

Protection contre la corrosion

On peut noter plusieurs possibilités de lutte contre la corrosion :

- 1°) La prévention, par :
 - Le bon choix de matériaux.
 - La bonne adaptation des pièces, à concevoir une bonne forme afin d'éviter l'humidité, avoir une aération, avoir un bon écoulement des fluides.
- 2°) Différentes méthodes de protection :
 - Protection par revêtements.
 - Protection par inhibiteurs.
 - Protection électrochimique.

La prévention de la corrosion doit être prise en considération depuis l'étape d'élaboration d'un projet. Il s'agit de garantir une certaine durée de vie à un matériau, à une installation, pour un coût minimal, comprenant tous les frais d'investissement que d'entretien.

Protection électrochimique :
 ↗ Protection cathodique
 ↘ Protection par passivation ou protection anodique

Protection cathodique

Deux méthodes de protection cathodique sont couramment utilisées en pratique :

- La protection par anode sacrificielle.
- La protection par courant ou potentiel imposé.

La protection cathodique est utilisée surtout pour protéger les structures lourdes en acier, telles que les plates-formes de forage pétrolières en mer, les bateaux, les installations chimiques et les conduites enterrées.

Protection par anode sacrificielle

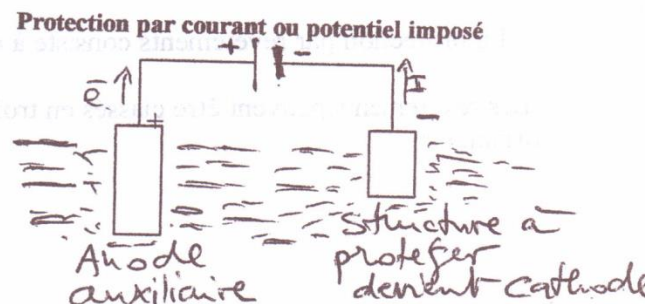
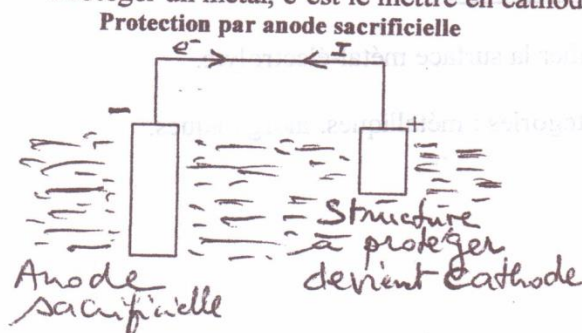
L'anode sacrificielle forme une pile avec la structure à protéger qui joue alors le rôle de cathode. L'anode sacrificielle doit donc posséder un potentiel réversible inférieur à celui du métal que l'on veut préserver. (Mg, Al, Zn, ...), en général, on n'utilise pas des métaux purs mais des alliages pour la réalisation des anodes sacrificielles.

Le comportement d'un système de protection par anode sacrificielle équivaut à celui d'une pile de corrosion galvanique provoquant la corrosion de l'anode sacrificielle.

Protection par courant ou potentiel imposé

Dans ce cas, au lieu d'avoir une anode sacrificielle, on met une anode auxiliaire. L'effet électrique provenant d'un générateur extérieur a pour but de diminuer le potentiel de la structure à protéger.

Protéger un métal, c'est le mettre en cathode.



Deux paramètres fondamentaux contrôlent la protection cathodique : le potentiel de protection et la densité de courant de protection.

Potentiel de protection :

Il est défini par la relation suivante : $E_{\text{prot.}} = E_0 + (RT/nF)\ln 10^{-6}$; ($C = 10^{-6}$ mol/l)
 Au potentiel de protection, la vitesse de corrosion est supposée négligeable.

Pour protéger un métal contre la corrosion, il faut lui imposer un potentiel tel que : $E \leq E_{\text{prot.}}$

Pour la température ambiante (25°C), l'expression de la relation de $E_{\text{prot.}}$ devient :
 $E_{\text{prot.}} = E_0 + 0.059 \times (-6)/n$; $E_{\text{prot.}} = E_0 - 0.354/n$ (V)

Le potentiel de protection ne correspond pas à un état d'équilibre au sens thermodynamique, il définit plutôt des conditions électrochimiques de protection d'un métal contre la corrosion.

Si le potentiel réel du métal est égal ou inférieur au potentiel de protection, on considère la vitesse de corrosion comme négligeable. On peut éventuellement adapter la définition du potentiel de protection aux conditions précises d'une situation particulière en utilisant une autre valeur de concentration.

Courant de protection :

Au potentiel de protection, la densité de courant partielle anodique est négligeable. La densité de courant de protection $i_{\text{protection}}$ est égale à la densité de courant partielle cathodique i_c correspondant au potentiel de protection.

Le courant de protection s'écrit :

$$I_{\text{prot.}} = i_{\text{prot.}} S \quad (S = \text{surface à protéger})$$

Dans cette relation $i_{\text{prot.}}$ correspond à une réaction dont la cinétique est conforme à l'équation de Butler-Volmer :

$$i_{\text{prot.}} = i_c = -i_{\text{corr}} \exp \left[- (1 - \alpha)nF(E_{\text{prot.}} - E_{\text{corr.}})/RT \right]$$

Protection électrochimique par passivation

Un métal peut être protégé contre la corrosion si on lui impose un potentiel qui correspond au domaine passif, à savoir lui imposer un potentiel E tel que : $E_P < E < E_T$, on peut donc parler de protection anodique. (E_P = potentiel de passivation, E_T = potentiel de transpassivation).

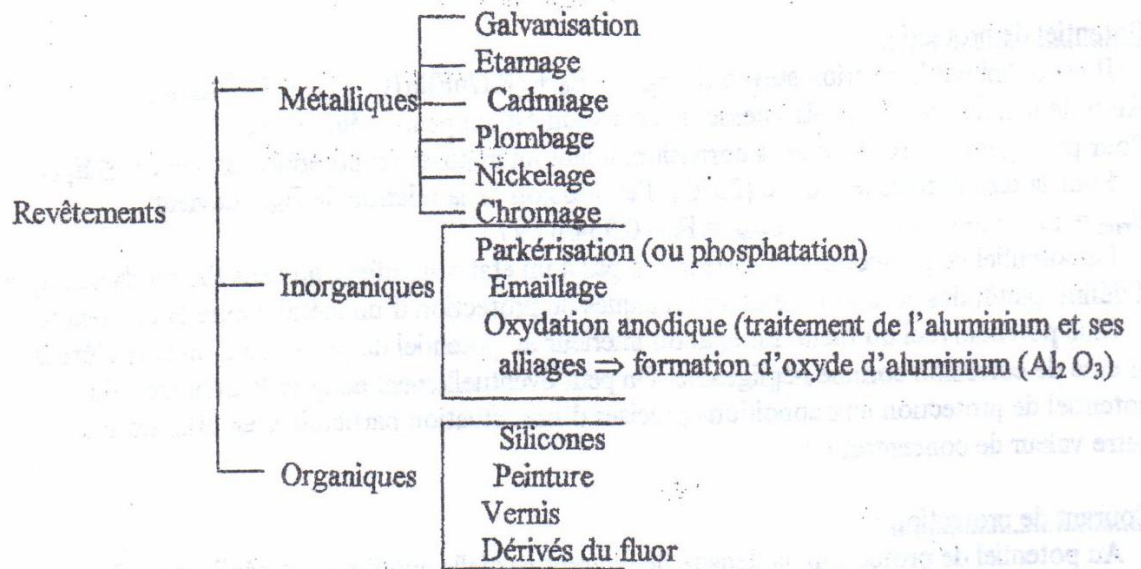
En pratique, on utilise bien moins la protection électrochimique par passivation que la protection cathodique classique. Non seulement la protection par passivation électrochimique demande un dispositif électrique plus sophistiqué, mais en plus, sur l'ensemble de la surface, le potentiel doit rester dans les limites imposées. Or, le potentiel d'une structure de dimension importante et de géométrie complexe n'est pas nécessairement uniforme.

La protection électrochimique par passivation demande un réglage de potentiel précis, sinon, on risque d'accélérer la corrosion aux endroits où la condition $E_P < E < E_T$ n'est pas satisfaite.

Protection par revêtements

La protection par revêtements consiste à modifier la surface métal-électrolyte.

Les revêtements peuvent être classés en trois catégories : métalliques, inorganiques, organiques.

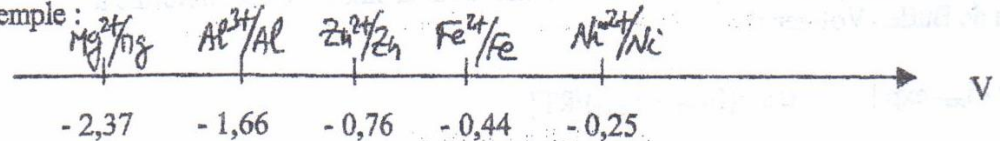


Revêtement métallique :

Il peut se faire par un métal moins noble ou plus noble que celui à protéger.

On peut tenir compte de l'échelle thermodynamique des potentiels rédox standard,

exemple :



Revêtement par un métal moins noble que celui à protéger : exemple protection du fer par du zinc.

Le zinc est un métal moins noble que le fer. Il servira d'anode sacrificielle (acier galvanisé, tôle galvanisée). C'est le zinc qui se corrode. Lorsque le zinc disparaît, c'est le fer qui sera attaqué, c'est pourquoi on refait de nouveau le revêtement.

Revêtement par un métal plus noble que celui à protéger, exemple : revêtement du fer par du Nickel.

Le nickel est un métal plus noble que le fer. Cette fois-ci, c'est le fer qui jouera le rôle d'anode sacrificielle dans le cas où la couche de Nickel est attaquée. C'est pourquoi il faut éviter de rayer les objets nickelés pour que la corrosion ne pénètre pas dans le métal.

Protection par inhibition (par inhibiteurs)

Un inhibiteur fait ralentir la vitesse d'une réaction chimique.

Inhibiteur = inverse de catalyseur.

Les inhibiteurs sont des substances qui, ajoutées à la solution en faible quantité, diminuent l'agressivité de la solution à l'égard du métal. Ils ne modifient pas la nature de la solution, ils modifient l'interface métal-solution. Les inhibiteurs peuvent être organiques ou minéraux et leur action se traduit par une polarisation différente de l'électrode.

Selon leur influence sur la vitesse des réactions électrochimiques partielles, anodique et cathodique, on distingue trois types d'inhibiteurs :

- Les inhibiteurs anodiques.

- Les inhibiteurs cathodiques.
- Les inhibiteurs mixtes.

Un inhibiteur anodique fait diminuer la densité de courant partielle anodique et déplace le potentiel de corrosion dans le sens positif.

Un inhibiteur cathodique fait diminuer la densité de courant partielle cathodique et déplace le potentiel de corrosion dans le sens négatif.

Un inhibiteur mixte fait diminuer la vitesse des deux réactions partielles, mais il modifie peu le potentiel de corrosion.

Les inhibiteurs peuvent agir par différentes actions :

- Adsorption.
- Passivation.
- Précipitation.
- Elimination de l'agent corrosif.

Rendement d'inhibition R_I

Le degré d'inhibition R_I , ou rendement d'inhibition (inhibition efficiency), caractérise le ralentissement de la corrosion dû à la présence d'un inhibiteur. Il dépend, entre autres, de la concentration de l'inhibiteur :

$$R_I = (v_0 - v) / v_0 \quad ; \quad R_I = [(v_0 - v) / v_0] \times 100 \quad (\%)$$

v_0 et v désignent respectivement les vitesses de corrosion en l'absence et en présence d'inhibiteur.

Pouvoir inhibiteur H

$$H = [(I_{\text{corr}}^0 - I_{\text{corr}}) / I_{\text{corr}}^0] \times 100 \quad (\%)$$

Où I_{corr}^0 et I_{corr} sont respectivement le courant de corrosion en absence et en présence d'inhibiteur.