

OBTENTION DES METAUX USUELS

I Minerai

A l'exception des métaux dits « **natifs** », c'est-à-dire que l'on peut trouver directement dans la nature sous forme métallique, comme : l'or, l'argent et plus rarement le cuivre, les métaux sont obtenus à partir de **minerais**.

Dans les minerais, les métaux se trouvent sous forme des **combinaisons chimiques (composés métalliques)** mélangées avec des roches stériles appelées **la gangue**.

1. Définition

On appelle minerai une roche dont on peut extraire un métal.

Minerai = composé métallique + gangue

2. Types de minerais

Les types des **composés métalliques** qu'on trouve dans les minerais sont : **les oxydes, les sulfures, les carbonates...**

2.1. Les minerais oxydés

Dans les minerais oxydés, le métal est associé à l'oxygène, la combinaison chimique est un oxyde

Exemples :

- **La Magnétite** (Fe_3O_4), 72% de fer, couleur gris foncé à noir.
- **L'hématite** (Fe_2O_3), 70% de fer, l'un des principaux minerais de fer, le plus souvent employée dans l'industrie.
- **La bauxite** est un minerai qui contient de 40 % à 60 % d'oxyde d'aluminium (alumine : Al_2O_3).
- **La cuprite**, oxyde cuivreux, Cu_2O .

2.2. Les carbonates

La sidérite (carbonate de fer : FeCO_3), 48% de fer, **la malachite** (constitué de carbonate de cuivre), etc.

2.3. Les minerais sulfurés

- **La pyrite** (sulfure de fer naturel : FeS_2), 46% de fer,
- **La blende** (sulfure de zinc : ZnS), renfermant de 4 à 20 % de zinc
- **La chalcopryrite** CuFeS_2

II Trainement physique et mécanique

Le traitement physique et mécanique a pour but d'enrichir le minerai en éliminant la plus grande partie de la gangue. Ce traitement comprend différents procédés : les **procédés de fragmentation** et les **procédés de séparation**

1. Procédés de fragmentation

La fragmentation (concassage et broyage): ce procédé consiste à couper ou casser les blocs d'un minerai en fragments de plus en plus petits.

Le concassage, c'est la réduction des blocs d'un minerai en petits morceaux.

Le broyage complète l'action du concassage, en réduisant le minerai en poudre fine.

2. Procédés de séparation

Les procédés de séparation, ce sont des procédés d'enrichissement de minerai.

On distingue :

- **la séparation magnétique (ou triage magnétique) ;**
- **le triage à la main ;**
- **la lévigation**, ce procédé consiste à laver le minerai broyé par un courant d'eau afin d'entraîner la gangue ;
- **la flottation (ou flottage)**, dans ce procédé les particules solides du minerai broyé sont mises en suspension par agitation dans de l'eau pour libérer de la gangue le composé métallique.

III. Métallurgie

1. Définition

On appelle métallurgie l'ensemble des procédés qui consistent à extraire un métal de son minerai.

2. Métallurgie extractive

La **métallurgie extractive** consiste à réduire les oxydes métalliques de manière à récupérer les métaux.

Pour obtenir le métal, il faut donc opérer une **réaction de réduction**.

On peut opérer :

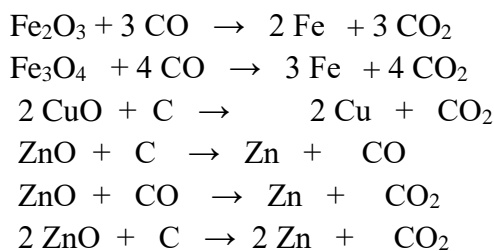
- par **voie sèche** ou **voie thermique** ou encore la **réduction thermique**, dans ce cas on parle de la **pyrométallurgie** ;
- par **voie électrochimique** ou **électrolytique**, c'est le domaine de l'**hydrométallurgie**.

2.1. Pyrométallurgie

On appelle la pyrométallurgie la réduction thermique d'un oxyde métallique. Elle permet d'extraire les métaux usuels comme le fer, le zinc. Par ce procédé, on obtient un métal brut, c'est-à-dire un métal qui contient quelques impuretés.

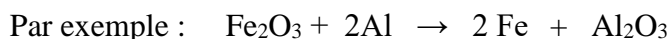
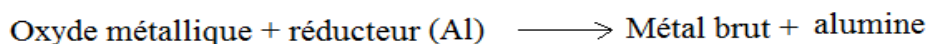


Exemples:



NB :

L'aluminothermie est un procédé **pyrométallurgique** de production de métaux ferreux, mettant en jeu la **réduction exothermique** de divers oxydes métalliques par l'aluminium en poudre.



Ce procédé permet la soudure des objets en fer tel que les rails du chemin de fer...

2.2. Hydrométallurgie

On appelle **hydrométallurgie** la réduction d'un oxyde métallique par électrolyse. **L'hydrométallurgie** ou **réduction électrochimique** concerne aussi les métaux plus difficiles à réduire, comme l'aluminium...

Dans ces conditions, le métal est obtenu par dépôt à la cathode.

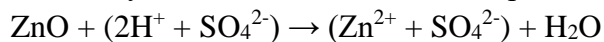
a) Hydrométallurgie de l'aluminium

Lors de l'**électrolyse** de l'alumine Al_2O_3 , on récupère à la **cathode** de l'aluminium liquide.

b) Hydrométallurgie de zinc

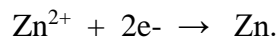
La **réduction hydrométallurgique** de zinc utilise de l'oxyde de zinc ZnO issu du grillage de la blende (sulfure de zinc ZnS)

On transforme l'oxyde de zinc en sulfate de zinc par l'action d'une solution d'acide sulfurique.



La solution de **sulfate de zinc** ($Zn^{2+} + SO_4^{2-}$) obtenue est purifiée, puis soumise à l'**électrolyse**.

On obtient le **zinc pur** par dépôt à la **cathode** suivant la transformation:



3. Traitements chimiques préliminaires

Les traitements chimiques préliminaires ont pour but de convertir les carbonates ou les sulfures en oxydes.

En métallurgie, suivant la nature du minerai initial, il faut d'abord le convertir en **oxyde** :

- soit par **calcination** (**décomposition thermique**), si le minerai est un **carbonate métallique**;
- soit par **grillage**, si le minerai est un **sulfure métallique**.

Ainsi, on parle des **traitements chimiques préliminaires**

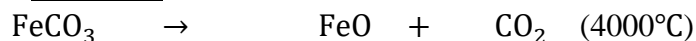
3.1. Calcination

3.1.1. Définition

La calcination est la décomposition des carbonates sous l'effet d'une élévation de température. Elle consiste à transformer les carbonates métalliques en oxydes.

Carbonate métallique \longrightarrow oxyde métallique + dioxyde de carbone

3.1.2. Exemples



Oxyde de fer II



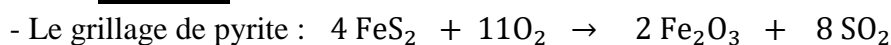
3 2 Grillage

3.2.1. Définition

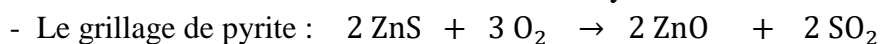
Le grillage est l'oxydation des sulfures sous l'effet d'une élévation de température. Elle consiste à transformer les sulfures métalliques en oxydes.

Sulfure métallique + dioxygène \longrightarrow oxyde métallique + dioxyde de soufre

3.2.2. Exemples



Oxyde de fer III



4. Métallurgie de fer : la sidérurgie

La sidérurgie fabrique essentiellement l'acier et la fonte.

4.1. Notion de haut-fourneau

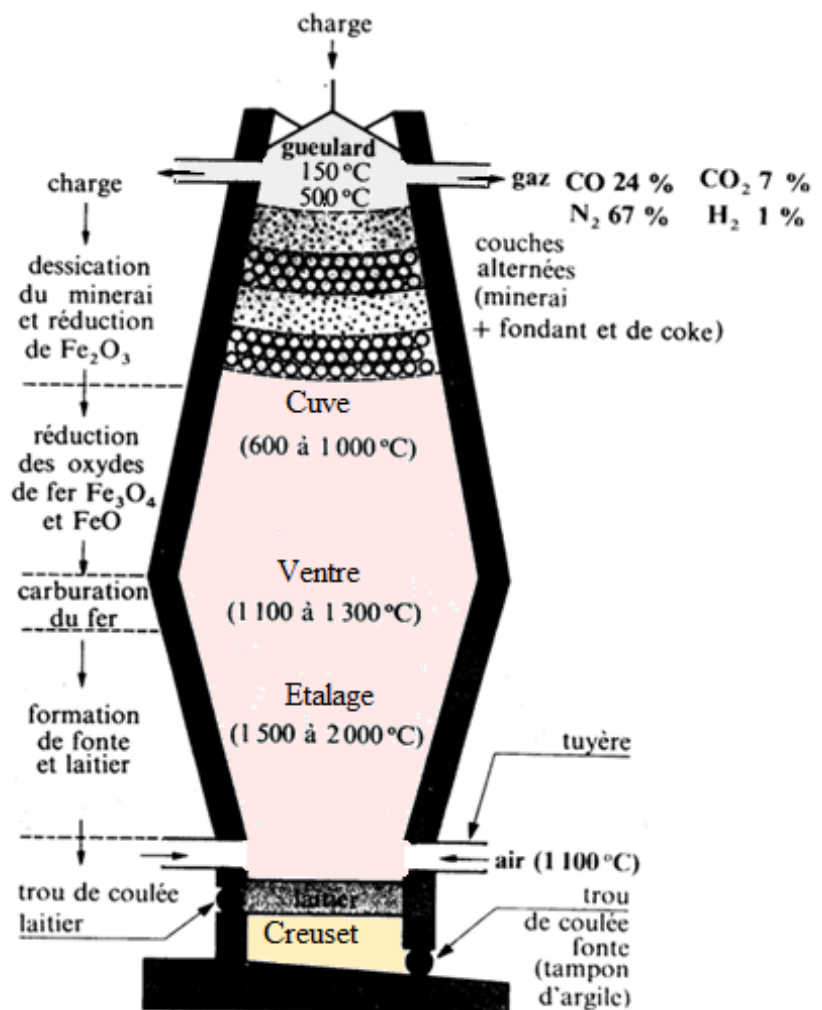
Un **haut fourneau** est un four à combustion interne où l'on extrait le fer de son minerai à partir de la réduction **pyrométallurgique**.

En d'autres termes, un haut fourneau est un four dans lequel on fait fondre le minerai de fer pour fabriquer de la fonte.

4.2. Transformation de l'oxyde de fer en fonte dans un haut-fourneau

4.2.1. Dispositif expérimental

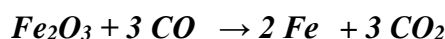
Par le gueulard on introduit alternativement du coke (à la fois poreux et résistant), du minerai de fer et du fondant (calcaire ou argile). Ce fondant est destiné à former avec la gangue un verre fusible appelé laitier.



4.2.2. Fonctionnement du haut-fourneau

Les étapes essentielles d'élaboration de la fonte sont :

- La combustion du coke (carbone presque pur).
$$C + O_2 \rightarrow CO_2$$
- La réduction du dioxyde de carbone.
$$CO_2 + C \rightarrow 2 CO$$
- La réaction de réduction de l'oxyde de fer par le monoxyde de carbone



A la base du haut-fourneau, on obtient de **la fonte** liquide (alliage de fer et de 3 à 5% de carbone) et, flottant sur elle, le laitier (provenant du fondant et de la gangue du minerai).

4.3. De la fonte à l'acier

4.3.1. Information

L'acier contient aussi parfois différents corps : silicium, manganèse, soufre, phosphore. En effet, pour obtenir de l'acier à partir des fontes, on procède à l'opération appelée « **affinage de la fonte** »

4.3.2. Affinage de la fonte

Affiner la fonte c'est la débarrasser de ses impuretés et diminuer sa teneur en carbone. Autrement dit, *l'affinage de la fonte est une opération qui consiste à éliminer ses impuretés afin d'obtenir l'acier.*

A l'issue de l'affinage, on obtient *de l'acier qui ne contient que moins de 2% de carbone.*

IV. Analyse d'un minerai

1. Teneur d'un minerai

La teneur est la proportion du métal contenu dans un minerai.

$$Teneur(\%) = \frac{\text{masse du métal}}{\text{masse du minerai}} \times 100$$

2. Rendement de l'extraction

Le rendement de l'extraction d'un métal de son minerai est le rapport entre la masse du métal réellement obtenu et la masse maximale ou théorique que l'on pourrait obtenir.

$$r(\%) = \frac{m'(\text{métal obtenu après extraction})}{m(\text{maximale ou théorique du métal})} \times 100$$

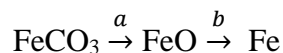
Questions

Questions à réponse construite courte

- Après avoir nommé la métallurgie de fer, cites-en deux produits.
- Donne les deux traitements chimiques à utiliser pour récupérer le fer à partir :
a) du sulfure de fer naturel (FeS₂) ; b) du carbonate de fer (FeCO₃).
- Nomme le procédé pyrométallurgique qui permet d'éliminer l'oxygène contenu dans l'oxyde de fer.
- Donne l'intérêt de la réduction des oxydes métalliques.

Schéma à exploiter

Observe le schéma ci-dessous puis nomme les transformations (a) et (b).



Questions d'appariement

1. Attribue à chaque procédé de la colonne A la définition indiquée dans la colonne B, c'est-à-dire place en regard du nombre la lettre appropriée.

Colonne A

- Pyrométallurgie
- Hydrométallurgie

Colonne B

- Réduction d'un oxyde métallique par l'électrolyse
- Réduction thermique des oxydes métalliques

2. Relie chaque traitement thermique préliminaire à sa définition.

Traitement	Définition
Calcination ▪	▪ Traitement thermique qui convertit un sulfate en oxyde
Grillage ▪	▪ Traitement thermique qui convertit un carbonate en oxyde

3. Recopie et relie par une flèche chaque minerai de la colonne de droite au métal qu'il lui faut extraire proposé dans la colonne de gauche

Minerai	Métal
Blende •	• Aluminium
Hématite •	• Zinc
Bauxite •	• Fer

Exercices

Exercice 1

Traduis à l'aide des équations chimiques les trois (3) étapes suivantes (a, b et c) d'élaboration de la fonte :

- la combustion du coke ;
- la réduction du dioxyde de carbone ;
- la réaction de réduction de l'oxyde de fer III.

Exercice 2

Écris les équations chimiques qui correspondent à chaque étape des transformations chimiques suivantes :

- $\text{ZnS} \rightarrow \text{ZnO} \rightarrow \text{Zn}$
- $\text{FeS}_2 \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Fe}$
- $\text{CuCO}_3 \rightarrow \text{CuO} \rightarrow \text{Cu}$

Exercice 3

Le principal minerai de fer est l'hématite dont le composé métallique est l'oxyde ferrique de formule (Fe_2O_3). Détermine : a) La teneur en fer de ce minerai ; b) la masse théorique de fer qu'on peut extraire dans 8000g de ce minerai.

Aide: $M(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 160\text{g/mol}$; $M_{\text{Fe}} = 56\text{g/mol}$.

Exercice 4

On a réduit à l'état de fer 100Kg d'oxyde magnétique par le monoxyde de carbone.

- Ecris l'équation-bilan de la réaction.
- Calcule sa masse et le volume du monoxyde de carbone nécessaire à la réaction.
- Calcule la masse de fer obtenu.