

Généralités sur l'élaboration

Des métaux

Les opérations métallurgiques ont pour but d'élaborer les métaux à partir de **minerais**, que l'on trouve dans la lithosphère de la Terre.

Le minerai est, industriellement, tout produit minéral dont on peut extraire un métal ou un alliage métallique à un prix rentable. Chimiquement, un minerai est une combinaison chimique entre des composés définis et des roches stériles (aussi appelées **gangues**).

I Classification des minerais et procédés d'élaboration du métal brut

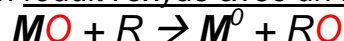
Généralement, pour obtenir le métal pur, on réduit un composé métallique, tel qu'un oxyde, un sulfure, un carbonate ou un halogénure, provenant d'un minerai.

La méthode utilisée dépend du type de composé, de son état physique et surtout du coût de la méthode.

A. Oxydes (et carbonates)

Parmi quelques oxydes importants, on retient les oxydes de Fer : *l'hématite* Fe_2O_3 , *La magnétite* Fe_3O_4 et enfin *la wustite* FeO .

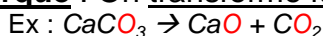
Pour obtenir le métal, on réduit l'oxyde avec un réducteur R, tel que :



Les différents réducteurs que l'on peut utiliser sont :

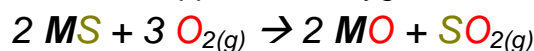
- ➔ Des **alcalins** comme le *Sodium Na* ou le *Lithium Li*, mais ils sont difficiles à utiliser car ils sont très réactifs
- ➔ La **coke**, c'est-à-dire du *Carbone C* ou du *monoxyde de Carbone CO*. Ce sont de *très bons réducteurs*. Utilisés sur de l'oxyde de Fer, on obtient de la fonte ou de l'acier (Association de Fer et de Carbone).
- ➔ Le **Silicium Si** et l'**Aluminium Al** sont une alternative pour les métaux qui formeraient des composés stables avec le Carbone, tels que le *Chrome Cr*, le *Manganèse Mn* et le *Tungstène W*
- ➔ Le **dihydrogène H₂** est un excellent réducteur, cependant il est assez coûteux. On le réserve au *Tungstène W*.

Remarque : On transforme facilement un carbonate en oxyde par **pyrolyse** :



B. Sulfures

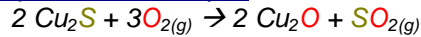
Généralement, on convertit le sulfure en oxyde. C'est la période de **grillage**, sous haute température et avec apport de dioxygène :



On distingue deux grillages différents :

➔ Le **grillage partiel**

➔ Grillage pour obtenir l'oxyde

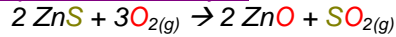


➔ Chauffage de la **matte**, composée de l'oxyde et du sulfure



➔ Le **grillage total**

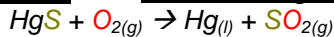
➔ Grillage pour obtenir l'oxyde



➔ Chauffage à très haute température avec du Carbone



Remarque : Le Mercure Hg s'obtient directement à partir du sulfure de Mercur



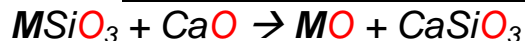
C. Chlorures (et fluorures)

L'élaboration des chlorures se fait par **électrolyse** du sel anhydre et fondu. Le métal est réduit au niveau de l'anode. La température requise est très importante, et les matériaux de la cuve doivent résister à un milieu très agressif.

On utilise cette méthode sur les *sels d'alcalins* comme le Lithium Li, le Sodium Na ou le Potassium K ; sur des *alcalino-terreux* tels que le Calcium et le Magnésium Mg. Enfin on utilise cette méthode sur des *sels d'Aluminium* Al.

D. Silicates

Les silicates sont d'abord traités à la chaux pour obtenir un oxyde.



On réduit ensuite l'oxyde par le Carbone : $\text{MO} + \text{C} \rightarrow \text{M} + \text{CO}_{(g)}$

E. Composés les plus fréquents d'un élément

Principaux composés																					
1 H																	2 He				
3 Li	4 Be															5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg															13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr				
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe				
55 Cs	56 Ba	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn					
87 Fr	88 Ra	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Uun	111 Uuu	112 Uub											

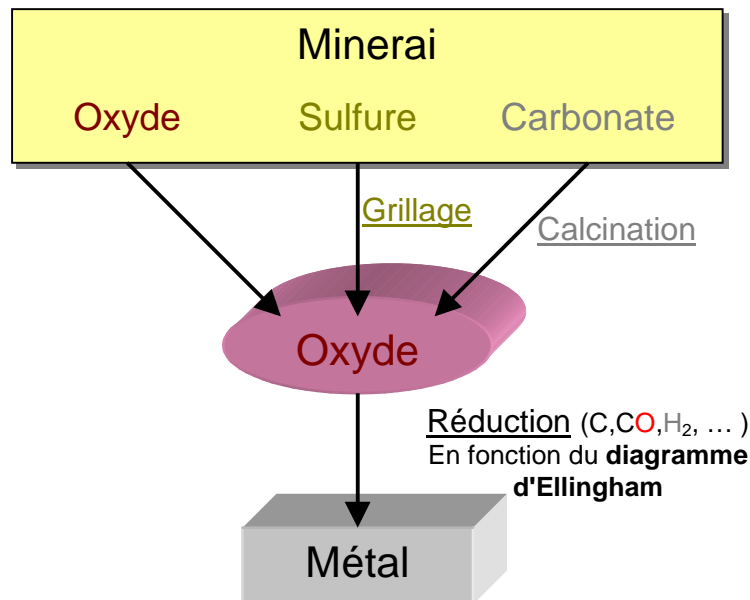
Certains métaux tels que les métaux nobles (Argent Ar, Or Au, Platine Pt, Palladium Pd ...) ou encore le Cuivre Cu existent dans la nature à l'état natif. Ils n'ont pas besoin d'être élaborés. On les purifie grâce à des procédés physiques ou chimiques.

II Techniques métallurgiques

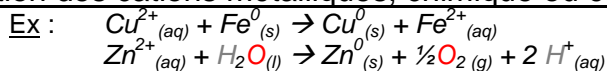
Quelles que soient les matières premières et les procédés utilisés, la métallurgie effectue toujours trois opérations fondamentales : la préparation du minerai, l'élaboration du métal brut (ou **extraction**) et la purification (ou **affinage**).

A. Pyrométallurgie et hydrométallurgie

Le traitement par voie sèche ou **pyrométallurgie** correspond à un procédé à haute température dont l'étape principale est la réduction d'un oxyde métallique.



Le traitement par voie humide ou **hydrométallurgie** consiste en une mise en solution adaptée à la nature chimique du minerai, généralement suivie d'une réduction des cations métalliques, chimique ou électrochimique.

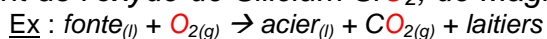


B. Affinage des métaux

Les divers procédés d'extraction à partir des minerais donnent des produits plus ou moins riches en métal, et nécessitent presque toujours un affinage ultérieur. Seule la réduction électrochimique permet d'obtenir directement un métal très pur.

1) Affinage oxydant

Lorsque les impuretés sont plus oxydables que le métal, on oxyde les impuretés, qui se retrouvent alors dans les **laitiers** (le surnageant). On y trouve souvent de l'oxyde de Silicium SiO_2 , de Magnésium MgO ou d'Aluminium Al_2O_3 .



Ici le CO_2 provient de la fonte, qui perd un peu de Carbone.

2) Affinage électrolytique

On utilise une anode soluble dans le métal, avec comme électrolytes un des sels de ce métal. On l'utilise surtout pour affiner le *Chrome Cr*, le *Nickel Ni*, l'*Étain Sn* ou le *Cuivre Cu*.

3) Affinage par électrofusion sous vide

On utilise un four à arc électrique équipé d'une électrode consommable du métal à purifier, appelée **éponge**. Les impuretés, beaucoup plus volatiles que le métal, sont évacuées par le vide.

4) Affinage par distillation fractionnée

Cet affinage est basé sur la différence des points d'ébullition entre le métal élaboré et les impuretés. Le Mercure Hg peut lui être directement extrait grâce à sa faible température d'ébullition (357°C).

5) Fusion de zone

Les impuretés sont souvent plus solubles en phase liquide qu'en phase solide du métal. On fond donc une partie d'un barreau métallique, puis on le balaie complètement pour ensuite découper l'extrémité contenant toutes les impuretés. Ce procédé est très long. On ne l'utilise que sur un métal pratiquement pur.