



## CORROSION ET PROTECTION DE L'ACIER

La **corrosion** désigne l'altération d'un objet manufacturé par l'environnement. La corrosion a des causes à la fois physicochimiques et mécaniques.

Les exemples les plus connus sont les altérations chimiques des métaux dans l'eau (avec ou sans oxygène), tels la rouille du fer et de l'acier ou la formation de vert-de-gris sur le cuivre et ses alliages (bronze, laiton).

Cependant, la corrosion est un domaine bien plus vaste qui touche toutes sortes de matériaux (métaux, céramiques, polymères) dans des environnements variables (milieu aqueux, atmosphère, hautes températures).

### Corrosion et développement durable

La corrosion est un problème industriel important car à l'origine d'accidents (rupture de pièces). Par ailleurs, elle représente un coût important on estime que chaque seconde, 5 tonnes d'acier sont perdues dans le monde du fait de la corrosion.

### Corrosion des métaux

Dès qu'un métal est en présence d'oxygène, son oxydation commence instantanément.

La corrosion des métaux est un phénomène naturel. En effet, à quelques rares exceptions près (l'or et plus généralement tous les métaux de la famille du platine que l'on trouve à l'état natif naturellement, ainsi que le fer de provenance météoritique), le métal est présent sur Terre sous forme d'oxyde dans les minerais (bauxite pour l'aluminium, hématite pour le fer).

La corrosion n'est qu'un retour à l'état d'oxyde naturel.

# metalcomobilconcepts

La corrosion des métaux est dans la grande majorité des cas une réaction électrochimique (une oxydo-réduction) qui fait intervenir la pièce manufacturée et l'environnement.

Le matériau dont est fait la pièce n'est pas le seul facteur conditionnant la vitesse du processus d'oxydation, puisque la forme de la pièce et les traitements subis (mise en forme, soudure, vissage) jouent un rôle primordial.

Ainsi, un assemblage de 2 métaux différents (par exemple 2 nuances d'acier, ou le même acier traité différemment), peut créer une corrosion accélérée ; on voit d'ailleurs souvent des traces de rouille au niveau des écrous. Si la pièce présente un interstice (par exemple entre 2 plaques), cela pourra former un milieu confiné qui évoluera différemment du reste de la pièce et donc pourra aboutir à une corrosion locale accélérée.

Toute hétérogénéité peut conduire à une corrosion locale accélérée, comme par exemple aux cordons de soudure.

## La protection contre la corrosion

La corrosion est donc un phénomène qui dépend du matériau utilisé, de la conception de la pièce (forme, traitement, assemblage) et de l'environnement.

Le processus de corrosion peut également être ralenti en agissant sur la réaction chimique en elle-même.

## Choix du matériau

La première idée est de choisir un matériau qui ne se corrode pas ou du moins qui se corrode moins vite dans l'environnement considéré. On peut utiliser des aciers dits inoxydables, des aluminiums, des céramiques, des polymères (plastiques), mais le choix du matériau doit aussi prendre en compte les contraintes de l'application, (résistance mécanique, esthétique, etc.)

*Dans l'absolu, il n'existe pas de matériau réellement inoxydable.*

Le terme « **acier inoxydable** » est impropre pour 2 raisons : ce type d'acier contient des éléments d'alliage (chrome, nickel) qui s'oxydent (c'est cette couche d'oxyde qui protège l'acier), et d'autre part, il n'est protégé que pour certains types d'environnement et sera corrodé dans d'autres environnements.



## Conception de la pièce

Dans la conception, il faut s'attacher à éviter les zones de confinement, les contacts entre matériaux différents et les hétérogénéités en général.

Il faut aussi prévoir l'importance de la corrosion, et le temps au bout duquel il faudra changer la pièce (maintenance préventive).

# metalcomobilconcepts

## La mise en œuvre des métaux influe énormément

- Le pliage
  - Le vissage
  - La soudure
- } *Points de corrosion*

D'où la nécessité de réduire au maximum ces 3 opérations, et de traiter la pièce après fabrication.

## PROTEGER L'ACIER CONTRE LA CORROSION

Il existe 2 moyens d'empêcher la réaction chimique d'oxydation d'avoir lieu :

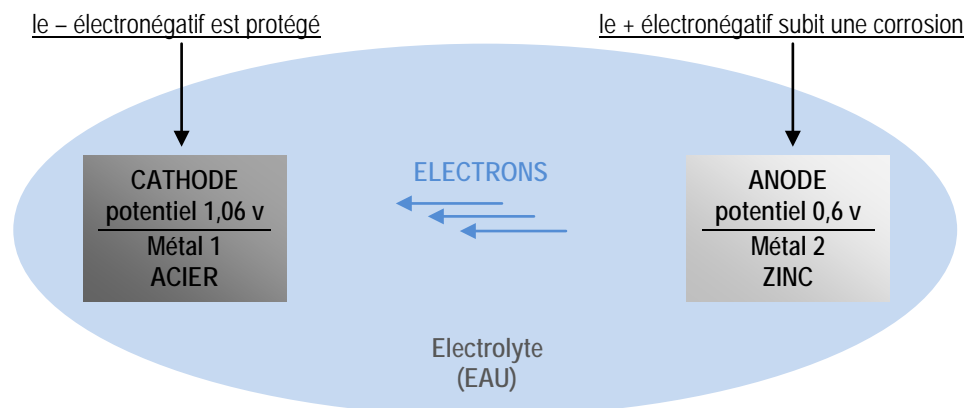
### 1. Réaliser une protection physique

Cela consiste à isoler la pièce de l'environnement : Il s'agit dans ce cas de l'enrober complètement par exemple par une couche de peinture ou de matière plastique. Ce type de protection n'est pas suffisant en cas de dégradation de la couche de peinture.

### 2. Protéger par un moyen chimique: la protection cathodique

Elle consiste à perturber la réaction d'oxydo-réduction (principe de l'« *anode sacrificielle* »). Cette nouvelle pièce (souvent en zinc) va se corroder à la place de la pièce à protéger, puisque la réaction chimique entre l'environnement et la pièce sacrifiée empêche la réaction entre l'environnement et la pièce utile.

- En milieu aqueux il suffit de visser une anode sacrificielle sur la pièce à protéger
- À l'air, il faut entièrement recouvrir la pièce, c'est le principe de la **galvanisation**



## LES DIFFERENTES METHODES DE PROTECTION DE L'ACIER

### 1. LA GALVANISATION A CHAUD – Méthode utilisée par METALCO

C'est un principe qui conjugue les 2 types de protection, physique par enrobage de la pièce, et chimique par apport d'un métal sacrificiel : **le zinc**.

La galvanisation à chaud est un procédé qui consiste à revêtir des pièces métalliques par immersion dans un bain de zinc en fusion. Les pièces traitées peuvent être en acier, en fonte grise ou ductile.

Le revêtement obtenu protège la pièce en créant une barrière physique entre le milieu extérieur et le substrat, mais aussi par protection cathodique (consommation du revêtement zinc à la place du substrat).

Lorsque l'acier est plongé dans un bain de zinc fondu (à une température > 419°C), on observe après refroidissement, à la surface de l'acier, une série de couches d'alliages (composés intermétalliques) à teneur décroissante en fer lorsqu'on s'éloigne de l'acier de base.

Ces composés intermétalliques confèrent au revêtement une parfaite adhérence et une résistance exceptionnelle aux chocs et à l'abrasion.

En général, la formation des couches d'alliages est rapide (quelques minutes) et l'épaisseur du revêtement (50 à 70 microns) n'augmente plus, même si le temps d'immersion se prolonge, sauf dans le cas particulier des aciers dits réactifs.

L'avantage de ce procédé est que contrairement aux procédés par projection, il protège également les parties inaccessibles de la pièce (corps creux).

#### Masse minimale de zinc :

NATURE DU PRODUIT	Masse mini g/m <sup>2</sup>	Epaisseur en microns
Acier épaisseur < 1mm	350	49
Acier épaisseur < 1mm < 3mm	400	56
Acier épaisseur < 3mm < 5mm	450	63
Acier épaisseur > 5mm	500	70
Pièces en fonte	500	70

#### Protection anti-corrosion réalisée par METALCO

Tous les éléments en acier épais ou mécano-soudés sont protégés par **galvanisation à chaud** selon les normes NF EN ISO 1461 – NF EN ISO 14713 par la société GALVENE SPA fournisseur agréé de METALCO (cette société est certifiée ISO 9001 et ISO 14001).

L'épaisseur minimum de zinc est de 70 microns.

Les composants acier en tôlerie fine sont zingués par **électro-zingage** afin d'éviter les déformations à haute température (traitement également conforme aux normes UNI).

# metalco mobil concepts

## AVANTAGES DE LA GALVANISATION

1. Cette technique permet d'obtenir un **enrobage total** de la pièce (intérieur et extérieur), sans qu'aucune zone ne soit laissée sans protection, c'est donc de très loin la protection la plus efficace.
2. Cette technique a l'avantage de la « **double protection** » :
  - Protection physique par enrobage
  - Protection électrochimique (le pouvoir sacrificiel du zinc)
3. L'épaisseur du revêtement est importante **70 à 80 microns**
4. le revêtement est **très adhérent** : il se crée un alliage métallique
5. On peut estimer l'efficacité de cette protection à **30 ans** en milieu urbain

## INCONVENIENTS DE LA GALVANISATION

1. La galvanisation consistant à plonger les pièces dans un bain de zinc en fusion à 450°C, il en résulte des risques de déformation des pièces fines, on ne peut donc pas l'appliquer aux pièces type corbeilles en tôle d'acier
2. Résidus de zinc lors de la sortie de la pièce, (coulores, gratons, etc.) et irrégularités de surface dues à l'épaisseur de zinc déposée (70 à 80 microns). Ces irrégularités d'aspect inhérentes au traitement ne peuvent pas être considérées comme des défauts
3. Les trous et filetages sont obstrués par le zinc en fusion, ce qui nécessite un perçage ultérieur qui abîme
4. Difficulté à peindre car il y a des risques de dégazage lors du thermo-laquage ultérieur avec apparition de bullage de surface

### *Méthode de traitement appliquée par METALCO*

La galvanisation à chaud nécessite une préparation avant traitement afin de garantir l'adhérence du zinc et sa réaction sur la pièce :

- 1. Préparation de surface**
  - a. Dégraissage afin d'enlever toutes les salissures et graisses,
  - b. Décapage réalisé dans une solution d'acide chlorhydrique dilué,
  - c. Fluxage dans une solution aqueuse de chlorure d'ammonium et de chlorure de zinc
- 2. Galvanisation**

Immersion des pièces dans un bain de zinc en fusion à 450°C (temps calculé selon les dimensions et épaisseurs des pièces)
- 3. Egouttage et contrôle du revêtement**

Le revêtement par peinture sur des pièces galvanisées nécessite des installations spécifiques et l'utilisation de peintures adaptées :

- Traitements chimiques de dérochage
- Peintures structurées ou sablées gommant les défauts d'aspect
- Le choix de peintures lisses brillantes est fortement déconseillé

Les traitements que METALCO réalisent sont conformes à la norme **NF EN ISO 1461** (juillet 1999) définissant les propriétés caractéristiques du revêtement de galvanisation par immersion avec les méthodes d'essai correspondantes :

- Epaisseur du zinc par unité de surface
- Aspect et adhérence
- Critères de conformité

Se reporter à la norme **NF-A-91-010** qui précise la terminologie à respecter quand on parle des revêtements et traitements au zinc utilisés pour la protection anti-corrosion des métaux.

## 2. L'ELECTRO-ZINGAGE

L'électro-zingage en continu concerne principalement les tôles. Il est difficilement applicable à des produits finis.

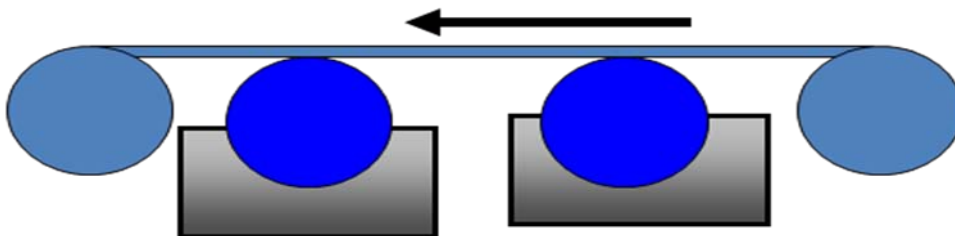
L'épaisseur de zinc déposé est, en moyenne, de 10 microns et il est aisé de recouvrir seulement une face ou de revêtir les 2 faces d'une tôle par des épaisseurs différentes.

Contrairement à la galvanisation à chaud, il ne se forme pas d'alliages à l'interface acier-zinc. Si la propreté de la bande d'acier avant électrodéposition est satisfaisante et si la formation du dépôt s'est effectuée dans de bonnes conditions, les dépôts obtenus sont adhérents.

### Procédé industriel d'électro-zingage de demi-produits

Après les opérations de dégraissage et décapage d'une bande d'acier préalablement recuite, celle-ci passe dans une série de 8 ou 16 cuves d'électrolyse. La bande d'acier est appliquée sur un rouleau conducteur constituant la cathode, les anodes solubles en zinc pur (99,99 %). Epousant la forme du cylindre conducteur, l'électrolyte circule à contre courant par rapport à la bande d'acier.

L'absence d'électrolyte au contact de la face appliquée sur le cylindre empêche son zingage. Si un zingage des 2 faces est souhaité, un retournement de la bande est effectué avant une nouvelle électrolyse. Après dépôt, la bande est rincée à l'eau, séchée puis huilée.



#### AVANTAGES DE L'ELECTRO-ZINGAGE

1. Cette technique est plus douce que la galvanisation, mais elle n'est appliquée que sur des tôles avant usinage
2. l'électro-zingage permet le traitement des tôles fines sans déformation
3. La surface obtenue est extrêmement lisse, et après peinture on obtient un aspect parfait
4. Le revêtement est très adhérent

#### INCONVENIENTS DE L'ELECTRO-ZINGAGE

1. Les tôles électro-zinguées sont ensuite mises en œuvre, percées, coupées, soudées, ce qui signifie que ces opérations interrompent l'un des procédés de protection, (l'enrobage), ne subsiste alors que la protection chimique par le pouvoir sacrificiel du zinc.
2. Cela nécessite de limiter au maximum ces opérations par exemple en réalisant des soudures par point plutôt que des cordons de soudure
3. Epaisseur du revêtement moins importante : 15 microns

# metalcomobilconcepts

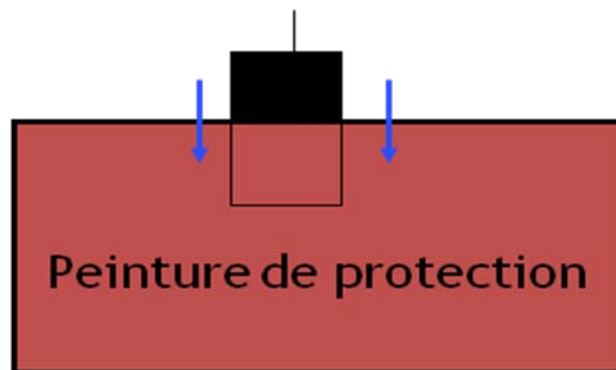
## 3. LA CATAPHORESE

La cataphorèse est une technique de peinture industrielle, employée principalement dans l'industrie automobile.

La cataphorèse consiste à immerger la pièce dans un bain de peinture hydrosoluble, en mettant la pièce en cathode ; (d'où le nom de cataphorèse), et en faisant migrer les particules de peintures en suspension dans le bain au moyen de courant électrique (de l'anode vers la cathode).

Les particules de peinture se déposent alors uniformément sur toute la surface de la pièce immergée. La pièce est légèrement agitée pendant l'opération qui ne dure que quelques minutes.

Ensuite, la peinture est cuite au four.



### AVANTAGES DE LA CATAPHORESE

1. Toute la surface de la pièce est couverte, même les parties creuses et cachées, contrairement à la peinture au pistolet
2. Il n'y a pas de déformation de la pièce
3. La couche est fine et régulière, environ 20 microns contre 70 microns pour la peinture au pistolet. Cette finesse permet de peindre les filetages sans les boucher

### INCONVENIENTS DE LA CATAPHORESE

1. Protection uniquement par enrobage (il n'y a pas de protection électrochimique)
1. La résistance à la corrosion est bonne sur des surfaces planes mais très aléatoire sur les angles, soudures, grilles, etc. car il y a des problèmes d'adhérence à ces endroits délicats
2. Le traitement de cataphorèse est incompatible avec le cycle de thermo-laquage, en effet il est très difficile d'obtenir une bonne accroche de la poudre sur le support
3. La protection anti-corrosion est interrompue en cas de dégradation ou de rayure

## 4. LA METALLISATION

Il s'agit d'un procédé artisanal qui consiste à projeter manuellement au pistolet du zinc en fusion. L'efficacité de cette technique reste très aléatoire puisqu'elle dépend de la qualité de la préparation de la pièce afin d'obtenir une bonne accroche, de la complexité de la pièce avec une difficulté à traiter les angles fermés et enfin de la qualité du travail effectué manuellement et donc irrégulièrement.

AVANTAGES DE LA METALLISATION	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Peut être réalisée artisanalement</li><li>2. Applicable sur produits après assemblages</li><li>3. Economique</li><li>4. C'est mieux que rien</li></ol>
INCONVENIENTS DE LA METALLISATION	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Couche de zinc peu adhérente (dégraissage insuffisant)</li><li>2. Ne traite que les surfaces extérieures et pas les corps creux</li><li>3. Nécessite impérativement au moins 4 heures de grenaillage</li><li>4. Epaisseur de zinc très aléatoire (application manuelle)</li><li>4. Cumule les inconvénients de la galvanisation sans en présenter les avantages</li></ol>

## 5. AUTRES METHODES DE PROTECTION DE L'ACIER CONTRE LA CORROSION

Les méthodes consistant à protéger l'acier par des peintures riches en plomb sont à proscrire compte tenu de leur impact sur l'environnement.

Les peintures liquides bi-composantes ont une efficacité limitée puisqu'elles ne protègent plus le produit en cas d'altération du film de peinture en cas de rayure ou de choc.

Les poudrages par peintures riches en zinc ont également une efficacité limitée pour les mêmes raisons, ce procédé n'a d'intérêt que pour des pièces protégées des agressions physiques.