

Chapitre 20

Séparations en hydroméallurgie

RÉVISION ET RÉSUMÉ

Dans votre livre Le cours correspondant est le paragraphe 1 pages 152 à 155; les exercices correspondants sont les N°4, 6, 7 et 9 pages 167 à 171.

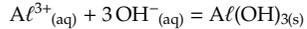
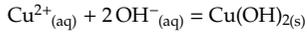
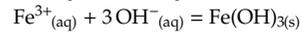
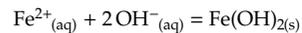
Hydroméallurgie La métallurgie a comme objectif la production de métaux. Rares sont les métaux à l'état natif dans les mines. L'hydroméallurgie correspond aux transformations des métaux et de leurs composés, en présence d'eau.

Minerai Un minerai est un oxyde ou un sulfure du métal correspondant, qu'il faut traiter pour obtenir le métal.

Oxydes Monoxyde de fer (II) $\text{FeO}_{(s)}$, trioxyde de fer (III) $\text{Fe}_2\text{O}_{3(s)}$, alumine $\text{Al}_2\text{O}_{3(s)}$, monoxyde de zinc (II) $\text{ZnO}_{(s)}$, monoxyde de cuivre (II) $\text{CuO}_{(s)}$ sont quelques exemples d'oxydes courants.

Attaque L'attaque acide ou basique des oxydes des métaux permet d'obtenir les ions métalliques correspondants en solution.

Séparations Les séparations les plus courantes en hydroméallurgie consistent à former, à partir d'une solution d'ions métalliques, les précipités d'hydroxyde métalliques correspondants :



MOTS CLÉS

Hydroméallurgie

Oxydes

Tests d'identification

Diagramme de prédominance

Minerai

Séparations

pH de précipitation

QUESTIONS

Q1 Pourquoi peut-on trouver les métaux précieux comme l'or ou l'argent directement à l'état *natif* dans des mines, alors qu'avec des métaux comme le fer, le cuivre ou le zinc, on ne trouve que des oxydes ou des sulfures? Faites intervenir la notion d'équilibre chimique dans votre réponse.

Q2 Dans un tableau périodique, indiquez la position du soufre S, et comparez avec l'oxygène O. Utilisez ces renseignements pour expliquer que l'on trouve tantôt des oxydes de zinc, tantôt des sulfures de zinc à l'état naturel. Connaissant la formule de l'oxyde de

zinc $\text{ZnO}_{(s)}$, donner alors celle du sulfure de zinc.

Q3 Donnez les formules brutes de l'oxyde de cuivre (I), de l'oxyde de cuivre (II), de l'oxyde d'aluminium (III) ou alumine, ainsi que celle de l'oxyde de titane (IV).

Q4 Lors du TP sur la métallurgie du zinc, on a utilisé une réduction par un excès de poudre de zinc pour éliminer les ions $\text{Cu}^{2+}_{(aq)}$ et $\text{Fe}^{2+}_{(aq)}$. Écrire les équations d'oxydoréduction correspondants à cette méthode, et comparer avec la méthode de séparation par précipitation.

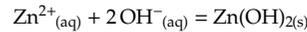
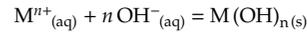


Schéma général pour un métal $\text{M}_{(s)}$ et son ion $\text{M}^{n+}_{(aq)}$:



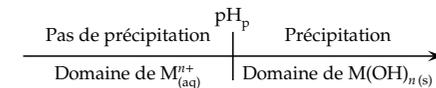
$$Q_r = \frac{1}{[\text{M}^{n+}][\text{OH}^-]^n}$$

Une fois le précipité solide formé, on le récupère par filtration.

pH de précipitation Pour provoquer la précipitation d'un ion métallique, on ajoute des ions hydroxyde $\text{OH}^{-}_{(aq)}$, ce qui correspond à une augmentation du pH.

Pour avoir précipitation, il faut que $Q_{r,i} \geq K$, ce qui correspond à $\text{pH} \geq \text{pH}_p$ où pH_p est le pH de précipitation.

Domaines de prédominance À partir de la donnée du pH de précipitation, on peut tracer un domaine de prédominance du précipité :



Tests d'identification Les réactions de précipitation précédentes peuvent aussi être utilisées pour identifier les solutions d'ions métalliques.

Corrigé 20

Séparations en hydroméallurgie

QUESTIONS

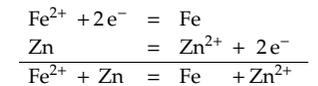
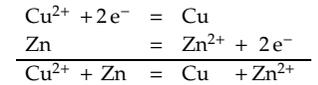
Q1 L'or et l'argent sont des métaux inoxydables, à contrario du fer, du cuivre ou du zinc, donc les réactions d'oxydation ont des constantes d'équilibre de valeurs élevées : l'équilibre est très déplacé dans le sens de l'oxydation du métal.

Q2 Le soufre et l'oxygène sont positionnés en colonne VI, ils appartiennent à la même famille. Ils ont donc les mêmes propriétés chimiques, et forment des composés analogues. $\text{ZnO}_{(s)}$ pour l'oxyde de zinc, donc $\text{ZnS}_{(s)}$ pour le sulfure de zinc.

Q3 $\text{Cu}_2\text{O}_{(s)}$; $\text{CuO}_{(s)}$; $\text{Al}_2\text{O}_{3(s)}$; $\text{TiO}_2_{(s)}$.

Q4 Les ions cuivre (II) et fer (II) subissent une réduction,

l'oxydant étant le zinc $\text{Zn}_{(s)}$:

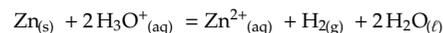
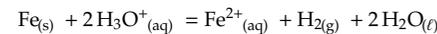


Les impuretés (cuivre et fer) sont maintenant à l'état de métaux solides et peuvent être facilement éliminées. Le défaut de cette méthode est de faire intervenir le métal zinc, que l'on veut au contraire produire et pas consommer.

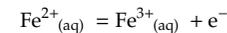
EXERCICES

20.1 N°4 p. 167 : Séparation des ions zinc et fer

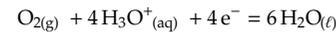
1. Action de l'acide sulfurique sur le fer et le zinc :



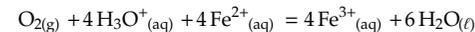
2. Couple ($\text{Fe}^{3+} / \text{Fe}^{2+}$) :



Couple ($\text{O}_2 / \text{H}_2\text{O}$) :



Bilan :



3. a. Quotients de réaction :

$$Q_{r,1} = \frac{1}{[\text{Fe}^{3+}][\text{OH}^-]^3}$$

$$Q_{r,2} = \frac{1}{[\text{Zn}^{2+}][\text{OH}^-]^2}$$

b. Lors de la formation des précipités, $Q_{r,1} = K_1$ et $Q_{r,2} = K_2$; on déduit des quotients ci-dessus les concentrations en ions hydroxyde :

$$[\text{OH}^-]_1 = \left(\frac{1}{K_1[\text{Fe}^{3+}]} \right)^{\frac{1}{3}} = 4,6 \cdot 10^{-13} \text{ mol}$$

$$[\text{OH}^-]_2 = \left(\frac{1}{K_2[\text{Zn}^{2+}]} \right)^{\frac{1}{2}} = 3,2 \cdot 10^{-8} \text{ mol}$$

c. D'après l'autoprotolyse de l'eau :

$$K_e = [\text{H}_3\text{O}^{+}][\text{OH}^-]$$

On prends le logarithme décimal des deux côtés :

$$\log K_e = \log [\text{H}_3\text{O}^{+}] + \log [\text{OH}^-]$$

On reconnaît les définitions du pH et du pK_e :

$$-\text{p}K_e = -\text{pH} + \log [\text{OH}^-]$$

$$\Leftrightarrow \text{pH} = \text{p}K_e + \log [\text{OH}^-]$$

Applications numériques :

$$\text{pH}_1 = 1,7 \quad \text{et} \quad \text{pH}_2 = 6,5$$

4. Oui : on sépare les ions fer (II) et les ions zinc (II) en amenant le pH de la solution à une valeur comprise entre 1,7 et 6,5. En filtrant, les ions zinc (II) $\text{Zn}^{2+}_{(aq)}$ seront dans le filtrat, et l'hydroxyde de fer (II) $\text{Fe}(\text{OH})_{3(s)}$ solide restera dans le filtre.

5. À $\text{pH} = 3,5$, la concentration en ions fer (III) est donnée par :

$$[\text{Fe}^{3+}] = \frac{1}{K_1[\text{OH}^-]^3} \quad \text{et} \quad [\text{OH}^-] = \frac{K_e}{[\text{H}_3\text{O}^{+}]} = \frac{K_e}{10^{-\text{pH}}}$$

Numériquement, $[\text{Fe}^{3+}] = 3,2 \cdot 10^{-28} \text{ mol.L}^{-1}$ ce qui est négligeable : succès de la méthode de séparation.

20.2 N°7 p. 168 : De la bauxite à l'aluminium

Corrigé dans votre livre (Bac Juin 2005).