

1

Ch 9 : Protection contre la corrosion, alliages

Je sais faire

- Différencier la corrosion du fer (rouille) et la corrosion de l'aluminium (passivation).
- Décrire quelques méthodes de protection contre la corrosion : peinture, chromage, anodisation, etc.
- Extraire et exploiter des informations sur les étapes du cycle de vie d'un matériau métallique. (cf activité doc.)
- Extraire et exploiter des informations sur les techniques permettant de modifier l'aspect de surface des matériaux métalliques. (cf activité doc.)
- 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. (cf activité du cours)

Les métaux sont employés de façon intensive dans l'industrie, dans le domaine de transports, dans le bâtiment, ils sont utilisés par certains artistes, et dans le monde du design. Cependant les vestiges archéologiques en attestent : les métaux subissent la marche du temps et se corrodent... Cependant certains s'en sortent mieux que d'autres! Comment expliquer que les glaives romains sont corrodés alors que les pièces de monnaie de ce même peuple sont simplement verdies par l'oxydation? Ce chapitre présente la corrosion des métaux, il montre comment ils se corrodent, et comment on peut se prémunir de la corrosion. Il s'attarde enfin sur les alliages métalliques et certaines de leurs utilisations.

1.1 Protection contre la corrosion, Traitement de surface des matériaux métalliques

Dans cette section, nous présentons le phénomène de corrosion, puis nous exposons plusieurs méthodes pour s'en prémunir.



FIGURE 1.1: Sesterce de Trajan en parfait état, 105 après J.-C. Crédits photo : Classical Numismatic Group.

1.1.1 Présentation des phénomènes de corrosion

Définition 1.1: Corrosion

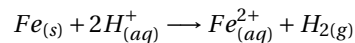
La corrosion désigne l'altération d'un matériau par réaction chimique avec un oxydant. Lorsque le métal est attaqué par un gaz, on parle de *corrosion sèche*, lorsque l'oxydant est en solution, on parle de *corrosion humide*.

Les métaux et leurs alliages peuvent se corroder, mais certains verres aussi. C'est par exemple le cas des vitraux au contact de plombs oxydés!

L'étude de la corrosion revêt une importance particulière car certains oxydants sont omniprésents dans l'environnement : c'est le cas des ions H^+ responsables de l'acidité des eaux, ou du dioxygène O_2 présent dans l'air.

On peut citer plusieurs exemples de corrosion :

- CORROSION ACIDE DES MÉTAUX L'atmosphère contient des acides tels que l'acide nitrique (HNO_3) et l'acide sulfurique (H_2SO_4), résidus de combustion, qui attaquent les métaux :



Ces phénomènes sont à la base de la corrosion atmosphérique, exacerbée par l'humidité de l'air près des océans, quasiment absente dans l'atmosphère sèche des hauts sommets.

- L'ATTAQUE DU FER PAR LE DIOXYGÈNE EN PRÉSENCE D'EAU L'oxygène de l'air, en présence d'eau, forme un oxyde $Fe(OH)_3$: l'homme de la rue parle de "rouille".
- CORROSION GALVANIQUE Une pile électrochimique est créée lorsque deux métaux de natures différentes sont mis en contact. Un des métaux s'oxyde et se dissout (anode), tandis que sur l'autre métal a lieu une réduction (cathode), et éventuellement formation d'une couche de produits de réaction (des espèces chimiques de la solution se réduisent et se déposent, notamment dépôt calco-magnésien). On parle de corrosion galvanique. C'est pour cette raison que les métaux utilisés dans l'assemblage d'automobiles font l'objet d'un choix méticuleux!

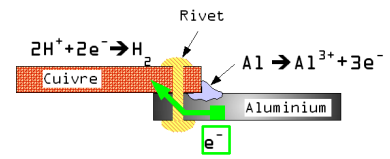


FIGURE 1.2: Corrosion galvanique entre le cuivre et l'aluminium. Posté sur [Wikipedia](#), Romary, 2004

FIGURE 1.3: TP corrosion différentielle, clou + indicateur coloré

Luigi Aloisio Galvani, né à Bologne le 9 septembre 1737 et mort dans cette même ville le 4 décembre 1798, est un physicien, professeur d'anatomie et médecin italien. Il occupa un rôle central dans la résolution de la controverse entre l'"électricité animale" et l'"électricité métallique"

Méthode 1.1: Équilibrer une demi-réaction d'oxydo-réduction en présence d'acidité

Certaines oxydation se produisent en solution acide, pour équilibrer les demi-réactions d'oxydoréduction correspondantes, il existe une méthode :

1. On équilibre les atomes autres que O et H .
2. On rajoute des molécules d'eau H_2O pour équilibrer les atomes O .
3. On compense l'excédent d'atomes H grâce à l'ajout de protons H^+ .
4. On rééquilibre les charges au moyen d'électrons.

Application : donnez la demi-réaction du couple Fe_2O_3/Fe .

1.1.2 Protection contre la corrosion : Traitement de surface

Définition 1.2: Passivation

Certains oxydes métalliques sont poreux, et permettent à l'oxydation de se poursuivre en profondeur. Cependant, d'autres oxydes (d'aluminium, de cuivre ...) sont étanches, imperméabilisent le métal aux échanges avec le milieu oxydant, cela stoppe la corrosion. On dit que le métal se *passive*.

La passivation des métaux peut être mise à contribution dans le cadre d'un traitement de surface qui protège contre la corrosion. *L'anodisation* de l'aluminium par exemple, permet de créer une couche protectrice d'épaisseur contrôlée, que l'on peut ensuite colorer pour obtenir une finition élégante!

Ce procédé consiste à forcer la réaction d'oxydation de l'aluminium à l'aide d'un générateur (on parle d'électrolyse). QUESTION : on se rappelle que "l'anode, c'est le côté de l'oxydation", dès lors pourriez vous faire un schéma du dispositif d'électrolyse employé? Par quel moyen peut-on contrôler l'épaisseur de la couche d'oxyde formée?

Exemples : cf [activité documentaire](#).

Il faut garder en tête que d'autres traitements de surface sont possibles selon les besoins : le chromage, la peinture (fig. 1.6), le huilage (fig. 1.5) etc...

1.1.3 Protection contre la corrosion : la protection électrochimique

Le traitement de surface présente un inconvénient : il doit être parfait! En effet, si tôt que le métal fait jour, il s'oxyde. Le traitement fait alors plus de mal que de bien puisqu'une oxydation souterraine démarre, et la détérioration du métal se découvre trop tard...



FIGURE 1.4: Le cuivre de la Statue de la Liberté à New York s'est passivé avec le temps. Cette couche d'oxyde de cuivre de couleur bleue est souvent appelée "vert-de-gris".



FIGURE 1.5: Au Japon, les ouvriers du bois sont capables de débiter des kizaras : des copeaux de bois fins comme du papier dont on fait de petits calepins. Ceci n'est possible que grâce à des outils extrêmement bien affûtés... Et on ne veut pas qu'ils s'oxydent! Ces ouvriers nappent leurs outils d'une couche imperméable d'huile de camélia. L'huile de camélia n'est pas acide, de ce fait elle est idéale pour protéger de l'oxydation!



FIGURE 1.6: Cette Porsche 356 de 1958, sans sa peinture ni son chromage, ne serait aujourd'hui plus qu'un tas de rouille!

Cependant nous avons vu que lorsque deux métaux sont en contact dans un milieu ionique (le sol ou de l'eau salée par exemple), il y a corrosion galvanique. Autrement dit l'un des métaux s'oxyde et l'autre non, par effet de pile. On peut tirer parti de ce phénomène dans le cadre de la protection contre la corrosion :

LES ANODES SACRIFICIELLES : Pour protéger les bateaux contre la corrosion, on place plusieurs blocs de Zinc à différents endroits de la coque, notamment près de l'hélice. Le zinc joue le rôle d'anode sacrificielle. Le zinc ayant une oxydation environ 25 fois plus lente que l'acier, l'oxydation est retardée. Cependant il doit être renouvelé en temps utile (fig 1.7).

La GALVANISATION est un procédé similaire, mais il y a recouvrement total de la pièce par du zinc.

Enfin, une autre façon de protéger les métaux est de créer des alliages résistants à la corrosion, mais les alliages ont de nombreux autres bénéfices, c'est ce que nous allons voir dans la section suivante.

1.2 Alliages

1.2.1 Présentation des alliages

Définition 1.3: Alliages

Un *alliage* est un mélange de plusieurs espèces chimiques dans lequel l'espèce majoritaire est un métal. Dans un alliage, l'élément métallique majoritaire, est appelé "métal de base". Les éléments ajoutés volontairement sont appelés "éléments d'alliage" ou "éléments d'addition" et les éléments non désirés sont appelés "impuretés".

Un alliage peut être formé d'une ou plusieurs phases : cela dépend de la miscibilité de ses éléments.

On obtient souvent les alliages par fusion, mais pas seulement *les amalgames* sont des alliages qui se forment sans chauffage! (fig. 1.8)



FIGURE 1.7: Cette anode sacrificielle est en partie corrodée : mieux vaut que ce soit elle que la coque du bateau!



FIGURE 1.8: L'Arquite est un amalgame de mercure et d'argent, qui se forme à température ambiante! [Wikipedia](#).

1.2.2 Utilisation des alliages

Alliage	Composition	Utilisation
Acier	fer + carbone (<2%)	poutres, tôles, câbles etc.
Acier inox	Acier + nickel, chrome, molybdène	ustensiles de cuisine...
Laiton	cuiivre + zinc (10 à 40 %)	électricité, sculptures...
Bronze	cuiivre + étain (5 à 25%)	statues, cloches...
Fonte	fer + carbone (2 à 6%)	radiateurs, cocottes...

FIGURE 1.9: Différents alliages et des exemples d'utilisation, connaître les aciers inoxydables, les bronzes et les laitons.

Différents alliages correspondent à différentes utilisations : certains sont

inoxydables, d'autres sont très malléable, certains présentent des reflets dorés, mais sont moins coûteux que l'or, d'autres encores sont très rigides, ou bien flexibles, certains sont bons conducteurs de chaleur : vous l'avez compris, l'industrie des alliages est pléthorique! Le périmètre de ce cours se limite aux aciers inoxydables, aux bronzes et aux laitons : on vous demande d'en connaître la composition, mais pas les proportions.

Nous étudions la formation des alliages dans une **activité documentaire**.