

Chapitre II

Développement historique des matériaux

II.1 Les premiers matériaux : pierre et argile

Il y a de cela des milliers d'années, l'absence du béton dans les matériaux de construction demandait aux bâtisseurs de faire appel à d'autres matières afin de créer les structures antiques. Le trio des matériaux principaux était à cette époque constitué de la terre, du bois et d'un troisième élément beaucoup plus noble : la pierre.

Comme l'indique la présence de l'adjectif lithique (du grec *lithos*, qui signifie « pierre ») dans les noms des premières grandes périodes de l'histoire de l'humanité Paléolithique, Mésolithique et Néolithique (étymologiquement : Age de la pierre ancienne, moyenne et nouvelle) pourraient laisser croire que, durant cette si longue période de l'humanité, l'Homme a été très étroitement dépendant des roches pendant son existence. Progressivement, la pierre prit sa place dans l'histoire et engendra une multitude de monuments à couper le souffle.

II.1.1. L'histoire de la pierre

L'âge de la pierre est la période de la Préhistoire durant laquelle les humains créèrent des outils en pierre avant l'usage prépondérant des métaux. Les hommes préhistoriques exploitaient divers types de roche, de qualité très variable, en fonction des gisements situés à proximité de leurs habitats : [silex](#), [chaille](#), [quartz](#), [quartzite](#), [gré](#), [radiolarite](#), [obsidienne](#), [calcédoine](#), [silcrete](#), [basalte](#), etc.

Durant l'âge de la pierre, le bois, l'os, l'ivoire, la corne, et les bois de cerf étaient aussi utilisés, notamment en fin de période, mais la pierre, et notamment le silex, était le principal matériau travaillé pour créer des outils coupants et des armes en raison de ses qualités mécaniques favorables à la taille et de sa présence dans de nombreuses régions.

La fin de cette période varie selon la région concernée et selon les critères que l'on retient. Bien qu'il soit possible de parler d'un âge de la pierre global pour toute l'humanité, certains groupes n'ont jamais développé de technologies métallurgiques et

LES MATERIAUX DE LA CIVILISATION

restèrent donc dans un âge de la pierre jusqu'à ce qu'ils rencontrent des cultures technologiquement plus développées.

Au **Néolithique**, les hommes maîtrisent dans de nombreuses régions le travail du **cuivre**, ainsi que de l'**or** et de l'**argent**, mais les outils de pierre polie restent alors prépondérants, le cuivre étant un métal trop mou pour pouvoir supplanter la pierre dans l'outillage et dans l'armement. Il faut attendre le développement des alliages de **cuivre** et d'**étain**, qui donnent le **bronze**, un métal plus dur et plus résistant, pour que les outils et armes de pierre cèdent la place aux outils et armes de bronze. L'âge de la pierre s'achève donc avec le début de l'**âge du bronze**, vers 3 000 av. J.C. en **Anatolie**, et vers 2 000 av. J. C. en **Europe de l'Ouest** et en **Chine**.

On pense généralement que les régions du Moyen-Orient et de l'**Asie du Sud-Est** arrivèrent à la fin de l'âge de la pierre vers 6000 av. J.-C., l'Europe, le reste de l'Asie et l'Afrique vers 4000 av. J.-C. et les civilisations des Amériques vers 2500 av. J.-C.

Les grecs avaient bien de la chance d'être aussi bien vénérés par leurs sujets; en effet, la pierre est utilisée à des fins somptueuses dans cette période de l'histoire. Le marbre est sans conteste la pierre la plus en demande à cette époque, apprécié pour son fini lustré ainsi que sa rareté relative. Les temples, qui étaient au tout début construits en matériaux d'argile et de bois, passent vite à l'utilisation du marbre et du calcaire. Lorsque la civilisation romaine commença à prendre le dessus, elle continua de vénérer ce type de matériaux et développa de grandes méthodes de prospection de minéraux. Lorsque le Moyen-Âge fit son apparition, les métiers dérivés de l'utilisation de la pierre devinrent de plus en plus nombreux. Les Tailleurs de pierre ainsi que les Mortelliers commencent à s'organiser. C'est au Moyen-Âge qu'on commence à utiliser la pierre avec de plus en plus de raffinement. Les fameuses cathédrales européennes qui datent de cette ère sont tout bonnement à couper le souffle, avec le choix précis de pierres utilisées lors de la période gothique. Pour atteindre une œuvre parfaite, les travailleurs n'hésitent pas, encore une fois, à sélectionner les pierres naturelles de la meilleure qualité existante.

Vers la fin du 20^{ème} siècle, la révolution industrielle engendra de nouvelles méthodes de production de matériaux de construction, rendant ainsi le béton nettement plus abordable et intéressant que la pierre comme matériau principal. En plus de celui-ci,

LES MATERIAUX DE LA CIVILISATION

les autres pierres artificielles telles que les briques prendront aussi leur place dans le monde. La pierre naturelle devient ainsi un outil pour parer les maisons et les autres bâtiments : elle garde son aspect si joli mais on se met alors à la coller ou à l'agrafer sur les murs. Cela ne l'empêchera pas de conserver sa noblesse : elle devient toutefois plus rare, moins accessible.



Quartzite

Marbre

Gré



Calcaire

Obsidienne

Silex

Quelques types de pierres.

II.1.2. L'histoire de l'argile

II.1.2.1. Qu'est-ce que c'est l'argile ?

L'argile est une roche sédimentaire, provenant de la décomposition d'espèces minérales appelée "feldspaths" composés principalement de silicate d'alumine.

En réalité, le mot argile provient du latin Argilla. Ce même mot est dérivé du grec argillos, dont la racine, argos, signifie "d'une blancheur éclatante". Du 12^{ème} au 16^{ème} siècle, argile se disait "Ardille", puis ce mot est devenu "arzille", puis "arsille" pour finir en "argile". Le terme générique, « argile » est couramment utilisé pour désigner différentes roches présentant une forte teneur en minéraux. Naturellement riche en sels minéraux, magnésium, silicium, calcium, potassium et oligoéléments. C'est tout ce que le corps humain à besoin.

II.1.2.2. L'argile à travers l'Histoire

Dès trente cinq mille ans avant notre ère, l'argile était utilisée par la main de l'homme, en tant que matériau pour produire des dessins dans les grottes, des histoires, traces du passé. Les premières traces d'habitation sont situées en Mésopotamie, sur les rives du tigre et de l'Euphrate. Les premiers contenants à base de terre cuite découverts, datent du septième millénaire avant notre ère. Les plus anciens écrits sont retrouvés sur des tablettes d'argiles. Le papier est apparu bien plus tard. Les romains blanchissaient les tissus, leurs vêtements à partir d'une eau argileuse. Les Égyptiens, quand à eux, l'utilisaient entre autre à des fins de soins et durant le rite de la momification. L'argile fait des apparitions dans la pharmacopée égyptienne de ce temps. Dans l'antique Grecque, Hippocrate, père de la médecine, louait ses vertus. La médecine grecque prescrivait des emplâtres de boue argileuse pour lutter contre le goitre, les rhumatismes, les maladies de peau, mais aussi pour les brûlures, les plaies vives, les morsures de serpents...En outre elle était considérée comme un puissant contrepoison. Puis son usage se vulgarisa avec les Romains. La porcelaine est fabriquée à partir d'une argile particulière, blanche, pure, le kaolin. C'est au septième siècle, que la Chine produisit à partir de terre cuite ces poteries. Au début du siècle dernier, des thérapeutes se servaient d'argile pour traiter des affections par voie externe ou interne.

II.1.2.3. La place de l'argile aujourd'hui.

De nos jours, l'argile est utilisée pour la fabrication de céramiques pour prothèses dentaire ou osseuse ; en agroalimentaire on s'en sert pour purifier des huiles. L'industrie pétrolière utilise l'argile dans le cadre des forages et du raffinage du pétrole en essence. Les argiles sont présentes dans des matériaux composites comme par exemple les plastiques.

Des études ont été menées au fil des années afin d'utiliser les propriétés des argiles au profit d'autres matières (la résistance aux chocs, à la déformation, à la chaleur, aux rayons UV,...). L'argile est surtout utilisée pour son imperméabilité face aux liquides ainsi qu'aux gaz dans les emballages alimentaires, les balles de tennis,... Pour ses propriétés mécaniques, on l'incorpore à certains matériaux pour rigidifier les structures, améliorer la résistance à la traction, la flexion ainsi qu'au choc, au

vieillesse. Elle est pour cette raison retrouvée dans la carrosserie, les pare-chocs mais aussi le mobilier de jardin, permettant une résistance aux intempéries et aux longs séjours en extérieur. Elle a un rôle inhibiteur ou du moins retardateur de flamme dans le bâtiment. Elle va donc recouvrir les portes coupe-feu, les gaines des fils électriques, les conduits de chaufferie ainsi que les réservoirs de combustibles. Lors d'une combustion, une couche carbonneuse se forme à la surface du matériau, riche en argile, cela crée un film imperméable qui va étouffer la flamme, la contenant et diminuant son apport en oxygène. On retrouve aussi l'argile dans la matrice des vêtements de protection (elle y joue un rôle d'isolant thermique pyrofuge.) Additionnée à la lessive, elle va piéger les corps gras qui, de plus, se dissocient facilement des tissus.

II.2. Les premiers métaux

Les métaux seront si importants pour l'humanité qu'on les compare souvent aux sept piliers de la civilisation et que des périodes de l'Histoire porteront le nom de certains d'entre eux (âge du fer, âge du cuivre).

1. Cuivre

Le cuivre est l'élément chimique de numéro atomique **29**, de symbole **Cu**. Le corps simple cuivre est un métal.

Naturellement présent dans la croûte terrestre, le cuivre à faible dose est essentiel au développement de toute forme de vie. Il est majoritairement utilisé par l'homme sous forme de métal. Il présente une couleur rougeâtre, orangée ou brune due à une couche mince en surface (incluant les oxydes). Le cuivre pur est de couleur rose saumon : ce « métal rouge » apprécié en orfèvrerie et en bijouterie

On le désigne parfois sous le nom de **cuivre rouge** par opposition aux laitons (alliages de cuivre et de zinc) improprement nommés « cuivre jaune ».

Le cuivre, aujourd'hui métal usuel, est le plus ancien métal utilisé par l'homme au cours de son histoire, dès la fin du 5^{ème} millénaire. Une ère de la Préhistoire porte d'ailleurs son nom : l'âge du cuivre, qui suit le Néolithique (ou le Chalcolithique, à partir des racines grecques *khalkos* [cuivre] et *lithos* [pierre]).

Son utilisation dans l'Antiquité sera même d'une plus grande importance que celui de l'or puisqu'il sera employé dans la fabrication des premiers outils, des instruments et

LES MATERIAUX DE LA CIVILISATION

des armes. Bien que le cuivre puisse être trouvé à l'état naturel, ses sources les plus importantes sont les minéraux cuprites, l'azurite et surtout la malachite (environ 90% du cuivre primaire provient de minerais sulfurés). Des mines de minerai de cuivre sont disséminées par le monde.

A l'origine, le cuivre était réduit en petits morceaux à partir de la masse, martelé et taillé suivant des techniques similaires à celles utilisées pour les os ou les pierres. Toutefois, ce métal ainsi traité restait fragile et pouvait facilement se briser. Sa cuisson sur un feu de bois va pallier ce problème : il devient malléable et le forgeron pourra le marteler. Ces premières fusions ont été probablement obtenues par hasard, suite par exemple à l'abandon d'une pierre de malachite dans les feux de camp. Cette découverte fondamentale va conduire au développement de la métallurgie.

Réussir à le fondre sera encore une étape supplémentaire. Il est donc plutôt vraisemblable que les premières fontes du cuivre aient été découvertes par les potiers antiques dans des fours de cuisson d'argile, qui peuvent eux atteindre des températures de 1100-1200 degrés. L'utilisation du charbon de bois permettra également d'intensifier la chaleur obtenue.

Les plus anciennes traces de fusion du cuivre ayant été découvertes dans le plateau iranien daté de la première moitié du 5^{ème} millénaire av. J. C. il y a donc près de sept mille ans. Des objets de cuivre fondu datant du 7^e millénaire avant notre ère en Asie mineure, les premières traces d'artisanat du cuivre datent de 4500 en Bulgarie, de 2800 en Chine (dynastie Shang), de 2500 dans la vallée de l'Indus (Mohenjo-daro, actuel Pakistan). Il y a 6000 ans l'extraction de minerai pour en tirer du cuivre est commune en quelques endroits de l'Eurasie et de l'Afrique, à l'instar de la malachite du Sinai pour l'Égypte antique dont les mines sont exploitées vers - 4500 av. J.-C. Elle commence en Europe entre 2500 et 1800.

Une ancienne civilisation nord-américaine a profité de vastes dépôts de cuivre natif pour fabriquer des armes, des outils et des objets décoratifs. Elle a extrait du cuivre entre 6000 et 3000. Le cuivre était plus utile que l'or parce qu'il est plus rigide, et relativement facile à façonner par un simple martelage attesté dès l'âge de pierre, au contraire du fer météorique.

L'histoire méditerranéenne antique du cuivre est intimement liée à l'île de Chypre qui c'est en effet sur cette île que furent exploitées les mines de cuivre et cuivre natif, qui

LES MATERIAUX DE LA CIVILISATION

permirent à des civilisations humaines méconnues de prospérer, bien avant les civilisations [minoenne](#), [mycénienne](#) et [phénicienne](#). Ces diverses civilisations issues de Méditerranée orientale organisèrent le commerce antique du métal rouge en Méditerranée, si bien que les Romains l'appelèrent d'une manière générique le cuivre et divers alliages (littéralement « métal de Chypre »). Le terme s'est transformé au fil du temps pour devenir « cuprum » en latin pour donner le mot « cuivre » en français.

Le cuivre se travaille facilement, étant ductile et malléable. La facilité avec laquelle on peut lui donner la forme de fils, ainsi que son excellente conductivité électrique le rendent très utile en électricité. Après le fer, le cuivre est le métal usuel le plus tenace. Il intervient également comme matériau de construction et entre dans la composition de nombreux alliages, les cupro-alliages ([Laitons](#) : cuivre-zinc, [bronzes](#) : cuivre-étain, [maillachorts](#) : cuivre-nickel-zinc, [cupronickels](#) : cuivre-nickel ; [billons](#) : cuivre-argent , [zamaks](#) : zinc-aluminium-magnésium-cuivre où le cuivre est minoritaire.

Dans les temps modernes, le cuivre a connu un essor extraordinaire avec le développement de l'électricité dès le début du 20^{ème} siècle. Sa grande aptitude à la constitution d'alliages dont les laitons et les bronzes sont les plus répandus, et ses remarquables propriétés anticorrosion lui confèrent des débouchés très importants dans l'industrie et le bâtiment. Ses domaines d'application couvrent l'éventail complet de l'activité économique, depuis les pièces et matériels les plus traditionnels jusqu'aux systèmes de haute technologie les plus évolués.



La malachite



La chalcopyrite



Cuivre natif

2. Bronze

Le **bronze** est un nom générique qui était donné autrefois à tous les **alliages de cuivre**. Aujourd'hui, son sens s'est restreint aux alliages de **cuivre** et d'**étain**, il est de couleur jaune foncé. Ce métal noircit avec l'oxydation.

Les bronzes sont, pour la plupart, composés de plus de 54 % de cuivre (qui peut aller jusqu'à avoisiner les 95 %¹) et d'une proportion variable, non seulement d'étain, mais aussi d'**aluminium**, de **plomb**, de **béryllium**, de **manganèse** et de **tungstène**, ainsi qu'accessoirement de **silicium** et de **phosphore**, mais pas de **zinc** en quantité notable

Ces alliages ont été pour la première fois utilisés pendant la période précisément appelée « **âge du bronze** », pour fabriquer des outils, des armes, des instruments de musique et des armures plus robustes et résistants que leurs prédécesseurs en cuivre ou en pierre. Cette période s'étend globalement de 3000 à 1000 av. J. C., mais avec de grandes variations suivant les aires considérées.

La technologie du bronze s'est d'abord développée au Moyen-Orient : à Sumer et à Ur, vers 2800 avant notre ère, en Anatolie peu après. Elle se propage ensuite de façon spasmodique à l'Est, dans la vallée de l'Indus vers 2500 avant Jésus-Christ, et vers l'ouest à travers l'Europe, aux environs de 2000 avant Jésus-Christ. En Chine, la technique d'alliage atteindra un niveau de sophistication sans précédent. A partir de 1500 avant Jésus-Christ, la dynastie des Shang produira des objets en bronze exceptionnels.

Gardons néanmoins à l'esprit que seules les classes dirigeantes utilisent le bronze comme produit de luxe ou comme arme d'élite. Le paysan ou l'artisan emploiera longtemps encore des objets quotidiens en silex, l'Age de la pierre survivant ainsi au cœur même de celui du Bronze. L'alliage se généralise véritablement après 1500.

L'utilisation du bronze entraînera la création de liens commerciaux durables: si la première métallurgie du cuivre ne s'est développée que dans les zones disposant de gisements de cuivre, l'âge du bronze se développe dans des régions dépourvues de minerais de cuivre ou d'étain. C'est le cas de la Mésopotamie (Sumer et Ur) où sont très certainement coulés les premiers bronzes. Le cuivre, acheminé sans doute sous forme de minerai, provient de Jordanie, des montagnes de la chaîne du Taurus, ainsi que Chypre, d'Arabie du sud voire même de l'Inde par le Golfe Persique. Devant la demande importante d'étain, un métal beaucoup plus rare que le cuivre, des contacts

LES MATERIAUX DE LA CIVILISATION

sont établis avec des régions productrices lointaines comme les Cornouailles (premier millénaire avant Jésus-Christ). A noter que la route de l'étain, passant en Gaule et empruntant le Rhône.

Les liens entre maîtrise des métaux et progrès de civilisation sont bien réels et dépassent les simples relations commerciales : par exemple, la fabrication de haches en cuivre permettra de couper d'avantage de bois, de creuser le sol plus profondément et donc d'augmenter les ressources disponibles. La naissance de la métallurgie sera d'ailleurs contemporaine de deux autres innovations capitales pour le développement de l'humanité : l'invention de la roue et la charrue. A cela il faudrait ajouter la spécialisation des activités de production. Le travail du métal nécessite dorénavant des artisans, mineurs ou forgerons, et des marchands qui exercent leur activité, du fait de la complexité ou de la durée, à plein temps.

Leurs caractéristiques principales sont une bonne résistance à l'usure, une résistance moyenne à la corrosion et une bonne conductivité électrique. On les utilise souvent comme matériau de frottement en face de l'acier.

3. Or

L'**or** est l'élément chimique de numéro atomique **79**, de symbole **Au**. Le corps simple **or** est un métal noble, un métal précieux coloré précisément en **jaune d'or**, matière pure dense, très ductile et molle, facile à travailler, parfois simplement à la main et au bâton, connue de toute antiquité, appréciée pour son fort éclat de « petit soleil ».

À l'état natif, l'or se présente très souvent sous la forme de pépites, qui sont ces petites masses arrondies et écrasées, généralement de petite taille, et qui peuvent aller de quelques grammes (pour les plus courantes) à plusieurs dizaines de kilos (pour les plus rares). On peut aussi le trouver sous la forme de poudre, également appelées sables aurifères, ou bien sous la forme de paillettes de couleur jaune plus ou moins foncées (suivant les impuretés qu'elles contiennent). Enfin, il peut également se présenter sous forme de minerai.

L'or est contenu dans deux principaux types de gisements : ceux que l'on appelle "filons", ou veines, qui sont des gisements primaires constitués de roches aurifères, où le minerai est particulièrement pur et peut se situer à des profondeurs diverses. Ces gisements sont situés dans des roches dures, non érodées, de multiples sortes : dans

LES MATERIAUX DE LA CIVILISATION

des roches magmatiques volcaniques (comme le basalte, la rhyolite, l'andésite ou la serpentinite), dans des roches sédimentaires (comme l'ardoise ou le grès), enfin dans des roches ignées grenues, (comme la diorite ou le granite).

Les gisements primaires se sont constitués à des périodes extrêmement variées : tandis que certains se sont formés il y a entre 3 et 2,5 milliards d'années, d'autres seraient apparus autour de 600 millions d'années, d'autres il y a à peine un million d'années.

Un des plus vieux objets en or a été mis au jour dans la nécropole de Varna, en Bulgarie actuelle. Il est daté du milieu du 5^{ème} millénaire av. J.-C.

En dehors de l'Égypte et du Moyen-Orient qui l'imposent précocement dans un rôle monétaire, l'homme utilise l'or de façon significativement importante en Europe depuis le 3^{ème} millénaire av.J.C.

L'or est le seul métal quasiment inaltérable. Sa résistance à la corrosion et la fascination exercée par sa couleur ont conduit la plupart des civilisations humaines à lui accorder une place importante dans la société en le liant à la richesse et à l'abondance. Si l'or est présent partout dans le monde, il l'est souvent à une très faible concentration. En conséquence, sa rareté ajoutera à sa valeur.

Ce métal peut être facilement mis en forme, mais cette malléabilité le rend aussi peu pratique. En conséquence, ses premières utilisations ont été exclusivement décoratives et seront cantonnées aux bijoux et aux œuvres d'art : les premiers orfèvres se contentent ainsi de recueillir ces petites pépites d'or dans le lit des rivières et de les souder par martelage.

Premier métal exploité, l'or va donner l'impulsion nécessaire à la naissance de la métallurgie. Outre les ruisseaux, on en trouve également dans des dépôts filons, c'est-à-dire aggloméré à de la roche. Les premiers chercheurs d'or ont dû identifier les dépôts aurifères pour pouvoir les exploiter. La couleur et l'éclat de l'or permettait de le reconnaître dans les roches, les pierres, le gravier ou la terre où il était facile après de les séparer.

Identification, séparation et concentration du métal sont les trois étapes de l'exploitation d'un gisement, et la facilité avec laquelle elles seront menées à bien détermineront la rentabilité d'un dépôt.

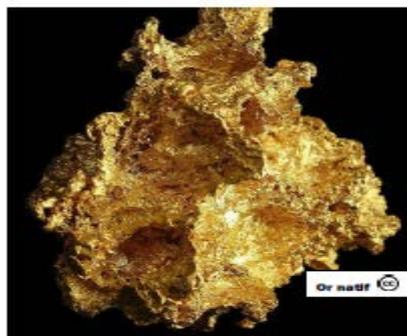
LES MATERIAUX DE LA CIVILISATION

L'alliage argent et or est appelé **électrum**, qu'on rencontre à l'état naturel dans des proportions variables. Très prisé pendant l'Antiquité, il faisait aussi l'objet d'une production humaine.

L'or de joaillerie, c'est-à-dire mélangé à un ou plusieurs autres métaux pour augmenter sa rigidité, peut présenter des teintes blanches (**or blanc**) ou rouges (**or rouge**) selon le type d'alliage qui le constitue (**argent**, pour former l'**électrum**, ou **cuivre**). L'argent et le cuivre sont les deux principaux métaux utilisés en alliage avec l'or, mais il y a également le platine, le nickel, le zinc ou encore le manganèse

Pour de l'or 18 carats :

- l'**or jaune** est en principe constitué de 75 % d'or, de 12,5 % d'**argent** et de 12,5 % de **cuivre** ;
- l'**or rose** est normalement composé de 75 % d'or, de 20 % de cuivre et de 5 % d'argent ;
- l'**or gris** comporte habituellement 75 % d'or, de l'argent et parfois du palladium ;
- l'**or blanc** de joaillerie est un terme souvent utilisé pour parler de l'**or gris**. Le **nickel** (qui entraînait autrefois dans sa composition) est maintenant réglementé, car source d'allergies. L'**or blanc** est donc recouvert d'une fine couche de **rhodium** (ou « rhodié »), qui disparaît avec le temps, redonnant une couleur gris-jaune à l'or (il est en général possible de faire un nouveau bain de rhodium chez un bijoutier).
- l'**or bleu** est un alliage d'or et de **fer**. Un traitement thermique oxyde les atomes de fer à la surface du métal et lui donne sa **couleur azur**.
- autres alliages possibles : or et platine (saumon), or et zinc (jaune-vert), or, argent et cadmium (vert), or et aluminium (violet pourpre)



Or natif

4. Argent

L'**argent**, élément chimique de symbole **Ag** et de numéro atomique **47**, est l'un des métaux les plus anciennement connus. Il semble cependant que sa découverte soit postérieure à celle des deux autres métaux précédents. Dès la première dynastie égyptienne, vers 3500 avant J.-C., sa rareté, son blanc très pur et son inaltérabilité le faisaient employer comme monnaie, sa valeur étant supérieure à celle de l'or.

Bien que l'argent soit trouvé à l'état naturel et en quantité importante, son extraction est délicate. Le minerai est généralement mélangé à du plomb de sorte que les deux exploitations minières sont liées. Or, le plomb étant très toxique, les mineurs s'y empoisonnaient. Une mine d'argent est célèbre dans l'Antiquité, il s'agit de celle de Laurion, près d'Athènes en Grèce. Autour de 500 avant Jésus-Christ, les Athéniens y exploitent un important gisement, qui va aider au développement de la cité. Un autre site minier important se trouve dans le sud de l'Espagne.

Il faudra donc réussir à séparer l'argent des autres métaux avec lesquels il est uni. Le processus de coupellation, employé à partir de 2000 avant Jésus-Christ, en sera le mode. Cette technique se fonde sur une caractéristique commune de l'or et de l'argent, celle de ne pas s'oxyder aux températures élevées.

Ce métal étant pratiquement indestructible, il n'est que partiellement récupérable. L'argent est donc consommé et ne peut être réutilisé comme c'est le cas pour l'or. Il n'est pas uniquement l'objet d'une demande industrielle, mais l'est également comme monnaie. Au même titre que l'or, il a de tout temps servi de devise. Il est malléable, divisible, durable, rare, facile à entreposer et à transporter et maintient sa valeur.

L'argent métal et/ou ses principaux alliages sont utilisés par exemple :

- en joaillerie et en orfèvrerie comme métal précieux (argent massif) ou comme métal de recouvrement (métal argenté).
- pour confectionner des médailles et des pièces de monnaie de prestige.
- dans l'industrie des matériaux de contact mécanique et l'industrie atomique. Le métal et ses alliages ont des propriétés inoxydables et de résistance à l'usure

LES MATERIAUX DE LA CIVILISATION

intéressantes. C'est un matériau de revêtement de choix, pour assurer protection et étanchéité.

- en électronique et électricité, car il présente une meilleure conductivité électrique que le cuivre, et reste conducteur même en partie oxydé ; dans l'industrie aéronautique, il permet la protection des dispositifs électroniques. Il présente des propriétés de résistance à la fatigue et d'anticorrosion. Il sert de dopant et/ou de revêtement pour des céramiques.
- en musique et en sonorisation, l'argent est utilisé dans la fabrication d'instruments de musique et forme d'excellentes membranes ou bobines pour actionner les tweeters de haut-parleur ;
- en médecine et chirurgie dentaire (amalgame).



Argent natif

4. Fer

Le **fer** est l'élément chimique de numéro atomique **26**, de symbole Fe. Le corps simple est le métal et le matériau ferromagnétique le plus courant dans la vie quotidienne, le plus souvent sous forme d'alliages divers. Le fer pur est un métal de transition ductile, mais l'adjonction de très faibles quantités d'éléments d'additions modifie considérablement ses propriétés mécaniques. Allié au carbone et avec d'autres éléments d'additions il forme les aciers, dont la sensibilité aux traitements thermomécaniques permet de diversifier encore plus les propriétés du matériau.

Le fer est le métal le plus commun sur terre. C'est aussi l'un des métaux les plus importants, ayant donné son nom à un âge de l'humanité. Le fer est rarement trouvé dans son état naturel ; les sources connues sont le Groenland, où le fer est présent sous forme de nodules dans le **basalte** et la majeure partie du fer dans la croûte est combinée avec l'oxygène, formant des minerais d'oxyde de fer, tels que l'**hématite** (Fe_2O_3), la **magnétite** (Fe_3O_4) et la **limonite** ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$). L'oxyde

LES MATERIAUX DE LA CIVILISATION

magnétique ou *magnétite* Fe_3O_4 est connu depuis l'Antiquité grecque. Il tire son nom du mont *Magnetos* (le grand mont), une montagne grecque particulièrement riche en ce minéral. Quelques traces archéologiques nous signalent que le fer était disponible dès le 2^{ème} millénaire avant Jésus-Christ chez les Hittites, dans l'Anatolie actuelle. L'utilisation de ce métal va permettre de fabriquer des lames beaucoup plus longues et tranchantes. Les armes en bronze seront lentement remplacées par celles en fer.

Fer et acier ont été les clés de voute de la civilisation. Les Hittites garderont jalousement le secret de la fabrication du fer pendant environ 400 ans, avant que ne s'effondre leur empire. Le début véritable de l'âge du fer est daté de 1300 avant Jésus-Christ pour les régions méditerranéennes et de 700 avant Jésus-Christ pour l'Europe occidentale, révolutionnant l'art de la guerre ainsi que l'agriculture. Beaucoup de peuples de la Méditerranée l'utilise : les Grecs, les Egyptiens, les Romains, les Carthaginois, et les Assyriens, et de là vers l'Asie où vers 600 avant Jésus-Christ la dynastie orientale de Chou inaugure en Chine le travail du fer.

L'acquisition de la métallurgie du fer est une étape importante dans l'histoire des sociétés, en particulier par son retentissement sur les techniques agricoles et son rôle dans la mise en place des pouvoirs. Il est certain que l'augmentation des quantités de fer produites et la spécialisation dans l'organisation des sociétés ont dû influencer notablement l'évolution des pouvoirs et leur répartition. Dans les premiers temps, le fer était cinq fois plus cher que l'or et ses premières utilisations étaient également des ornements. Très vite l'homme s'est aperçu que mélanger certaines quantités de carbone à ce fer le rendrait plus tranchant, plus résistant. Ce fut le premier acier. Le minerai de fer est en effet est facilement réduit par le carbone.

Jusqu'au milieu du Moyen Âge, l'Europe raffina le fer au moyen de bas fourneaux, qui ne produisent pas de fonte ; la technique du haut fourneau, qui, elle, produit de la fonte brute à partir de charbon de bois et de minerai de fer, a été mise au point en Chine au milieu du 5^{ème} siècle av. J.-C.. Elle est courante en Europe occidentale dès le milieu du 15^{ème} siècle.

Le fer n'est pratiquement pas utilisé à l'état pur .La fonte et l'acier sont les principaux alliages :

- la fonte contient de 2,1 % à 6,67 % de carbone ;

LES MATERIAUX DE LA CIVILISATION

- l'acier contient de 0,025 % à 2,1 % de carbone, le fer étant le principal élément entrant dans sa composition ;
- en dessous de 0,025 % de carbone, on parle de « fers industriels ».

L'ajout de divers éléments d'additions permet d'obtenir des fontes et des aciers spéciaux, mais l'élément ayant la plus forte incidence sur les propriétés de ces alliages reste le carbone. Les aciers inoxydables doivent leurs propriétés de résistance à la corrosion à la présence de **chrome** qui, en s'oxydant, va former une fine pellicule protectrice.



Minéral hématite La magnétite La limonite Le basalte

Quelques minerais de fer

II.3. L'acier : le métal moderne

L'acier est un alliage métallique constitué principalement de fer et de carbone (dans des proportions comprises entre 0,02 % et 2 % en masse pour le carbone).

L'Âge du fer se caractérise par l'adaptation du bas fourneau à la réduction du fer

Ce bas fourneau produit une loupe, un mélange hétérogène de fer, d'acier et de laitier, dont les meilleurs morceaux doivent être sélectionnés, puis cinglés pour en chasser le laitier.

En poussant le vent, on attise la combustion et la température de fusion du métal est atteinte. On extrait le métal par vidange du creuset : c'est la production au haut fourneau. On obtient alors de la fonte, le fer liquide se chargeant de carbone au contact du charbon de bois. En effet, deux phénomènes complémentaires se déroulent dans le creuset du haut fourneau : le fer se charge de carbone lorsqu'il arrive au contact du charbon de bois, ce qui abaisse son point de fusion. Puis ce métal fondu continue à s'enrichir en carbone, en dissolvant le charbon de bois. Les premières

LES MATERIAUX DE LA CIVILISATION

coulées de fonte ont été réalisées par les Chinois durant la période des Royaumes combattants (entre -453 et -221). Ceux-ci savent aussi brûler le carbone de la fonte, en le faisant réagir avec de l'air, pour obtenir de l'acier. Il s'agit du procédé indirect, car l'élaboration de l'acier se fait après l'obtention de la fonte. En Europe et en Asie, durant l'Antiquité, on produisait également de l'acier en recarburant le fer avec des gaz de combustion et du charbon de bois (**acier de cémentation**).

L'acier est apparu, avec l'évolution de la métallurgie, vers 1786. Cette année-là, trois savants français, Berthollet, Monge et Vandermonde, caractérisèrent trois types de produits obtenus à partir de la coulée des hauts-fourneaux : le fer, la fonte et l'acier. L'acier était alors obtenu à partir du fer, lui-même produit par affinage de la fonte issue du haut-fourneau. L'acier était plus dur que le fer et moins fragile que la fonte.

Au 19^{ème} siècle sont apparues des méthodes de fabrication avec conversion directe de la fonte, avec les convertisseurs Bessemer en 1856 (Henry Bessemer); le procédé Thomas-Gilchrist de déphosphoration de la fonte en 1877 et la méthode Siemens-Martin. Ces découvertes, permettant la fabrication en masse d'un acier de qualité participent à la révolution industrielle. Peu à peu, la qualité de l'acier s'améliore et sa fabrication connaît un développement spectaculaire.

L'acier s'élabore actuellement de deux manières différentes :

- dans un haut fourneau à 1200 °C, production de fonte à partir du minerai de fer naturel trouvé dans le sol en présence du coke utilisé comme réducteur ; un convertisseur à oxygène permet la conversion de la fonte en acier ; cet acier dit **sauvage** est affiné et sa composition chimique ajustée par décarburation et addition d'éléments chimiques (mise à nuance) ;
- dans un four électrique puissant avec production d'acier liquide à partir de ferrailles récupérées et fondues, cette technique est plus économique.

Après mise en nuance, l'acier liquide est solidifié par moulage en coulée en lingots, ou en coulée continue. Ce dernier procédé, le plus usité actuellement, permet l'obtention directe des demi-produits (brames, blooms, billettes), ébauches des formes finales attendues, sans nécessité d'un passage au laminoir dégrossisseur.

LES MATERIAUX DE LA CIVILISATION

Ensuite, d'autres étapes de laminage à chaud, puis à froid, transforment les demi-produits en produits finis. L'acier est alors exploitable et disponible à la géométrie souhaitée et sous une épaisseur très fine.

L'acier peut être classé selon sa composition chimique, ses éléments d'alliages et ses traitements :

- acier non allié pour lequel les teneurs en éléments d'alliage, à l'exception du carbone, sont inférieures à 1,65 % pour le manganèse, à 0,50 % pour le silicium, et à des valeurs plus faibles, toutes inférieures à 0,40 % pour les autres éléments.
- acier inoxydable contenant au minimum 10,5 % de chrome et au maximum 1,2 % de carbone (résistance à la corrosion).
- acier galvanisé sur lequel un bain chaud de zinc a été appliqué (protection contre la corrosion).
- acier rapide chargé en éléments comme le tungstène ou le molybdène qui favorisent la création de carbures très durs (pour outils à coupe à grande vitesse) ;
- acier allié (autre qu'acier inoxydable) pour lequel sa teneur en éléments d'alliage est supérieure aux limites fixées pour les aciers non alliés.

Réputé pour ses propriétés élastiques, ductiles et résistantes à la rupture, l'acier s'impose rapidement comme le métal roi de la révolution industrielle dont la Tour Eiffel reste le symbole glorieux. L'acier est partout dans la construction. Aujourd'hui, on ne peut plus vivre sans acier. Il s'est définitivement imposé sous toutes ses formes.

La sidérurgie entre dans une nouvelle phase d'avancées techniques spectaculaires qui permettent la production d'un acier de qualité, sophistiqué (haute élasticité, inoxydable...) et de plus en plus fin.

On dénombre aujourd'hui près de 3000 nuances (compositions chimiques) répertoriées, sans compter toutes celles créées sur mesure. Grâce à cette diversité l'acier est le matériau le mieux placé pour relever les défis du futur.



Les aciers utilisés pour les tôles automobiles

II.4. Propriétés des métaux

Structurellement, les métaux se définissent comme les éléments comportant moins de quatre électrons sur la couche électronique de valence. Comme ces électrons sont facilement perdus pour former l'octet stable, les métaux se caractérisent fondamentalement comme donneurs d'électrons. De cet aspect de leur comportement électronique découlent leurs propriétés physiques et chimiques.

Outre deux propriétés mécaniques (la résistance à la traction [**ténacité**]) et la résistance à la pénétration [**dureté**]), citons quelques propriétés physico-chimiques des métaux :

► Propriétés physiques

* Il y a d'abord la **fusibilité** : Un corps est fusible si, par la chaleur, on peut le faire passer de l'état solide à l'état liquide. Dans le cas des premiers métaux (or, cuivre, argent), les anciens obtenaient une chaleur suffisante sur un feu de bois pour le liquéfier ; par après, l'amélioration des techniques, et notamment l'utilisation du charbon de bois, permettra d'atteindre des températures plus élevées et donc de faire fondre d'autres métaux plus résistants.

* Il y a ensuite la **moulabilité** : un corps est moulable quand, à l'état liquide, il peut être refroidi et solidifié dans un moule en prenant la forme de celui-ci.

* Il y a encore la **malléabilité** : Contrairement aux pierres, les métaux ne se brisent pas quand on leur porte un coup, ils se déforment en conservant la nouvelle forme acquise. La malléabilité est la raison pour laquelle on peut laminier (*rouleau compresseur*) un matériau, le forger (*martèlement*), ou découper plus ou moins facilement un métal.

* La **ductilité** désigne la capacité d'un matériau à se déformer plastiquement sans se rompre pour former notamment des fils. S'il y résiste bien, il est dit ductile, sinon il est dit fragile.

* Les métaux réfléchissent la lumière lorsqu'ils sont à l'état pur. Cette propriété s'appelle l'éclat métallique.

*Sont très résistants à la chaleur : à titre d'exemple, le fer fond à la très haute température de 1538°C

* La **conductivité** thermique ou électrique, c'est-à-dire que les métaux transmettent la chaleur ou le courant électrique à des degrés divers.

* Les métaux se caractérisent encore par la **masse volumique**. En effet, pour un même volume donné, les corps n'ont pas le même poids. L'argent a une masse volumique moins importante que celle de l'or : par exemple, celle de l'argent est de 10kg/dm^3 tandis que celle de l'or est de 19 kg/dm^3 .

► Propriétés chimiques

a) Réaction des métaux avec les acides

La plupart des métaux sont attaqués par des acides concentrés. A titre d'exemple, le fer est attaqué par l'acide chlorhydrique concentré et se transforme en ions Fe^{2+} . Un métal noble ne peut pas être attaqué par une solution acide ; c'est le cas uniquement de l'argent, de l'or et du platine.

b) Réaction des métaux avec le dioxygène (ou O_2) de l'air

De nombreux métaux réagissent avec le dioxygène de l'air ; ce phénomène est appelé corrosion (ou oxydation). L'humidité ou la température peuvent accélérer cette réaction d'oxydation. Après avoir réagi avec le dioxygène, les métaux oxydés ternissent et se couvrent d'une couche de corrosion. Seul l'or est inoxydable.

Pour éviter la corrosion de certains matériaux, on préfère utiliser ces derniers sous forme d'alliages. Un alliage est un mélange de un ou plusieurs métaux qui ne s'oxyde pas ou s'oxyde moins que les métaux purs. A titre d'exemple le laiton, est constitué de zinc et de cuivre est principalement utilisé pour la robinetterie. Le nitinol quant à lui, est l'un des alliages à mémoire de forme (AMF) le plus utilisé, Il est constitué : de nickel et de titane.