

## Chapitre III Protection et mesures préventives

### III.1 Prévention par un choix judicieux des matériaux

L'un des moyens les plus simples de prévenir la corrosion est de choisir un matériau résistant à l'agent corrosif ou à l'environnement spécifique. Par exemple, l'acier inoxydable est un bon choix pour les applications qui impliquent une exposition à des acides, des sels ou des agents oxydants, car il forme une fine couche d'oxyde de chrome qui protège le métal sous-jacent de la corrosion. De même, les alliages de titane et d'aluminium conviennent aux environnements marins, car ils forment des films d'oxyde stables qui empêchent l'eau de mer d'attaquer le métal. Cependant, le choix des matériaux dépend également d'autres facteurs, tels que les propriétés mécaniques, la disponibilité et le coût, il est donc important d'équilibrer les compromis et de sélectionner le meilleur matériau pour votre objectif.

Il sera possible de lutter contre les risques de corrosion par le choix judicieux des matériaux. Le choix des matériaux tient compte des facteurs ci-après :

- Domaine d'utilisation.
- Nature et niveau des sollicitations mécaniques et thermiques.
- Traitements sélectionnés.
- Prix et disponibilité des matériaux.

Lorsque la résistance à la corrosion est nécessaire, certains métaux sont de meilleurs choix que d'autres. Par exemple, l'acier inoxydable est souvent utilisé dans les équipements de cuisine commerciale et les installations de transformation des aliments en raison de sa capacité naturelle à résister à la rouille. Examinons de plus près l'acier inoxydable et certains autres métaux résistant à la rouille.

- **Acier inoxydable**

L'acier inoxydable est une catégorie à part entière, car il existe de nombreuses variations en fonction des éléments présents dans l'alliage. Les meilleurs types d'acier inoxydable pour la résistance à la rouille ont une quantité élevée de chrome, qui ajoute une couche d'oxyde qui protège contre la corrosion. Le nickel et le molybdène sont deux autres éléments qui peuvent empêcher l'acier inoxydable de rouiller.

- **Aluminium**

L'aluminium est unique en ce sens qu'il ne contient presque pas de fer. Ce matériau est donc exceptionnellement bien adapté pour résister à la corrosion. Pour accroître ses performances, l'aluminium peut être exposé à l'eau, ce qui crée une couche d'oxyde d'aluminium protectrice. Si l'on

associe sa résistance à la corrosion à sa légèreté, on comprend aisément pourquoi l'aluminium est le matériau préféré des voitures, des avions et des autres véhicules.

- **Cuivre, laiton, bronze et zinc**

Ces quatre métaux ont tous une faible teneur en fer et sont donc naturellement résistants à la corrosion. Cependant, ils réagissent tous à l'oxygène. Le cuivre, par exemple, développe sa patine caractéristique avec le temps, ce qui renforce le matériau et contribue à prévenir la rouille. Le laiton, issu du mariage du zinc et du cuivre, hérite de la capacité naturelle de ces éléments à résister à la corrosion et présente également une résistance impressionnante à la rouille.

- **Acier galvanisé**

L'acier galvanisé désigne un matériau en acier qui a été recouvert de zinc. Comme indiqué plus haut, le zinc est naturellement résistant à la rouille et son ajout à l'acier contribue à protéger le matériau en acier. En fait, le zinc protège efficacement l'acier contre l'humidité et l'oxygène. Et lorsque le zinc est exposé à l'humidité, il réagit et forme un revêtement résistant sur l'acier, rendant le matériau encore plus sûr contre la corrosion. Le zinc finit par s'user et l'acier galvanisé rouille, mais il faut de nombreuses années pour en arriver là.

### **III.2 Prévention par une forme adaptée des pièces**

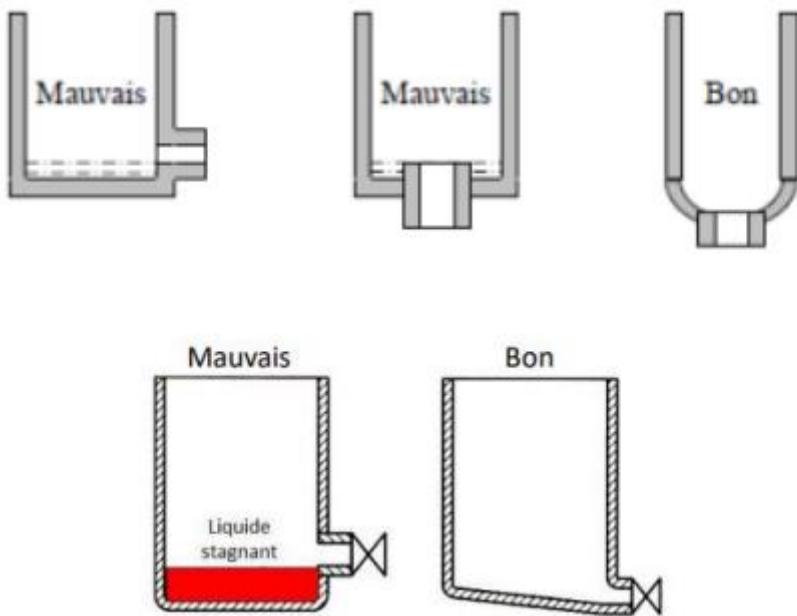
Il est possible de réduire le risque de corrosion en donnant aux objets des formes adaptées aux conditions d'emploi, et, par conséquent, affectent significativement leur durée de vie. À cet effet, il est recommandé de suivre les directives suivantes :

- 1) Dans le cas de pièces en contact avec un liquide (eau, etc.) il faut prévoir un bon drainage pour éviter le problème d'accumulation (toitures métalliques, récipients métalliques, etc.).
- 2) Faciliter l'écoulement des fluides à travers les canalisations pour éviter le risque d'érosion par corrosion et de corrosion par cavitation.

Les exemples suivants le montrent. :

- **Elimination des zones humides**

La réduction du risque de corrosion à l'intérieur d'un réacteur chimique, au cours des temps d'arrêt, est schématisée par des vidanges incomplètes favorisant la corrosion et la vidange complète , réduisant le risque de corrosion

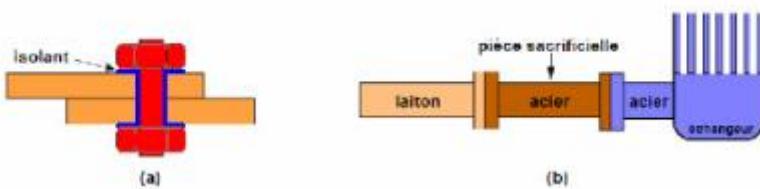


**Types de vidange d'un réacteur chimique**

- **Contact entre matériaux différents**

Un contact électrolytique entre différents métaux permet la formation de piles galvaniques, causant une corrosion accélérée du métal moins noble. Par un choix adapté des matériaux, en séparant différents métaux par un isolant, on évite ce type de corrosion.

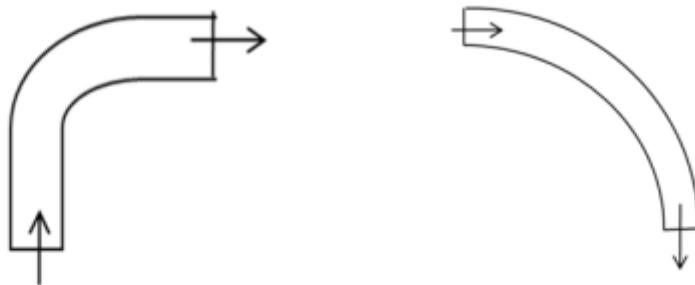
Dans les installations de taille importante, il n'est pas toujours possible d'isoler électriquement différents métaux. L'emploi de pièces sacrificielles, peu coûteuses et facilement remplaçables, permet de résoudre le problème dans certains cas. Par exemple, le cas de *la figure 2*, représente une pièce sacrificielle en acier, placée entre une conduite en laiton et un échangeur de chaleur en acier.



**Protection contre la corrosion galvanique : (a) isolation électrique, (b) : pièce sacrificielle**

- **Ecoulement des fluides**

Une conception judicieuse de l'écoulement des fluides réduit le risque de corrosion par érosion et de corrosion par cavitation. On évitera en particulier les variations brutales de section créant des zones de turbulence ou les changements brusques de direction

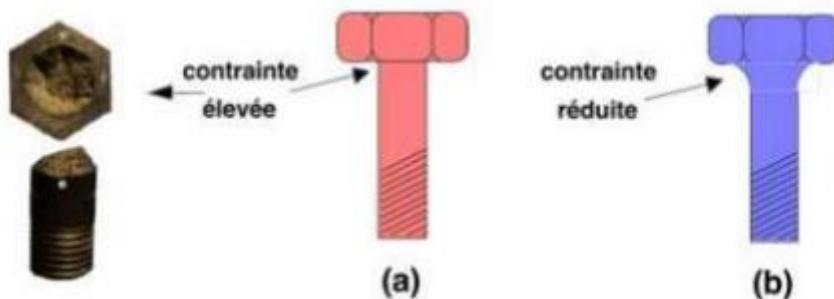


*Risque de corrosion-érosion  
élevé*

*Risque de corrosion-érosion  
moins élevé*

- **Sous contraintes**

La distribution des contraintes dans une pièce influence sa sensibilité à la corrosion sous contrainte. Une forme arrondie au voisinage de la tête d'un boulon par exemple, évite la concentration des contraintes. L'exemple que voici met en relief la diminution du risque de corrosion sous contrainte d'une tête de vis.



### III.3 Revêtement

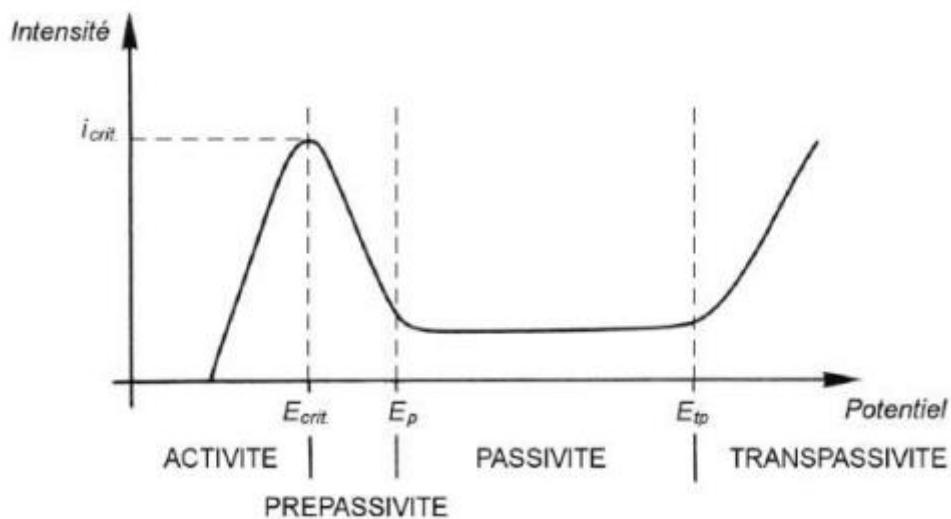
L'idée de protection par création d'un film à la surface du métal a été mise en œuvre dans plusieurs techniques de protection :

- Emploi de peintures organiques ou minérales (protection physique) → problème : du pouvoir couvrant et de l'adhérence ;
- Dépôt d'un film métallique par immersion dans un bain de métal fondu ou par électrolyse. Exemples : galvanisation ou électro zingage. On peut protéger le fer par une couche protectrice de zinc (lui-même passivé). On réalise alors une pile de corrosion dans laquelle c'est le zinc, plus réducteur, qui s'oxyde ;
- Formation d'un oxyde ou d'un phosphate en surface (protection chimique). Exemple : la pièce de fer est plongée dans un bain chaud de phosphate de zinc provoquant la formation d'une couche de phosphate de fer imperméable (parkérisation dans l'industrie automobile).

### III.4 Passivation

Comme nous avons pu le voir avec la lecture du diagramme **potentiel-pH**, il existe une zone de passivation pour des milieux neutre ou basique. Dans cette zone, les métaux se recouvrent d'une couche d'hydroxyde (ou d'oxyde). Cette couche ralentit une des clés du processus de corrosion :

- soit le transport de matière jusqu'à l'interface métallique,
- soit le transfert d'électrons nécessaire à la réduction redox parce que la couche est peu conductrice. Une fois que la couche est formée, la réaction d'oxydoréduction ne peut pas se poursuivre. L'oxydation du métal cesse. On parle alors de passivation.



Courbe de polarisation d'un alliage métallique passivable

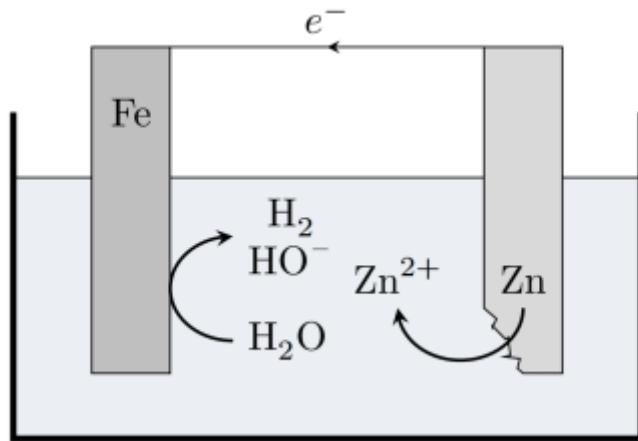
### III.5 Protection par anode sacrificielle

Le principe est d'utiliser un métal au potentiel inférieur au potentiel du métal que l'on veut protéger. On va s'intéresser au cas du zinc accoler au fer.

#### III.5.1 Anode sacrificielle

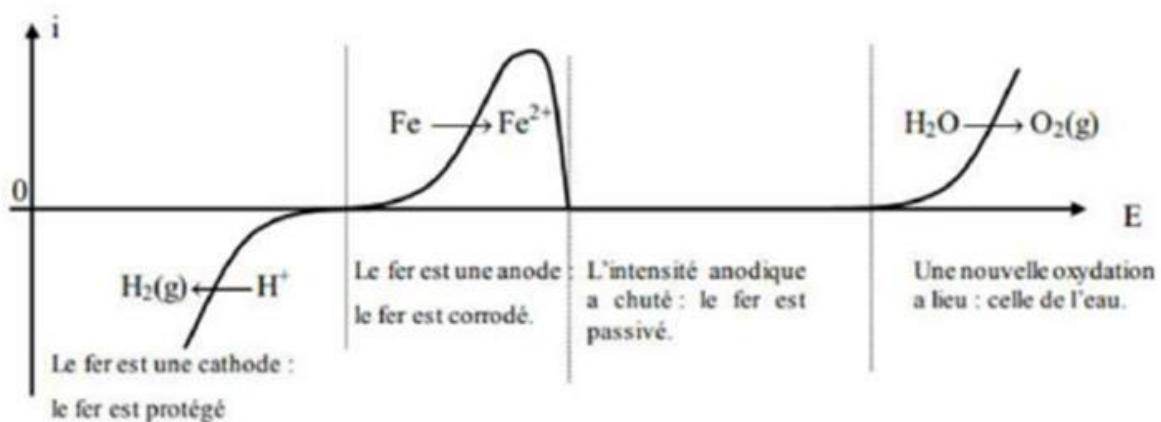
##### Expérience

On met du zinc dans HCl concentré, on voit des bulles. Puis on ajoute du fer et on joint les deux plaques avec un fil et on voit des bulles sur la plaque de fer



### III.6 Electrochimique par courant imposé

Il est possible de protéger un métal en le connectant à un générateur.



#### a) Protection cathodique

L'idée est assez simple : on porte le métal à un potentiel suffisamment négatif pour qu'il soit parcouru par un courant de réduction et donc ne puisse pas être le siège d'une réaction d'oxydation. La réaction de réduction est en général la réduction de l'eau en dihydrogène. On se situe dans la zone 1, métal immunisé et l'eau est réduite en dihydrogène.

#### b) Protection anodique

La protection anodique concerne les métaux passivables. Le métal est ici porté à un potentiel suffisamment positif pour avoir formation de la couche protectrice. On se situe dans la zone 3, métal passivé. On applique un courant très faible dans la zone de passivation pour consommer moins d'énergie et pour éviter la transpassivation, on s'arrête avant l'oxydation de l'eau. C'est le cas de l'aluminium anodisé utilisé dans la fabrication des volets roulants.