues précédemment.
- ↪ S'inspirer du matériel et des produits fournis.
- ↪ Réaliser une étude théorique préalable.

Données : constantes d'équilibre K :

- de la précipitation des ions Fe^{3+} sous forme d'hydroxyde de fer III : $5,0 \cdot 10^{38}$
- de la précipitation des ions Cu^{2+} sous forme d'hydroxyde de fer III : $5,0 \cdot 10^{19}$
- de la précipitation des ions Zn^{2+} sous forme d'hydroxyde de fer III : $1,5 \cdot 10^{17}$

Attention : les concentrations à considérer sont celles dans le mélange préparé.

