

# L'histoire du fer en quelques dates .1.

**-3000 :**

## **LES ASSYRIENS ET LES EGYPTIENS**

Dans la plupart des pays, l'élaboration du fer remonte à la protohistoire. On a longtemps cru qu'un âge du bronze avait systématiquement précédé la découverte du fer. On sait désormais que, dans certaines régions, ce métal a été connu avant le bronze et même parfois avant le cuivre.

Les premières traces d'objets en fer ont été trouvées à Sumer, capitale de la plus ancienne capitale babylonienne, au nord du golfe Persique, ainsi que dans des tombes égyptiennes datant du XVIIIe siècle avant notre ère.

**-1500 : LES PREMIERS FORGERONS**

Le premier peuple à utiliser le fer au quotidien a été localisé dans le sud du Caucase. À cette époque, toutes les autres civilisations emploient encore le bronze. Cette technique de travail du fer est rapidement transmise aux Hittites. Ce n'est que quelques siècles plus tard que ce savoir sera connu des peuples d'Europe et de la Méditerranée.

**-Ve SIECLE :**

## **LA CIVILISATION DE LA TENE**

C'est le plein essor, le métal est alors employé par de nombreuses civilisations. Il est d'ailleurs utilisé aussi bien pour l'armement que pour l'outillage et les objets de la vie quotidienne. Le fer est désormais tiré du minerai dans le bas foyer : simple trou creusé dans la terre et tapissé d'argile dans lequel le feu est activé. Le minerai est ainsi chauffé jusqu'à ce que la chaleur permette de dégager le fer des autres matières. Mais cette technique ne permet pas encore d'obtenir un fer pur, isolé de tous les déchets contenus dans le minerai.

Pendant des siècles, après ce bond qualitatif et quantitatif capital, à l'exception des perfectionnements apportés au soufflage, la marche du bas fourneau demeure presque immuable pendant l'Antiquité et le haut Moyen Âge.

**-IVe SIECLE :**

## **LA FONTE DU FER PAR LES CHINOIS**

Les Chinois sont parmi les premiers à produire et à utiliser la fonte. Ils bénéficient d'un minerai dont les éléments ferreux fondent à plus basse température, mais surtout ils mettent au point un système de soufflets à pistons mus par l'énergie hydraulique qui permet d'augmenter la température du foyer. Ainsi, ils dépassent la température de fusion du fer. Cette innovation est immédiatement mise en application, alors que les Occidentaux n'exploiteront la fonte qu'à partir du XIVe siècle.

## **XIVe SIECLE : L'UTILISATION DES PREMIERS « SOUFFLETS HYDRAULIQUES » EN OCCIDENT**

C'est en cherchant à augmenter leur production de fer que les Occidentaux sont amenés à améliorer les procédés techniques en usage. Pour mettre plus de minerai, il leur faut de plus grands fours. Mais ils ne peuvent élargir les cuves horizontalement pour des problèmes de concentration de l'air. Ils décident donc d'élever les fourneaux verticalement. C'est l'apparition des premières cheminées. Mais l'augmentation de la taille des fours nécessite d'accroître proportionnellement la puissance de la soufflerie. C'est alors qu'on pense aux soufflets hydrauliques.

**XIVe-XVe SIECLE :**

## **LES DEBUTS DE LA FONTE EN EUROPE**

Les premières fontes sont obtenues aux environs de l'actuelle Belgique à la fin du XIVe siècle, mais il faudra attendre au moins 150 ans avant que cette pratique se généralise un peu partout en Europe. Le fer fondu, appelé fonte, est un composé de fer et de carbone. Pour obtenir un fer pur, il faut donc, dans un deuxième temps, éliminer ce carbone. Cette opération est appelée le décarburage et s'effectue par martelage.



# L'histoire du fer en quelques dates .2.

## 1709 : PREMIERES UTILISATIONS DU COKE EN ANGLETERRE

La multiplication des hauts-fourneaux, liée à l'utilisation toujours croissante du fer dans la vie quotidienne, va provoquer, à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, une pénurie en bois. En effet, pour se fournir en combustible, de nombreuses forêts ont été dépeuplées. En 1709 qu'Abraham Darby, propriétaire de l'usine de Coalbrookdale en Angleterre, a l'idée d'utiliser du coke pour alimenter ses fourneaux. Il s'agit d'un produit obtenu à partir de la houille (le charbon de terre). Le coke possède aussi l'avantage d'être beaucoup moins chargé en soufre que le charbon de bois, ce qui permet d'obtenir un fer de meilleure qualité. Cette invention passe tout d'abord inaperçue et il faut attendre la seconde moitié du XVIII<sup>e</sup> siècle pour observer un développement et un usage industriel du coke en sidérurgie.

## 1784 : UN NOUVEAU PROCEDE, LE PUDDLAGE

Il s'agit d'un procédé anglais mis au point en 1766 et breveté en 1784. Cette technique nécessite l'utilisation d'un four « à réverbère » dans lequel le métal et le combustible ne sont pas mélangés. La fonte est chauffée, liquéfiée et décarburée lentement jusqu'à se transformer en paillettes de fer, sous le malaxage vigoureux d'un ouvrier (d'où le nom de puddlage, tiré du verbe anglais to puddle qui signifie brasser). Ce procédé est utilisé jusque dans la première moitié du XX<sup>e</sup> siècle où apparaissent de nouvelles techniques moins coûteuses, ne nécessitant pas une main-d'œuvre aussi spécialisée.

## FIN XVIII<sup>e</sup> SIECLE : LA MACHINE A VAPEUR REMPLACE L'ENERGIE HYDRAULIQUE

En 1780, l'Anglais Watt met au point la première machine à vapeur. Rapidement, cette nouvelle invention est adoptée en sidérurgie pour remplacer les appareils hydrauliques. Cette innovation permet aux sidérurgies de s'installer désormais plus près des gisements de houille, sans se soucier de la présence de cours d'eau. De plus, la puissance et la régularité de la machine à vapeur font rapidement oublier l'énergie hydraulique.

## XIX<sup>e</sup> SIECLE : LES PROCEDES BESSEMER, THOMAS-GILCHRIST, SIEMENS-MARTIN

Henry Bessemer met au point, en 1855, une technique d'affinage par insufflation d'air. Il crée à cet effet un convertisseur auquel il donne son nom. Le principe est simple : de grandes quantités d'air sont insufflées dans la masse grâce à une puissante soufflerie. L'oxygène se combine alors chimiquement avec les impuretés et les transporte à l'extérieur. Ce procédé va permettre d'augmenter considérablement la production d'acier, tout en produisant un métal de qualité, à moindre coût.

Toutefois, ce procédé n'est pas applicable aux fontes obtenues en Lorraine car elles renferment une forte proportion de phosphore qui reste dans l'acier et le rend inutilisable. L'élimination du phosphore va donner lieu à de longues recherches. La solution est finalement trouvée en introduisant de la chaux dans le four. La combustion de la chaux et du phosphore produit un phosphate de chaux qui forme une scorie, facilement éliminable. Après des premiers essais infructueux, c'est finalement deux Anglais, Sidney Thomas et Percy Gilchrist qui mettent au point le procédé définitif en modifiant le four Bessemer (ils utilisent un type de briques réfractaires insensibles à la chaux).

En 1864, un Français, Pierre Martin, réussit lui aussi à obtenir un acier de très bonne qualité en utilisant un four récupérateur de chaleur (breveté par l'Allemand Siemens en 1860), ce qui permet d'obtenir des températures plus élevées. L'innovation de Pierre Martin réside dans l'emploi, non plus seulement de minerai de fer, mais également de simples ferrailles.

## XIX<sup>e</sup> SIECLE : LE SIECLE DU FER

Grâce à ces nouvelles technologies, le fer devient bientôt plus abondant et moins onéreux, au point de concurrencer les matériaux traditionnels. Désormais, le fer est utilisé partout : le premier pont métallique, le Ironbridge, est construit en Angleterre en 1777. Et durant tout le siècle suivant, le fer est utilisé pour la construction des rails, des gares, des usines, des bibliothèques et des grands magasins et, emblématiquement, pour l'ensemble des bâtiments de l'exposition de 1889 dont le clou est la tour Eiffel. On l'utilise même pour des monuments d'art tels que la statue de la Liberté. Aujourd'hui encore, tous ces ouvrages sont utilisés et le fer est entré dans le quotidien de chacun.



# Les origines du fer et de la métallurgie

## D'OU VIENT LE FER ?

Le fer entre pour plus de 5 % dans la composition de l'écorce terrestre. Son abondance naturelle le place au quatrième rang dans l'ensemble des éléments constituant la croûte terrestre, après l'oxygène, le silicium et l'aluminium. Le fer se présente sous différentes formes :

- le fer natif : fer à l'état pur qui existe dans la nature, mais qui est extrêmement rare ;
- le fer météorique : présent dans toutes les météorites, mais en proportion très variable ;
- le minerai de fer : le fer est très disséminé dans les roches naturelles. Les grès, les schistes et les argiles en contiennent parfois une proportion assez élevée. Toutefois, tous ces minéraux n'ont pas toujours une fréquence ou une concentration suffisantes pour être utilisés en sidérurgie ;
- les eaux ferrugineuses : le fer est en effet présent dans la plupart des eaux minérales. Il existe également dans l'eau de mer et le sang.

Ce métal apparaît assez tard dans l'histoire de la métallurgie, longtemps après le cuivre, l'étain ou le bronze. Si 3.000 ans (?) avant notre ère, l'existence du fer était connue en Egypte et en Mésopotamie, il ne s'agissait que de fer météorique, malléable et donc aisé à travailler pour les artisans. Le fer a été utilisé si tardivement par l'Homme, contrairement au cuivre, est plutôt rare à l'état naturel. On le trouve principalement dans les météorites qui ne tombent sur la surface de la Terre qu'en nombre très restreint.

Certains d'entre eux ne contiennent que de la pierre (aérolithes). D'autres contiennent à la fois du fer et de la pierre (sidérolithes), le fer étant incrusté dans la pierre. Seuls les Sidérites, météorites que coulèrent les tout premiers fondeurs du Proche-Orient contiennent presque uniquement du fer. Les Sumériens appelaient cette forme de fer le Métal Céleste et l'Ancien Monde attribuait au fer une valeur supérieure à l'or. Le fer météorique se distingue du fer de gisement par la présence de nickel.

## LES PREMIERS USAGES DU FER

C'est vers 1700 à 1500 avant notre ère que se situe la naissance de la métallurgie du fer qui succède à l'âge du Bronze. Aux environs de -1500, des montagnards habitant le sud du Caucase (les Chalybes) découvrent l'art de produire et de travailler le fer. Dans un trou à même le sol, paré de pierres recouvertes d'argile, ils mettent du charbon de bois qu'ils allument et sur lequel sont entassées en couches alternées du minerai de fer et du charbon de bois. Ce minerai se présente alors sous la forme de petites roches que l'on ramasse à fleur de terre. Ce secret, transmis aux Hittites, est jalousement gardé jusqu'à l'effondrement de leur Empire. Moins lourd, moins coûteux, plus abondant, le fer représente un progrès incontestable pour le développement de l'outillage et de l'armement, de la construction et des machineries. Le travail du fer se répand en Asie Mineure, en Egypte et dans les Balkans pour gagner l'Europe occidentale par la vallée du Danube et la Méditerranée. C'est là qu'elle connaît, au Ve siècle avant notre ère, son plein épanouissement : la civilisation de la Tène qui succède à la période de Hallstatt, plus vieille de quatre siècles, peut être considérée comme le véritable âge du Fer.



# Fer, Fonte, Acier

## LA FABRICATION DU FER

Dans les tout premiers temps de la sidérurgie, le fer est produit dans un bas foyer : il s'agit d'un simple trou, creusé dans la terre et tapissé d'argile, qui atteint à peine un mètre de profondeur. À l'intérieur, le minerai de fer est entassé, par lits alternés, avec du combustible (charbon de bois). La chaleur produite (entre 1100 et 1200° C) élimine l'oxygène contenu dans le minerai et donne un fer peu chargé en carbone. À moins de 0,02 % de carbone dans le fer, on parle de fer pur. Entre 0,02 et 1,5 % de carbone dans le fer, on a de l'acier. Au-delà, le mélange fer /carbone est de la fonte. Mais on ne sait pas encore utiliser cette matière.

Progressivement, le bas foyer recevra un parement de pierres réfractaires, puis un tronc en cône sera ajouté, émergeant à peine, avant de déborder nettement au-dessus du sol, dans un second temps. Au cours du XIVe siècle, le soufflage hydraulique de l'air dans les fours de réduction du minerai permet d'agrandir les dimensions du bas foyer.

La masse de fer (qu'on appelle « loupe ») est encore grossière, molle et spongieuse quand elle est extraite du bas foyer. Pour en extraire les impuretés (« les scories »), le forgeron doit retravailler et marteler manuellement cette masse de fer brut.

## LA REVOLUTION DU HAUT-FOURNEAU

L'évolution de la sidérurgie est sans doute l'un des faits essentiels de l'histoire des techniques au cours de la Renaissance. En ajustant les dimensions du bas foyer et donc en y enfournant plus de combustible, la température de combustion s'élève et le minerai de fer absorbe une quantité croissante de carbone. Ce fer carburé commence à fondre à une température plus basse, jusqu'au moment où le point de fusion est atteint : c'est désormais un de la fonte liquide qui sort du foyer et non plus du fer de consistance pâteuse. Ce nouveau métal dur et cassant n'était pas malléable, et ne peut donc être forgé, et encore moins soudé au feu du fait de sa teneur en carbone. Seule une utilisation par moulage était possible. La fonte venait de naître (1350-1400).

La fonte ne peut être mise au point que dans des fours de 12 à 15 pieds (entre 3m50 et 4m50) de haut et équipés d'une soufflerie à énergie hydraulique, qu'on appelle désormais hauts-fourneaux. Ce procédé semble être utilisé précocement, dès la seconde moitié du XIVe siècle, autour de Liège et sur les bords du Rhin. Cent ans plus tard, il est connu en Lorraine, en Champagne, dans le Nivernais, en Normandie et en Franche-comté. Au milieu du XVIe siècle, le haut-fourneau est généralisé en Alsace et en Bourgogne. Mais la fonte, riche en carbone (plus de 1,5 %), devait cependant être décarburée pour être transformée en fer. C'est dans les affineries qu'on va donc procéder à l'élimination du carbone qui se trouve en excédent dans la fonte.

Tout comme la fonte, l'acier est un alliage de fer et de carbone. Mais à la différence de la fonte, riche en carbone, l'acier en contient moins de 1,5 %. Par des traitements mécaniques ou chimiques ( ? ) plus ou moins complexes, on peut donner à l'acier des propriétés variées (malléabilité, résistance ...)



# Lexique

**ACIER** : Alliage de fer avec 0,5 à 1,5% de carbone, élastique et résistant.

**AFFINAGE** : Décarburation de la fonte par oxydation (au contact de l'air), qui permet l'élimination du soufre et de la silice (impuretés issues du minerai).

**BAS FOURNEAU** : Four de petite dimension où l'on réduit le minerai pour libérer directement le fer.

**BOCARD** : le bocard est une innovation technique mise au point au début du XVI<sup>e</sup> siècle en Europe et largement utilisée dans l'industrie métallurgique. Le bocard était constitué de poutres verticales dont l'extrémité en fonte retombait lourdement sur le minerai à concasser. Ces poutres étaient actionnées à tour de rôle par une came mue par une roue hydraulique.

**DÉCARBURATION** : Opération qui consiste à diminuer la teneur de la fonte en carbone, soit partiellement pour la transformer en acier, soit presque totalement pour obtenir du fer.

**FER** : Composé métallique malléable, pouvant être étiré et allongé sans se rompre, à très faible teneur en carbone.

**FONTE** : Alliage de fer et de carbone produit par le haut-fourneau.

**FORGE** : Terme générique désignant tous les ateliers dans lesquels on travaille le fer ; dans la métallurgie lourde, c'est celui où l'on convertit la fonte en fer.

**GUEULARD** : dans un haut-fourneau, il s'agit de la partie supérieure, celle par laquelle on verse le minerai et d'où s'échappent les gaz.

**GUEUSE** : la fonte liquide qui s'écoule du haut-fourneau est moulée dans des raies tracées dans le sable du sol. Ces raies constituent, après refroidissement des lingots qu'on appelle aussi gueuse (de l'allemand « Giese », la fonte). Ces gueuses peuvent mesurer de 5 à 6 mètres de longueur et peser jusqu'à 1.000 kilos.

**HAUT-FOURNEAU** : Four de hauteur variable, activé par des soufflets à énergie hydraulique, où le minerai de fer additionné de charbon de bois est converti en fonte liquide.

**MARTINET** : Petit marteau de forge, constitué d'une enclume et d'une tête fixée à un arbre mobile autour d'un axe horizontal.

**METALLURGIE** : la métallurgie est l'art d'extraire les métaux de leurs minerais, de les transformer en produits semi-finis et de les mettre en forme pour leur utilisation (produits finis).

**SIDERURGIE** : (du grec « sideros », fer). La sidérurgie est la métallurgie du fer.

