

## CHAPITRE N°9 : PROTECTION CONTRE LA CORROSION ET ALLIAGES MÉTALLIQUES

### ACTIVITÉ N°2 :

#### ALLIAGES

#### *Savoirs faire attendus*

- Définir un alliage.
- Citer les constituants des aciers inoxydables, des bronzes et des laitons.
- Extraire et exploiter des informations sur l'obtention des alliages, leurs propriétés et leurs utilisations.

DOCUMENT 1 : ACIER DAMAS Le terme acier de Damas (aussi appelé acier damassé, ou encore acier Damas) est employé pour désigner deux types d'aciers à l'apparence particulière :

- En premier lieu, historiquement, il s'agit d'un acier, aussi appelé wootz, élaboré en Inde et forgé sur place ainsi qu'au Moyen-Orient, réputé pour sa qualité et caractérisé par son aspect ou ses motifs moirés. L'élaboration de cet acier, et le savoir-faire associé, disparaît au cours du XVIIe siècle. De nos jours, des recherches archéologiques permettent la reproduction de cet acier : une vidéo contemporaine du procédé [ici](#).
- Ultérieurement, le terme a été repris pour désigner des aciers hétérogènes constitués de plusieurs nuances d'acier soudées et forgées pour obtenir des motifs plus ou moins complexes. Ce matériau, appelé acier Damas de corroyage, emprunte le nom du métal historique par abus de langage à cause de sa ressemblance superficielle avec l'acier Damas wootz. Sa fabrication se retrouve dans de nombreux pays ; elle peut être liée à un savoir-faire traditionnel et ancestral (comme le Mokume-gane japonais), ou être un procédé moderne améliorant l'esthétique de certains objets. Vous pouvez voir la création d'un couteau en Damas de corroyage [ici](#).

Malgré leur ressemblance superficielle, liée à la présence de motifs visibles à l'œil nu à leur surface, ces deux matériaux sont de nature, d'élaboration et de propriétés très différentes.



FIGURE 1: Facteur d'armes à Damas en Syrie, 1900.



FIGURE 2: Lame d'un sabre indien (environ 1800). [www.ashokaarts.com](http://www.ashokaarts.com)

DOCUMENT 2 : COMPOSITION DE L'ACIER WOOTZ Le Wootz est un acier à haute teneur en carbone avec des concentrations qui varient entre 1,2 et 1,8 %. Sa particularité est de posséder une précipitation de cémentite sphéroïdale (carbure de formule  $Fe_3C$ ) qui est grossière dans les lingots de Wootz et fine quand le métal a été forgé dans les bonnes conditions pour fabriquer une lame.

L'acier comporte également un certain nombre d'éléments d'additions (chrome, molybdène, niobium, manganèse, vanadium) qui jouent un rôle dans la structure et les caractéristiques finales des lames de Damas, le vanadium jouant un rôle très important dans l'obtention de ces caractéristiques (et en particulier des célèbres motifs « de Damas ») J.D. Verhoven, A.H. Pendray, W.E. Dauhsch émettent d'ailleurs l'hypothèse que les secrets de la fabrication du Wootz se sont perdus à la suite de l'épuisement des filons de minerai de fer qui contenait ces éléments en Inde du Sud.

DOCUMENT 3 : FABRICATION DE L'ACIER WOOTZ (CRÉDITS : WIKIPEDIA) La fabrication de cet acier s'est arrêtée très probablement au cours du XVIII<sup>e</sup> siècle à cause de l'épuisement du précieux minerai. La dernière fabrication de lames de Damas avec du Wootz semble se situer aux environs de 1750. Les techniques supposées sont issues des recherches archéologiques et des travaux en laboratoire réalisés par les métallurgistes depuis le XIX<sup>e</sup> siècle.

La fabrication se déroulait en trois phases.

1. La première phase est une phase commune à toutes les fabrications d'acier. Elle correspond à la réduction de l'oxyde de fer constituant le minerai. Les forgerons indiens mélangeaient le minerai avec du charbon de bois, du bois et des feuilles. Ils chauffaient ce mélange à des températures de 1 200 °C.
2. La deuxième phase constituait la fabrication proprement dite du Wootz. Les forgerons plaçaient dans un creuset un mélange de fer obtenu dans la phase précédente, de métal déjà transformé par forgeage et de charbon de bois, du verre et des feuilles vertes dans un petit creuset fermé. Le creuset avait une forme conique et mesurait 8 cm de diamètre et 16 cm de haut. Il était constitué d'une matière réfractaire pouvant résister à des températures de plus de 1 400 °C. Quinze creusets étaient placés les uns sur les autres dans un puits rempli de cendre. Dans un puits concentrique au premier communiquant par le bas, le forgeron plaçait du combustible constitué de branches et de feuilles. La combustion permettait d'obtenir des températures de 1 300 à 1 400 °C.  
Pendant le chauffage, le carbone diffusait dans le fer qui restait en phase solide formant de l'austénite. Il se formait cependant en surface du mélange une couche plus riche en carbone avec une température de fusion plus basse. Cette couche de fonte blanche fondait. Le forgeron savait que le carbone avait suffisamment diffusé et que l'acier avait la qualité recherchée quand il entendait le clapotis de la fonte en fusion. Les feuilles vertes étaient destinées à produire de l'hydrogène qui favorisait la carburation. Le verre formait une couche protégeant le métal de l'oxydation.
3. La troisième phase est constituée par le refroidissement. Celui-ci était très lent, ce qui devait permettre une répartition homogène du carbone dans la phase austénitique. À partir de 1 000 °C, la cémentite commence à précipiter sur les joints de grain de l'austénite. La précipitation des carbures dans le Wootz brut de fonderie est grossière. La morphologie fine de ces précipités sera donnée par le forgeage de la lame.

DOCUMENT 4 : LAITON (CRÉDITS : JACQUES TOUSSAINT (DIR.), ART DU LAITON, DINANDERIE) Les laitons sont des alliages jaunes, très ductiles et malléables, composés essentiellement de cuivre et de zinc, aux proportions variables, dont la fabrication directe à partir de minerais appropriés était déjà maîtrisée par les métallurgistes avant l'Antiquité<sup>1</sup>. Selon les propriétés visées, ils peuvent aujourd'hui contenir d'autres éléments d'addition comme le plomb, l'étain, le nickel, le chrome et le magnésium, dans des proportions très modérées.

QUESTIONS

1. Où se situe l'Inde?
2. Qu'est-ce qu'une réduction?
3. Définissez un alliage.
4. Un alliage est-il forcément formé à haute température?
5. Le Damas de corroyage est-il un alliage? Pourquoi?
6. L'acier Wootz est-il un alliage? Pourquoi? Si oui, est-ce un alliage homogène? Si non, quelles sont les différentes phases? Quel est le métal support de l'alliage? Quelles sont les additions d'alliage?
7. Selon vous quelle propriété fait que les sabres en Wootz se conservent si bien dans le temps?
- 8.