

En 2011 la production mondiale d'aluminium s'est élevée à 44 millions de tonnes. L'objectif de cette activité est l'étude simplifiée du protocole industriel permettant la production de l'aluminium.

A. DE LA BAUXITE À L'ALUMINE

► Document 1 : La bauxite

L'aluminium (Al) est un élément très abondant qui compose environ 8,1% de l'écorce terrestre. C'est le 3^{ème} élément le plus abondant de cette écorce, derrière l'oxygène (46,6%) et le silicium (27,7%), et devant le fer (5,0%). Il n'existe pas sous forme métallique dans la nature, mais seulement sous forme d'oxydes plus ou moins complexes, souvent combinés avec la silice. La bauxite (cf. photo) est le minerai le plus utilisé pour produire l'alumine Al_2O_3 dont l'électrolyse à l'état fondu permet d'obtenir l'aluminium.

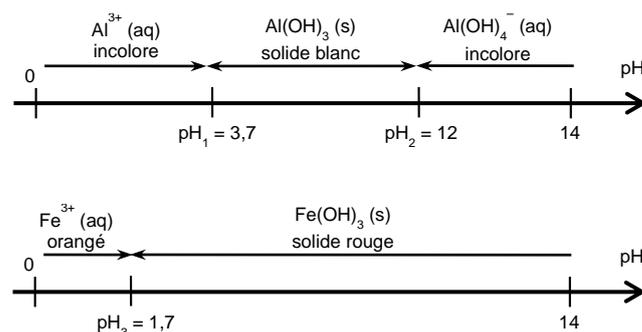
Le minerai contient cependant des impuretés qu'il faudra éliminer par différents traitements : on considérera par la suite que l'oxyde de fer (III) $Fe_2O_3(s)$ est la principale impureté du minerai.



► Document 2 : Hydrométallurgie de l'aluminium et du fer

L'hydrométallurgie est l'ensemble des procédés d'extraction par mise en solution dans un solvant acide ou basique.

La lixiviation est l'attaque d'un minerai par une solution acide ou basique concentrée, à chaud. Elle va permettre de transformer les espèces contenues dans le minerai en celles indiquées dans les diagrammes de prédominance ci-dessous. Ces diagrammes indiquent sous quelle forme existe chaque élément en fonction du pH.



Les ions thiocyanate SCN^- permettent de tester la présence des ions Fe^{3+} en solution : le test est positif si une coloration rouge sang apparaît.

1. Comment expliquer la couleur rouge du minerai de bauxite ?
2. En utilisant les documents ci-dessus, proposer une méthode permettant d'extraire l'élément aluminium de la bauxite sous forme d'hydroxyde d'aluminium.

3. Mettre en œuvre le mode opératoire suivant :

La solution d'hydroxyde de sodium utilisée dans ce TP est **très concentrée et donc extrêmement corrosive** .

Le port de lunettes de protection en plus de la blouse est obligatoire **pendant la totalité des opérations suivantes**.

⇒ Broyer finement 5g de bauxite dans un mortier.

⇒ Avec la spatule, placer la poudre obtenue dans un erlenmeyer, y ajouter environ 25mL de solution de soude à $2,5\text{mol.L}^{-1}$ et tout en agitant, chauffer à 80°C (thermostat réglé à 150°C). Une partie du solide seulement se dissout.

⇒ Laisser refroidir, puis filtrer et noter la couleur du précipité et celle du filtrat.

⇒ Récupérer le filtrat dans un erlenmeyer et en introduire 0,50mL dans un tube à essais que l'on gardera pour un test ultérieur.

⇒ Ajouter progressivement au filtrat une solution d'acide chlorhydrique à $3,0\text{mol.L}^{-1}$, à l'aide de la burette graduée, jusqu'à ce que le pH de la solution, vérifié avec un papier pH, soit compris entre 6 et 8.

⇒ Filtrer le précipité formé, le rincer et le sécher (pour cette dernière étape il faudrait utiliser une étuve). On obtient de l'alumine après séchage.

- a. Proposer un test permettant de vérifier que le filtrat mis dans le tube à essais ne contient pas d'ions Fe^{3+} .
- b. L'alumine $Al_2O_3(s)$ (utilisée lors de l'électrolyse de l'étape suivante) peut être obtenue par déshydratation à chaud de $Al(OH)_3(s)$. Écrire l'équation de cette réaction.
- c. En déduire l'équation de la réaction des ions hydroxyde HO^- en excès avec l'alumine Al_2O_3 lors de l'étape de lixiviation.

B. LA TRANSFORMATION DE L'ALUMINE EN ALUMINIUM

► Document 3 : Électrolyse de l'alumine Al_2O_3

L'aluminium est tiré de l'alumine par réduction électrolytique qui s'effectue dans des cuves que traverse un courant continu à haute intensité (de l'ordre de $10^5 A$ sous une tension d'environ 4V). Les cuves sont revêtues de blocs de carbone qui forment la cathode. Ces cuves contiennent un électrolyte en fusion qui dissout vers $950^\circ C$ l'alumine $Al_2O_3(s)$ qui y est apportée. Les anodes, constituées de carbone très pur, plongent dans l'électrolyte. Par électrolyse, l'alumine est transformée en aluminium et en oxygène. L'aluminium liquide se dépose au fond de la cuve, où il est récupéré puis solidifié après refroidissement.

Données :

- Température de fusion de l'alumine : $2054^\circ C$
- Masse molaire de l'aluminium : $27,0 g \cdot mol^{-1}$
- La réaction de dissolution de l'alumine peut-être modélisée par l'équation chimique suivante : $Al_2O_3(s) \rightarrow 2Al^{3+} + 3O^{2-}$
- On admet que, dans cette phase, l'électrolyte, non aqueux, est constitué des ions suivants Al^{3+} et O^{2-} .
- Couples mis en jeu lors de l'électrolyse : Al^{3+}/Al et O_2/O^{2-}
- La réaction d'électrolyse de l'alumine s'écrit : $4Al^{3+} + 6O^{2-} \rightarrow 3O_2 + 4Al(s)$
- Définition de l'intensité I : $I = Q / \Delta t$ où Q est la charge électrique qui traverse l'électrolyseur durant la durée Δt .
- Constante de Faraday (charge d'une mole d'électrons) : $9,65 \cdot 10^4 C \cdot mol^{-1}$

1. D'après le texte quelle est l'action de l'électrolyte sur l'alumine introduite ?
2. Faire un schéma simplifié du circuit électrique montrant la cuve, la position et le nom des électrodes, l'électrolyte, le générateur, en précisant la polarité de ses bornes.
3. Déterminer la durée nécessaire Δt (exprimée en heures) pour préparer, par électrolyse, une masse $m = 1,0$ tonne d'aluminium, l'intensité du courant I étant constante : $I = 1,0 \cdot 10^5 A$.

C. CYCLE DE VIE DES MATÉRIAUX

► Document 4 : Du minerai au recyclage

La plupart des objets, des outils, des instruments qu'utilise l'homme ont été façonnés en utilisant des **matériaux** extraits de **matières premières naturelles**. Après usage ou détérioration, ils constituent des déchets.

Le devenir des matériaux qui constituent les **déchets ménagers** non périssables et les **déchets industriels** est très variable et dépend de leur nature et de leur constitution.

Les principaux **matériaux recyclables** sont le verre, l'acier, l'aluminium, certaines matières plastiques, le carton et le papier.

Les objets sont collectés, puis acheminés vers des centres où ils sont triés de façon automatisée selon leur nature, leur taille, leur forme, etc. Ils sont ensuite acheminés vers les

centres de traitement. Le recyclage n'est encore envisagé que pour un nombre très limité d'objets manufacturés.

Différentes fins de vie sont possibles pour les objets manufacturés : **la réutilisation**, **le recyclage pour redonner les matières premières originelles**, le recyclage pour donner les matériaux permettant de fabriquer les objets manufacturés similaires ou d'autres objets, **la valorisation énergétique** (combustion) ou **la mise en décharge**.

Certaines bouteilles de verre dans la restauration, des bacs plastiques de transport et manutention sont réutilisés sans modification après nettoyage. Cependant, **la réutilisation** d'objets manufacturés est encore rare.

► Document 5 : Les métaux de l'électronique

Pour chacun des métaux cités, sont indiqués le pourcentage de métal issu du recyclage utilisé dans l'industrie électronique et la date d'épuisement des réserves dans le cadre d'une extraction à un coût admissible.

Matériau	% recyclé	Épuisé en
Plomb	72 %	2030
Aluminium	49 %	–
Or	43 %	2025
Nickel	35 %	2048
Cuivre	31 %	2039
Zinc	26 %	2025

► Document 6 : Pourquoi recycler ?



1. Comment expliquer que, dans le tableau du document 5, aucune date d'épuisement ne soit donnée pour l'aluminium ?
2. Commenter, en argumentant, la phrase du document 6 : "une tonne de matière plastique recyclée permet d'économiser 700 kg de pétrole brut".
3. Faire un schéma récapitulatif illustrant la vie d'un objet manufacturé de la fabrication à partir des matières premières jusqu'à sa (ses) fin(s) de vie en utilisant les différents mots ou expressions en gras du document 4.
4. Exposer l'intérêt du recyclage des matériaux.
5. Proposer une définition pour l'expression "cycle de vie d'un matériau".