

Élaboration d'un métal : exemple du zinc

Travail préparatoire - Métallurgie du zinc

Doc 1. Où trouve-t-on le Zinc ?

Dans les minerais, l'élément zinc (Zn), est très souvent associé aux éléments plomb (Pb), cadmium (Cd), au fer (Fe) ainsi qu'aux éléments cuivre Cu, bismuth Bi, Sb, As, Ge, In, Ag, Au....

Le principal minerai de zinc est la blende (dans laquelle le zinc est sous la forme de sulfure de zinc : ZnS). On le trouve également dans d'autres minerais : smithsonite (ZnCO_3), hémimorphite (ou calamine, $\text{Zn}_4\text{Si}_2\text{O}_7(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$). La teneur des minerais en zinc varie de 4 à 20 %. On compte environ 350 mines en exploitation dans le monde.

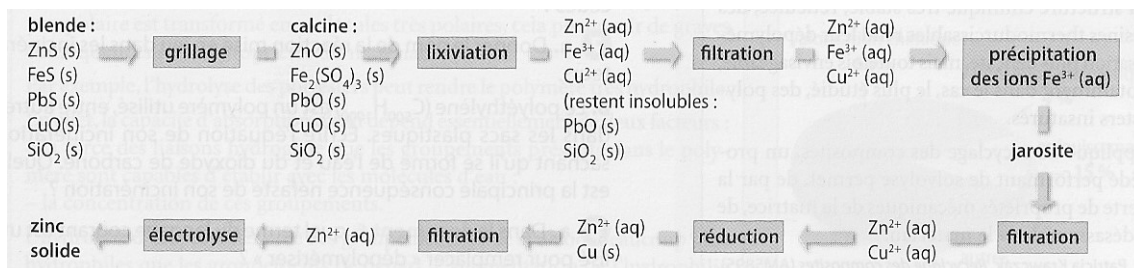
La blende est un milieu complexe contenant des sulfures de zinc mais aussi d'autres éléments métalliques tels que le cuivre, le cadmium, le plomb et surtout le fer en quantité non négligeable. Tous ces éléments doivent être éliminés avant la phase de purification du métal par électrolyse. Le minerai subit d'abord un grillage qui fournit de l'oxyde de zinc ZnO mélangé aux autres oxydes métalliques. Tous ces oxydes sont alors attaqués par une solution concentrée d'acide sulfurique. Il en résulte une solution acide de sulfates métalliques. Par élévation du pH de la solution, on élimine les ions fer(III) : en effet l'hydroxyde de fer(III) précipite dès que le pH devient supérieur à 2. Dans l'industrie, on se place à un pH de 4,5. Le précipité d'hydroxyde de fer(III), $\text{Fe}(\text{OH})_3$, est séparé par décantation puis filtration. Les autres éléments métalliques sont éliminés par d'autres techniques.

Doc 2. Préparation industrielle du zinc

La métallurgie est l'art d'extraire les métaux de leurs minerais. Compte tenu du caractère oxydant de l'atmosphère terrestre, les minerais contiennent généralement les éléments métalliques à l'état oxydé : la plupart d'entre eux sont des oxydes, des sulfures, des chlorures ou des carbonates. Chimiquement, la préparation des métaux est donc une réduction. Les minerais étant généralement des composés complexes, l'obtention du métal nécessite en général de nombreuses étapes ; celles qui se déroulent en phase aqueuse constituent l'hydrométallurgie.

Dans le cas du zinc, cette méthode de préparation assure 90% de la production mondiale de métal.

Les différentes étapes qui permettent de fabriquer du zinc solide à partir du minerai sont résumées ci-dessous.



- 1) Séparation de la gangue (partie du minerai qui ne contient pas de zinc) et de la blende contenant 40 à 60 % de sulfure de zinc ZnS (s).
- 2) Grillage : les sulfures qui constituent la blende passent principalement sous forme d'oxydes, qui pourront être dissous plus facilement. On obtient la calcine.
- 3) Lixiviation : certains oxydes, dont l'oxyde de zinc, sont dissous grâce à une solution d'acide sulfurique. $\text{ZnO} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Zn}^{2+} + \text{H}_2\text{O}$. Malheureusement cette réaction fait passer en solution des impuretés métalliques (Fe^{3+} et Cu^{2+}) Lors de cette opération la température augmente jusqu'à environ 60°C
- 4) Filtration des oxydes non dissous ne contenant pas de zinc.
- 5) Précipitation des ions fer Fe^{3+} (aq) à chaud en ajoutant du sulfate d'ammonium, à un pH de presque 5. Le précipité brun formé est la jarosite, de formule $\text{Fe}_6(\text{OH})_{12}(\text{SO}_4)_4(\text{NH}_4)_2$ (s)
- 6) Filtration de la jarosite.
- 7) Réduction des ions Cu^{2+} (aq) par ajout de poudre de zinc. On utilise du zinc métallique pour ne pas ajouter d'impuretés. La solution ne contient que des ions Zn^{2+} (aq) après filtration.
- 8) Électrolyse de la solution obtenue avec, comme électrodes, une plaque de plomb et une plaque d'aluminium.

- Dans quel minerai trouve-t-on principalement le Zinc ? Quelles sont les principales impuretés contenues dans ce minerai ?
- Qu'est-ce que l'hydrométallurgie ?
- Le grillage consiste à faire réagir le minerai avec du dioxygène. Le soufre associé au zinc ou au plomb est transformé en dioxyde de soufre (ou anhydride sulfureux) $\text{SO}_{2(g)}$. Ecrire l'équation de la réaction qui conduit à la formation de $\text{ZnO}_{(s)}$, lors de cette étape.
- Dans l'étape de lixiviation, ZnO réagit avec l'acide sulfurique H_2SO_4 . Ecrire l'équation de la transformation qui conduit à l'ion Zn^{2+} , sachant qu'il se forme aussi de l'eau et des ions sulfate SO_4^{2-} .

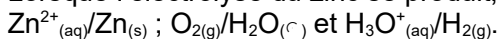
Activité – Électrolyse de la solution contenant les ions Zinc (II)

Doc. 3

La solution obtenue après les étapes de réduction et de filtration est placée dans une cuve contenant deux électrodes, une en plomb et une en aluminium. L'électrode en plomb est reliée à la borne + du générateur de tension continue et l'électrode d'aluminium est reliée à la borne – du générateur.

Pour faire une **étude quantitative** de l'électrolyse, il faut mesurer l'intensité I du courant qui les traverse et la durée t pendant laquelle le montage est sous tension.

Lorsque l'électrolyse du zinc se produit, trois couples oxydant/réducteur sont mis en jeu :



La production de dihydrogène est une réaction parasite.

Doc. 4

Lorsque le circuit fonctionne pendant une durée t , le générateur fait circuler une charge électrique Q à travers le circuit telle que $Q = I \times t = n(e^-) \times F$

avec I = intensité du courant électrique (en A).

t = durée pendant laquelle le courant électrique circule (en s).

F = constante de Faraday = $96500 \text{ C}\cdot\text{mol}^{-1}$;

$n(e^-)$ = quantité de matière d'électrons consommés à l'électrode d'aluminium (en mol)

Doc.5

Le rendement de la synthèse d'une espèce chimique est égal au rapport de la masse formée expérimentalement sur la masse théorique attendue.

1. Expérience

- Faire le schéma du montage correspondant en indiquant le branchement des différents appareils. A faire valider.
- Peser l'électrode d'aluminium.
- Réaliser le montage en versant 50mL de sulfate de zinc dans un pot de yaourt qui servira de cuve d'électrolyse.
- Régler l'intensité du courant délivré par le générateur à 1,8 A.
- Laisser l'électrolyse se produire pendant 10 minutes.

2. Exploitation

- Que se passe-t-il à chaque électrode lorsqu'un courant circule dans le circuit ? Noter vos observations. En déduire les demi-équations redox des réactions se produisant sur chaque électrode.
- Compléter le schéma avec le sens de circulation des électrons dans le circuit.
- Estimer la masse théorique de zinc qui va se former dans ces conditions.
- Au bout des 10 minutes, retirer l'électrode d'aluminium du circuit et la sécher délicatement sans retirer le dépôt.
- Peser l'électrode d'aluminium et déterminer la masse expérimentale de zinc formée. Calculer le rendement.
- Commenter le résultat obtenu. Quelles sources d'erreur peuvent être envisagées ?