

ELABORATION DES MATERIAUX

1 - ALLIAGES FERREUX

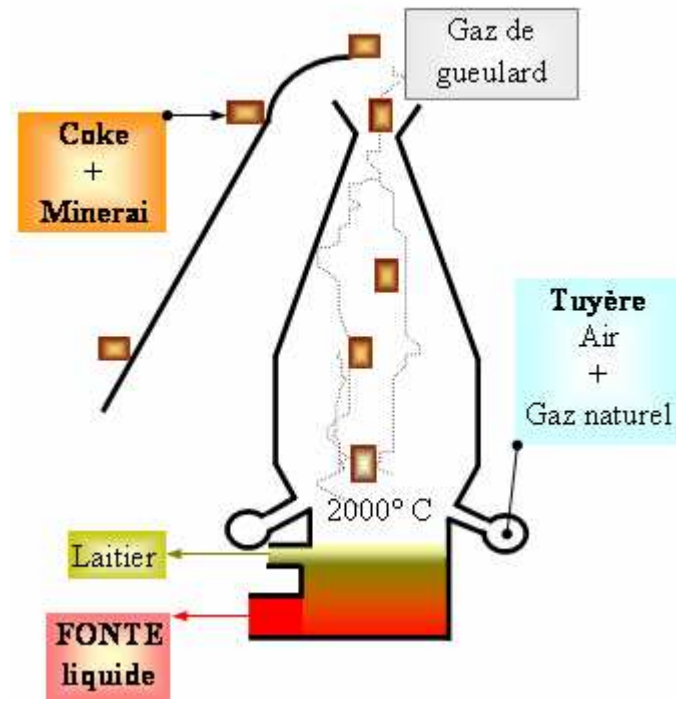
PRINCIPE D'ELABORATION DES ALLIAGES FERREUX

Un alliage ferreux est constitué essentiellement de fer (Fe) et de carbone (C). Les aciers ont une teneur maximale en carbone de 2,1 %. Les fontes ont une teneur en carbone comprise entre 2,1 et 6,67 %. Les aciers et fontes alliées sont constitués de Fe, C et d'autres éléments tels que : silicium, manganèse, nickel, chrome, etc ... qui améliorent leurs qualités.

Attention au vocabulaire

Une pièce ne sera pas réalisée en fer, mais dans un de ces alliages : Fonte ou Acier. Le fer est un matériau peu performant et coûteux à l'affinage.

Schéma de principe d'un haut fourneau



Minerai de fer : Hématite



Coke



| Alliages ferreux | % de carbone Pratique | Théorique |
|------------------|---|--------------------------------|
| Aciers | Compris entre : 0 et $\approx 2,1$ % | Pratiquement entre 0,05 et 1% |
| Fontes | Compris entre : $\approx 2,1$ et 6,67 % | Pratiquement entre 3,1 et 4,5% |

2- FONTES

2.1- ELABORATION

La fonte s'obtient dans les hauts fourneaux à partir de minerai de fer et du coke (carbone). L'élévation de température conduit à la fusion de la charge et à la transformation chimique, ce qui permet d'obtenir de la fonte liquide et des résidus: laitier et gaz.

2.2- DEFINITIONS

2.2.1- Fontes grises à Graphite Lamellaire : FGL

La forme lamellaire du graphite fragilise le matériau. Les copeaux se fragmentent lors d'un usinage sur machine-outil. La micrographie ci-contre vous présente les formes lamellaires du

2.2.2- Fontes à Graphite Sphéroïdal : FGS

La forme sphéroïdale du graphite rend ces fontes particulièrement résistantes à la traction et au choc (résilience). Les copeaux se déroulent plus linéairement lors d'un usinage sur machine-outil. La micrographie ci-contre vous présente les formes sphéroïdales du graphite.

2.2.3- Fontes blanches

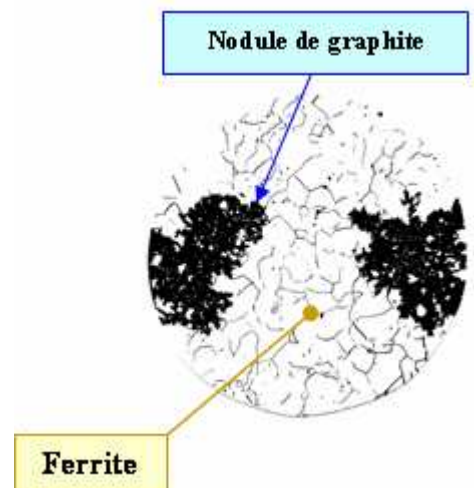
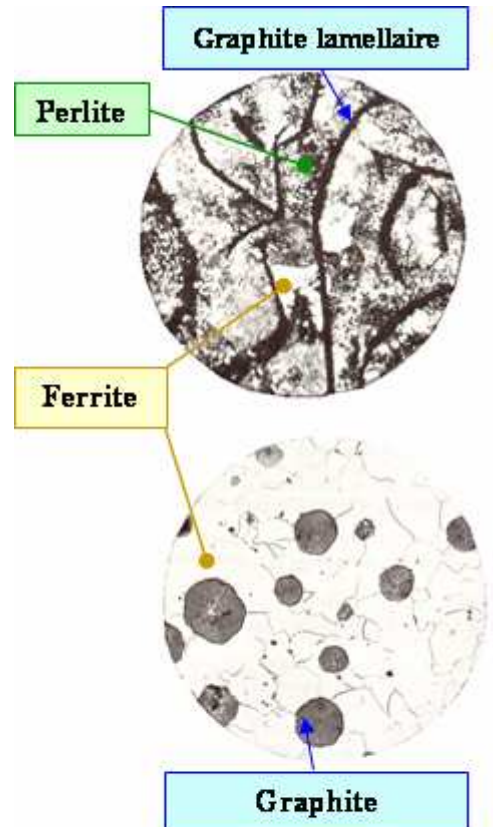
Elles ne contiennent pas de carbone à l'état de graphite. Le carbone est en combinaison chimique avec le fer (carbure de fer Fe_3C).

2.2.4- Fontes malléables FM

Elles sont obtenues par traitement thermique des fontes blanches; les propriétés sont semblables à celles de l'acier faiblement carburé.

* **Fontes malléables à cœur blanc : FMB.** Le carbone a pratiquement disparu. Exemple : le raccord de tuyaux de chauffage, ..etc..

* **Fontes malléables à cœur noir : FMN.** Le carbone s'est regroupé sous la forme de nodule, voir la micrographie ci-contre. Exemple : Bogie de wagon, tambour de frein, disque de frein, carter,



2.2.5- Fontes alliées

Certaines fontes peuvent être associées avec d'autres métaux pour améliorer certaines caractéristiques.

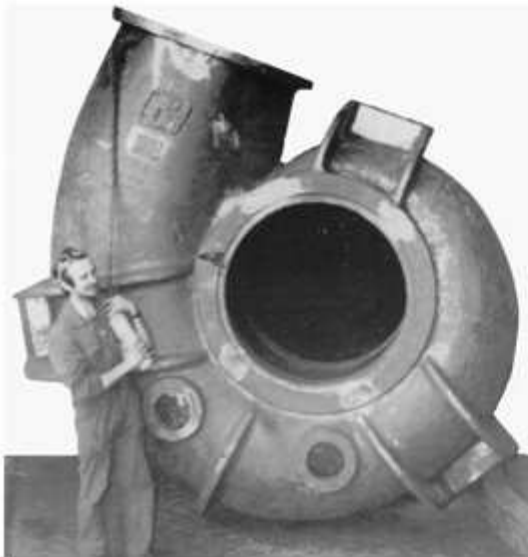
Exemple : le corps de pompe, en bas de la page, FGL 250 + 2%Cu.

2.3- AVANTAGES DES FONTES

- * Elles permettent la réalisation des pièces moulées complexes car elles possèdent une excellente coulabilité (Aptitudes au moulage).
- * Elles ont une excellente usinabilité, le graphite jouant le rôle de lubrifiant (mise à part les fontes blanches où le graphite n'est pas présent).

2.4- INCONVENIENT DES FONTES

- * Les fontes grises lamellaires sont peu résistantes aux chocs, pour les autres fontes le problème de résilience est résolu par la forme non lamellaire du graphite.
- * Les fontes FGS ne sont pas utilisées autant que les fontes FGL parce que son coût de fabrication est bien plus élevé.
- * Les fontes blanches sont très peu utilisées sauf pour la réalisation de pièces spécifiques (Rouleaux de broyeur). Elles sont dures mais très fragiles ceci est dû à la présence de cémentite. **Remarque** : elle est utilisée **liquide** pour la **fabrication** de l'**acier**.



Corps de pompe: FGL 250+2% Cu
Photographie des Fonderies de SERVON



Roue: FGS 700-2+3% Ni+0,5% Cr+0,8% Mo
Photographie des Fonderies de

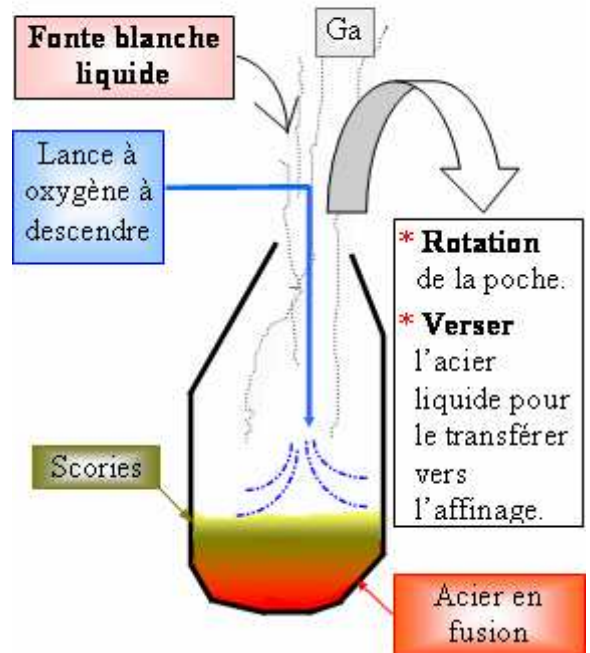
3- ACIERS

3- DEUX MODES D'OBTENTION POUR L'ELABORATION DES ACIERS

3.1- ACIER A L'OXYGENE

Il est obtenu à partir de la fonte liquide dans un convertisseur. Le passage de la fonte à l'acier s'effectue grâce à l'insufflation d'oxygène pur pour éliminer l'excédent de carbone et d'impuretés par brûlage. Ci-contre le schéma de principe de l'élaboration.

Schéma de principe d'une élaboration d'acier à l'oxygène



3.2- ACIER ELECTRIQUE

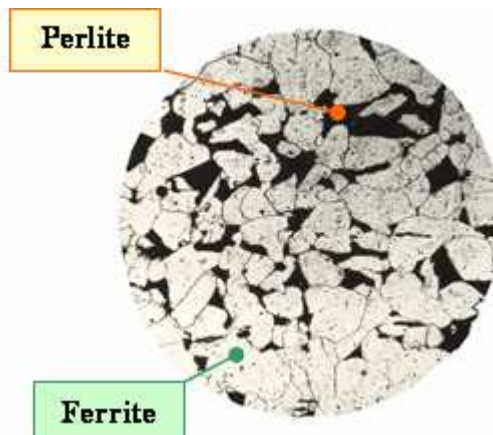
Il est surtout obtenu à partir de ferrailles refondues dans un four électrique. La fusion est obtenue par des arcs électriques. L'opération comporte trois phases : fusion, oxydation, décarburage du bain; puis coulée de l'acier. Voir les schémas de principe page suivante.

3.3- STATION D'AFFINAGE

L'acier provenant du convertisseur ou du four électrique est transféré toujours à l'état liquide dans la station d'affinage afin de doser parfaitement le taux de carbone et éventuellement les éléments d'addition : chrome (Cr), nickel (Ni), molybdène (Mo), etc...

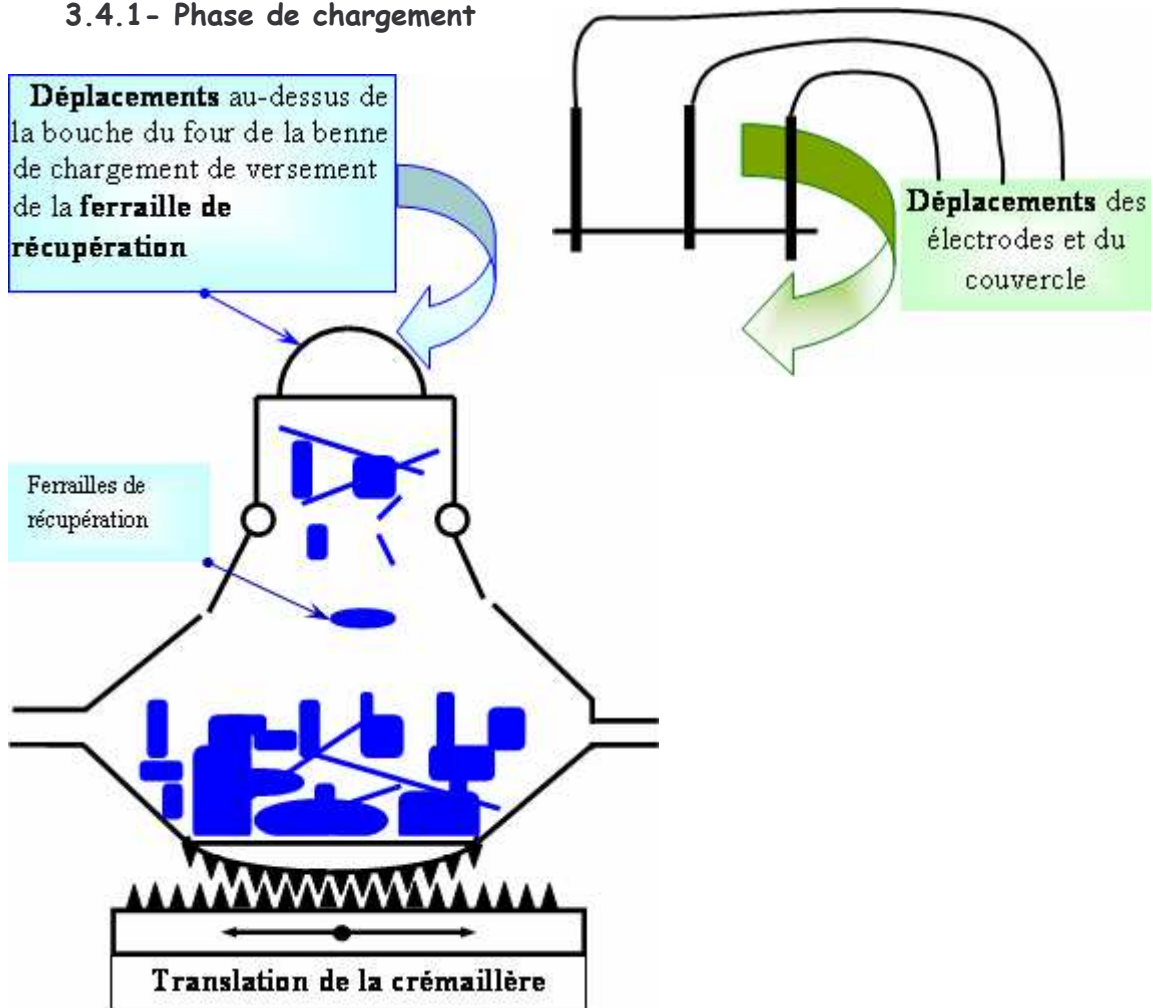
Quand l'acier est affiné, il est coulé en continu pour obtenir des produits semi-finis: brames, billettes, blooms. Ils seront ensuite laminés

Ci-contre micrographie d'un acier contenant 0,2% de carbone

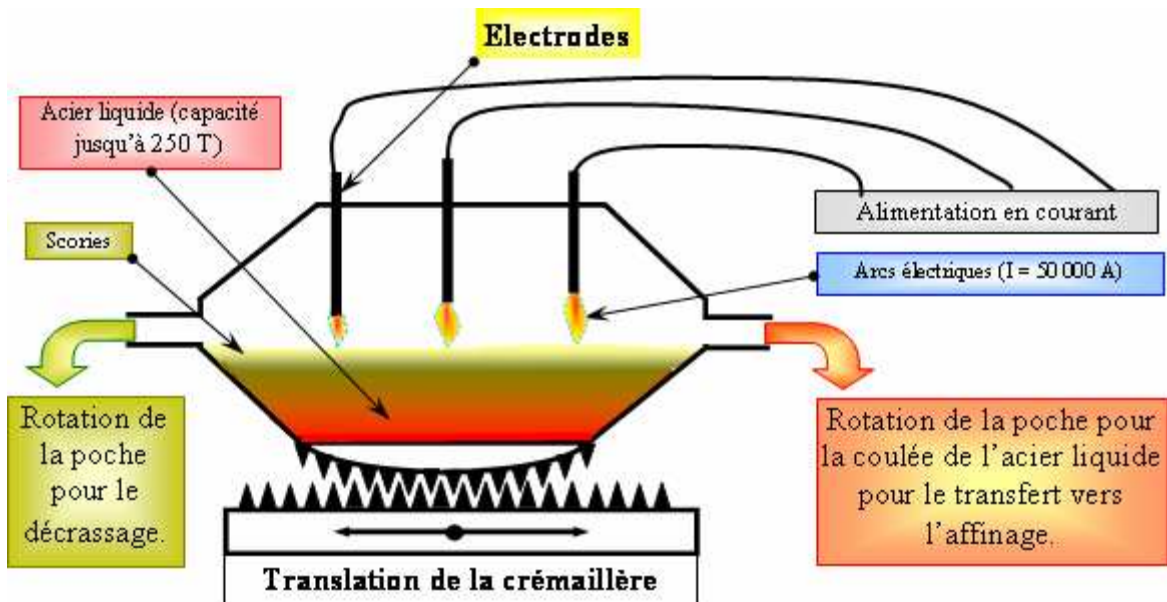


3.4- SCHEMAS DE PRINCIPE D'UNE OBTENTION D'ACIER ELECTRIQUE

3.4.1- Phase de chargement



3.4.2- Phase de chauffe



4- ALLIAGES D'ALUMINIUM

4.1- L'ALUMINIUM SUR LA TERRE

Notre planète est composée de plusieurs éléments : l'oxygène à 47%, le silicium à 28%, l'aluminium à 8%, le fer vient ensuite à 5%.

Nous le rencontrons à l'état d'oxydes : alumine (Al_2O_3) et alun (sulfate d'aluminium). Le minerai le plus utilisé pour la production industrielle est la **bauxite**. Son nom provient du lieu de sa première découverte en 1821 aux Baux-de-Provence.

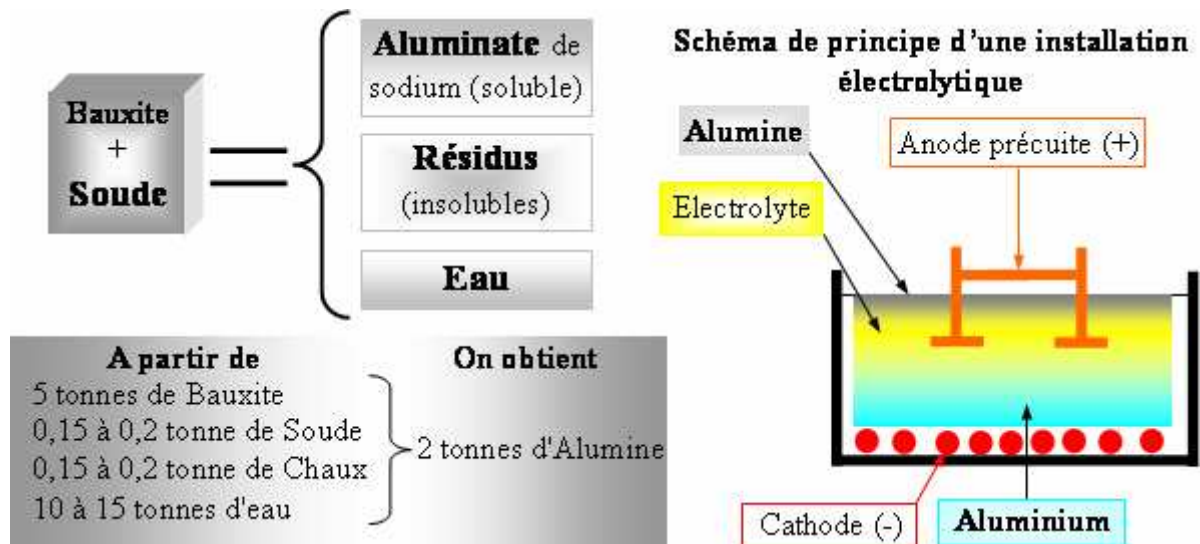
Sa teneur en alumine excède souvent les 50%. La couleur rougeâtre de la bauxite est due à l'oxyde de fer. L'aluminium apparaît aussi sous la forme de silicates dans la plupart des roches éruptives et certains sédiments (schistes, argiles).

Les parties blanches correspondent à l'oxyde d'aluminium



Les parties ocre correspondent à l'oxyde de fer

4.2- TRAITEMENTS DE LA BAUXITE POUR L'OBTENTION DE L'ALUMINE PUIS DE L'ALUMINIUM



L'aluminium est obtenu grâce à une installation électrolytique (Voir le schéma ci-dessus). Il est élaboré à partir de l'alumine. Pour obtenir **une tonne d'aluminium**, il faut :

- ~ 1900 kg d'alumine.
- ~ 380 kg de coke (charbon poreux provenant de la distillation de la houille).
- ~ 100 kg de brai (résidus pâteux de la distillation de la houille).
- ~ 15 kg de cryolite (fluorure naturel d'aluminium et de sodium).
- ~ 13000 kWh de consommation d'électricité.

5- ALLIAGES DE CUIVRE

5.1- LE CUIVRE SUR LA TERRE

Le minerai de cuivre est exploité si sa teneur en cuivre pur est comprise entre 1 et 15%. Les principaux producteurs sont : les Etats Unis, l'ex-URSS, la Zambie, le Congo, le Chili, le Canada. Le plus souvent ces mines sont à ciel ouvert.

Le minerai de cuivre se présente sous plusieurs formes dont :

- * Les minerais sulfurés : la bornite, la chalcopryrite (le plus courant, il est de couleur or).
- * D'autres minerais : l'azurite (bleue), la malachite (verte) (voir ci-contre).



5.2- TRAITEMENT DES MINERAIS DE CUIVRE

Le minerai de cuivre est concassé par des opérations mécaniques. La poudre obtenue est agglomérée sous la forme de briquettes.

Leur fusion est réalisée dans un four réverbère où il est transformé en matte.

La matte est parcourue par un courant d'air dans un convertisseur, il sera réduit en cuivre blister à 99 % de cuivre et 1 % d'impuretés.

L'affinage du cuivre blister est effectué avec l'aide d'une injection sous pression d'oxygène dans un four à fusion, il sera coulé en plaques.

Ensuite, ces plaques (anodes) sont plongées dans une cuve d'électrolyse où le métal se dépose sur des cathodes.

Les cathodes sont ensuite coulées en barres, lingots, billettes, ..

