

Corrosion

UEF MATA

2019/2020



Quiz introductif : d'où vient le mot corrosion ?

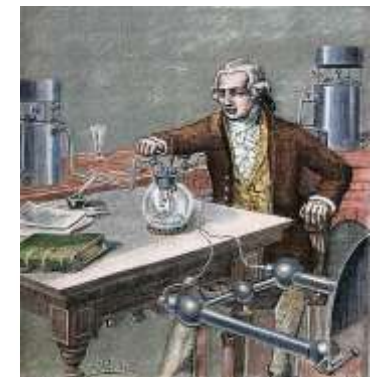
De l'île de **Koros en mer ionienne** (Koros-ion), où les premiers phénomènes de corrosion ont été observés par Philolaos (-470 av JC), père de la chimie antique.



Du latin « **corrodere** » qui signifie **mordre ou ronger**. Les premiers savants intéressés par ce phénomène considéraient que des substances - en vertu d'une qualité caustique - rongeaient une partie des corps solides.



De la déformation des écrits de Lavoisier, qui dans son traité de Chimie paru en 1789 notait : « un métal plongé dans un électrolyte se dissous. Il donne son **corps aux ions** ».





Quiz introductif : d'où vient le mot corrosion ?

Du latin « **corrodere** » qui signifie **mordre ou ronger**. Les premiers savants intéressés par ce phénomène considéraient que des substances - en vertu d'une qualité caustique - rongeaient une partie des corps solides.

« corroder », définition dans le dictionnaire Littré

corroder

(ko-rrô-dé) **v. a.**

- 1** Ronger, faire des trous, des entamures. La rouille corrode le fer.
• *Fig.* Exercer une action morale malfaisante. L'éloquence dangereuse de démagogues qui corrodent les institutions et les mœurs.
- 2** Se corroder, **v. réfl.** Être rongé. Le fer se corrode aisément.

HISTORIQUE

XVI^e s.

Estouper quelque trou du palais, à cause que la verolle auroit corrodé ou corrompu l'os, PARÉ, Introd. 2.

ÉTYMOLOGIE

Provenç. corroder ; catal. corroir ; espagn. corroer ; ital. corrodere **du latin corrodere, de cum, et rodere, ronger.**



Dégradation par corrosion

Corrosion : dégradation d'un matériau sous l'action d'agents atmosphériques ou chimiques

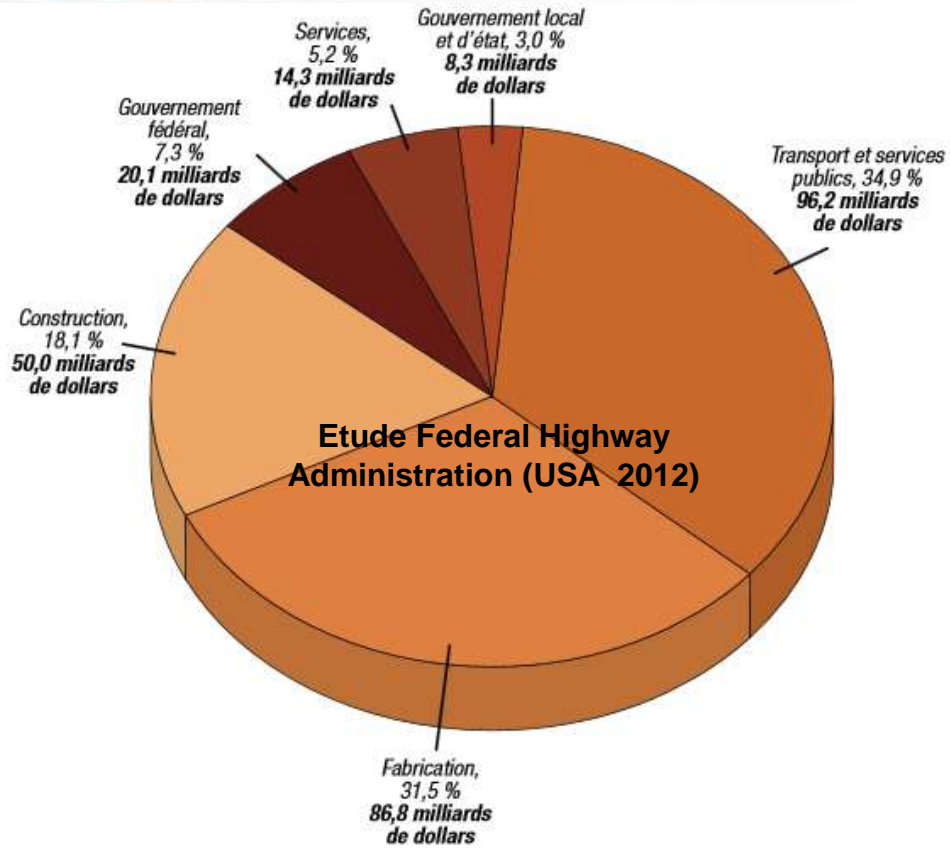
Exemple : rouille des aciers ordinaires en atmosphère humide

Intérêt de l'étude de la corrosion

Dépenses considérables dues aux dégradations par corrosion (pertes de valeur, arrêts d'exploitation, démontages...) et aux moyens de lutte contre elles (estimation : entre 2,5 et 4% du PIB mondial)

20% pourraient être « économisées » en respectant des bonnes pratiques

Dégradation par corrosion

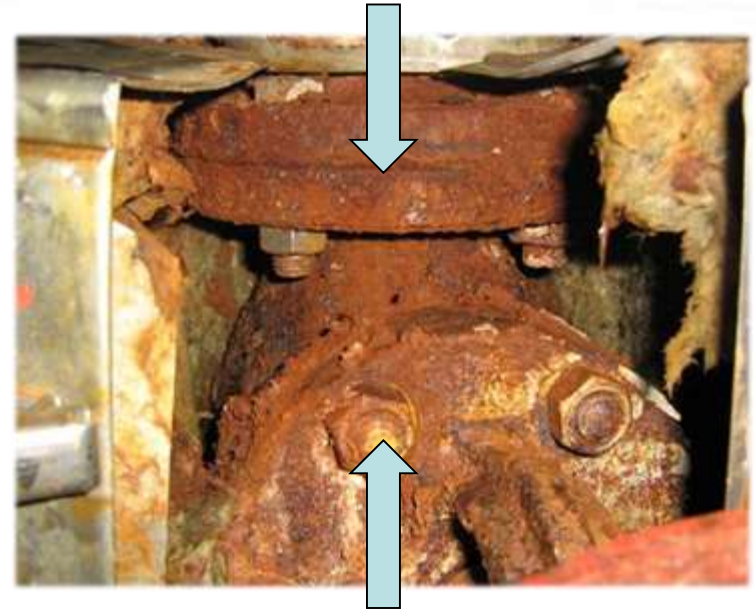


Coûts annuels pour l'industrie et le gouvernement US des effets directs + indirects : 552 milliards \$

Estimation France :



Coût direct : système à remplacer



Coûts indirects : main d'œuvre, équipements, perte d'activité

Impact sur la santé et l'environnement : pollution, dispersion de produits de corrosion, accidents, maladie...



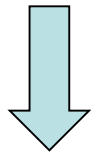
Dégradation par corrosion

Comment en réduire l'incidence économique ?

Décomposition et analyse des coûts afin de déterminer le type d'actions les plus efficaces à engager

EXEMPLES

Respect des règles de l'art
lors de la conception et de
la mise en œuvre des
équipements



Durée de vie des
équipements augmentée

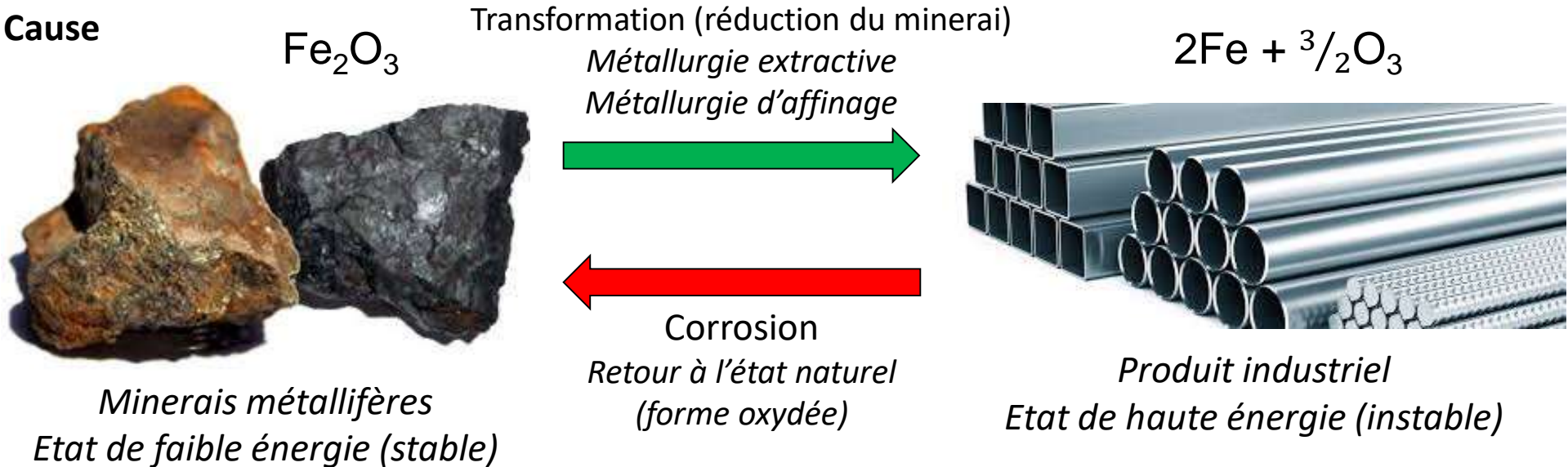
Acceptation du surcoût à
l'investissement



Economies sur les frais de
maintenance et d'entretien
Durée de vie des
équipements augmentée

Cause et types de corrosion

Cause



Types

- **Corrosion chimique** : réaction entre la surface du matériau et un gaz/liquide non électrolyte
- **Corrosion électrochimique** : circulation de courant électrique à la surface du matériau
- **Corrosion biochimique** : *sécrétion d'acide par les bactéries*

Etat d'un métal dans un milieu corrosif

Immunité	Passivité	Activité
<p>Le métal ne se corrode pas, il est thermodynamiquement stable à l'état natif</p> <p>Peut être obtenu dans des conditions opératoires particulières (cf. protection cathodique)</p>	<p>Absence de corrosion liée à la formation d'une couche d'oxyde-écran entre le métal et le milieu extérieur</p>	<p>Corrosion par le milieu environnant</p>
<p>Or, platine, argent, rhodium, iridium</p>	<p>Acier inoxydable, aluminium, titane, zirconium</p>	<p>Acier, cuivre, plomb, nickel</p>

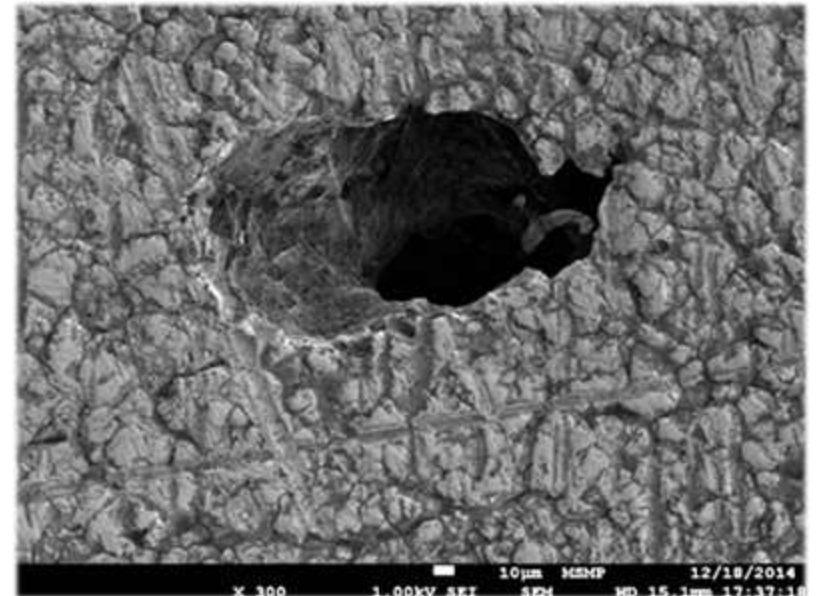


Morphologie des dégradations par corrosion



Généralisée ou uniforme

Forme de corrosion où la surface est enlevée de façon presque égale. Les réactions partielles (dissolution du métal et réduction de l'oxygène) sont statistiquement réparties sur la surface, conduisant à une **dissolution plus ou moins homogène du métal et à la formation uniforme des produits de corrosion** (par exemple, rouille sur acier). L'ampleur de cette forme de corrosion est bien estimée sur la base de l'expérience passée. La vitesse de corrosion est donnée en micromètres par an ($\mu\text{m}/\text{an}$).



Par piqûre

Forme localisée de corrosion qui conduit à **la création de petits trous dans le métal**. Se trouve principalement sur les métaux et alliages passifs (Al, Ti, acier inoxydable) qui doivent leur résistance à la corrosion à une couche d'oxyde d'une épaisseur de quelques nanomètres. **L'initiation commence par une rupture locale de la couche passive**. La quantité de matière enlevée au-dessous des trous est généralement inconnue rendant la corrosion par piqûres difficile à détecter et à prévoir.

Morphologie des dégradations par corrosion



Galvanique

Se réfère à des dommages de corrosion où **deux métaux différents ont une connexion électriquement conductrice et sont en contact avec un électrolyte corrosif commun**. Généralement, le métal le moins noble sera dissout (dissolution anodique), alors que le métal le plus noble ne sera pas attaqué (il sert uniquement de cathode pour la réduction de l'oxygène). En utilisant les données thermodynamiques et l'expérience passée, **il est possible de prédire quelles combinaisons de matériaux seront affectées par la corrosion galvanique**.



Sous contrainte

La fissuration par corrosion sous contrainte est un **processus de corrosion mécanique et électrochimique** qui se traduit par la fissuration de certains matériaux. C'est une forme très spécifique qui se produit uniquement lorsque les trois conditions suivantes sont remplies en même temps :

- **Mécanique** (charges, effort)
- **Matière** (alliage sensible, exemple acier inoxydable austénitique)
- **Environnement** (très corrosif, chlorures)

Morphologie des dégradations par corrosion



Caverneuse

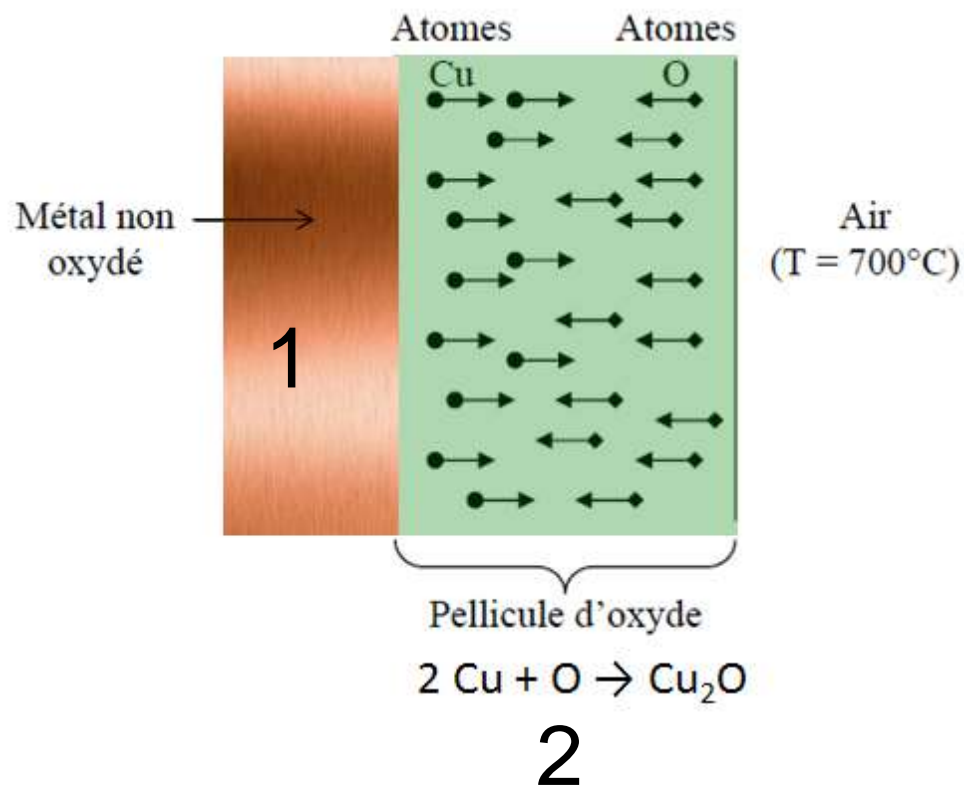
Se réfère à la corrosion se produisant dans des **fissures ou des crevasses formées entre deux surfaces** (constituées du même métal, de métaux différents ou d'un métal et d'un matériau non métallique). Ce type de corrosion est **amorcé par l'entrée limitée de l'oxygène de l'air dans la zone de la crevasse** conduisant à différentes concentrations d'oxygène dissous dans l'électrolyte commun.



Erosion - corrosion

Elle affecte de nombreux matériaux (aluminium, acier...) et est particulièrement connue pour le cuivre en milieu marin. Ce phénomène correspond à une **dégradation de la surface sous l'effet de l'impact de particules, de gouttelettes, d'un jet, ou sous l'action d'un écoulement turbulent au voisinage d'un défaut de surface**, et conduit à un amincissement local pouvant aller jusqu'à la dégradation totale.

Corrosion chimique - Oxydation

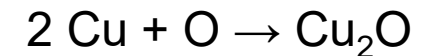
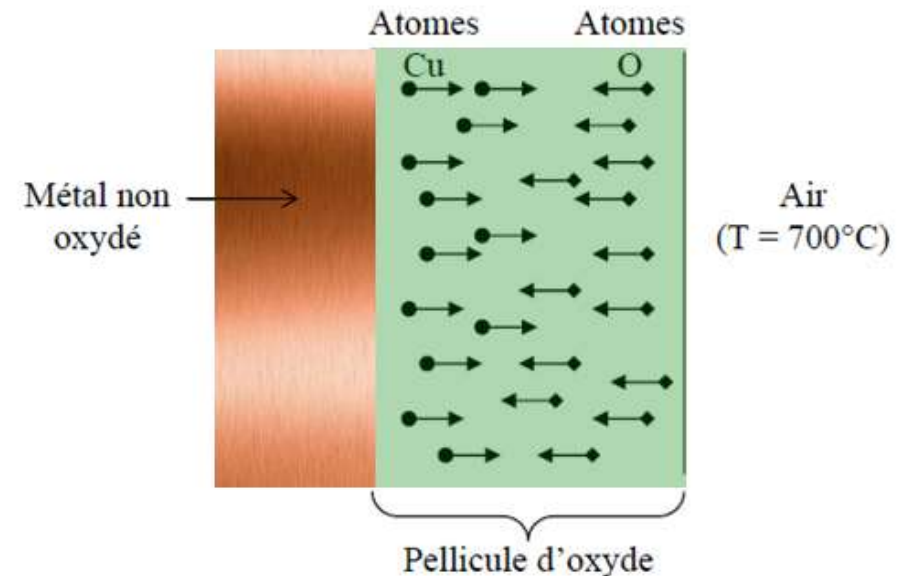


Corrosion chimique - Oxydation

Mécanisme : interaction chimique du métal et du milieu ambiant ne faisant pas intervenir le passage de courant électrique à la surface du métal

Exemple : oxydation du cuivre dans l'air à 700° C

- Adsorption des molécules d'oxygène sur la surface du cuivre
- Dissociation des molécules d'oxygène : $O_2 \rightarrow 2O$
- Diffusion bilatérale des atomes d'oxygène et de cuivre
- Combinaison de Cu et O \Rightarrow autoprotection du métal contre l'oxydation



Epaisseur de la couche d'oxyde $\nearrow \Rightarrow$ distance à parcourir par les atomes Cu et O pour se rencontrer $\nearrow \Rightarrow$ Vitesse d'oxydation \searrow

Epaissement de la couche d'oxyde = autoprotection du métal contre l'oxydation

Corrosion chimique – Oxydation – Exemple



Source : J.E. Masse, Arts et Métiers ParisTech



Corrosion électrochimique

Réaction électrochimiques

Une électrode est une phase (généralement métallique) en contact avec un électrolyte.
Par extension, le couple métal-solution est souvent appelé électrode.

Réaction d'oxydo-réduction

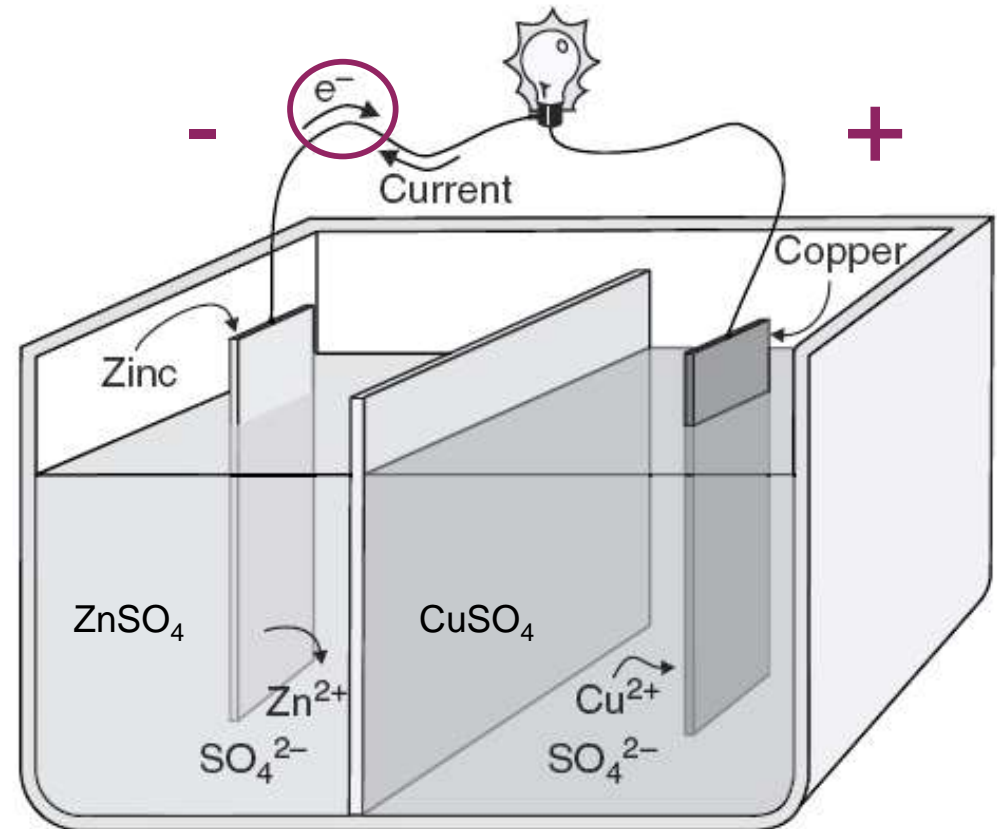
Oxydation : $M \rightarrow M^{n+} + ne^-$ (anode)

Réduction : $M^{n+} + ne^- \rightarrow M$ (cathode)

Potentiel entre le métal et l'électrolyte →
loi de Nernst

$$E = E_0 + \frac{RT}{nF} \ln a_{M^{n+}}$$

$$E = f(T, [M^{n+}])$$



$Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$
OXYDATION

$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$
REDUCTION



Corrosion électrochimique

Potentiel d'équilibre

Donne la tendance de dissolution d'un métal

Mesuré par rapport à une électrode de référence (ENH, électrode normale à hydrogène, tension nulle par convention) ou une électrode au calomel saturé (ECS 0,2415 V/ENH)

Réaction	Potentiel standard d'équilibre E_H (V)
$Au \rightleftharpoons Au^{3+} + 3e$	+1,50
$2 H_2O \rightleftharpoons O_2 + 4 H^+ + 4e$	+1,23
$Pt \rightleftharpoons Pt^{2+} + 2e$	+1,19
$Ag \rightleftharpoons Ag^+ + e$	+0,80
$4 OH^- \rightleftharpoons O_2 + 2 H_2O + 4e$	+0,40
→ $Cu \rightleftharpoons Cu^{2+} + 2e$	+0,34
$H_2 \rightleftharpoons 2 H^+ + 2e$	0
$Pb \rightleftharpoons Pb^{2+} + 2e$	-0,13
$Sn \rightleftharpoons Sn^{2+} + 2e$	-0,14
$Ni \rightleftharpoons Ni^{2+} + 2e$	-0,25
$Cd \rightleftharpoons Cd^{2+} + 2e$	-0,40
$Fe \rightleftharpoons Fe^{2+} + 2e$	-0,44
$Cr \rightleftharpoons Cr^{3+} + 3e$	-0,74
→ $Zn \rightleftharpoons Zn^{2+} + 2e$	-0,76
$Al \rightleftharpoons Al^{3+} + 3e$	-1,67
$Mg \rightleftharpoons Mg^{2+} + 2e$	-2,37
$Na \rightleftharpoons Na^+ + e$	-2,71

Diagram annotations:
- A vertical double-headed arrow on the right side of the table spans from the 0 V line to the top of the table, labeled "métaux nobles" at the top and "métaux actifs" at the bottom.
- A vertical arrow on the far right points downwards from the 0 V line, labeled "tendance à passer en solution".
- A horizontal line is drawn at the 0 V level.

Chaque métal a une tendance à la dissolution qui lui est propre

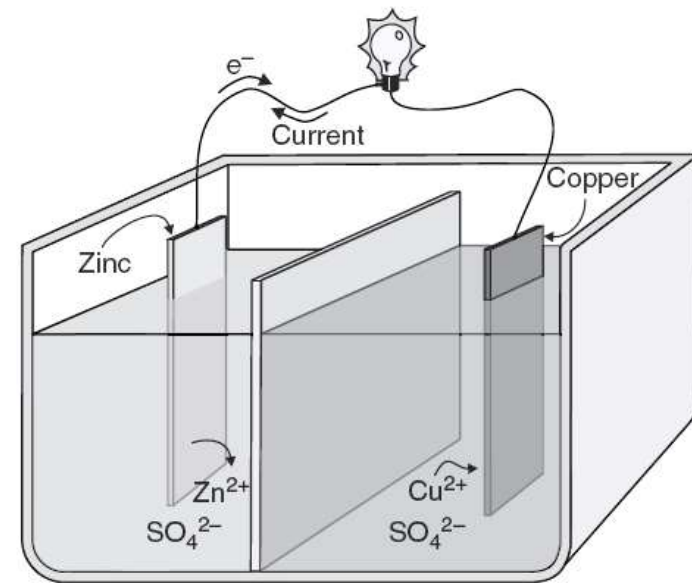
Pour deux métaux différents, celui qui aura la plus forte tendance à la dissolution sera l'anode.

Potentils standard d'équilibre, à 25° C



Corrosion électrochimique

Réaction électrochimiques



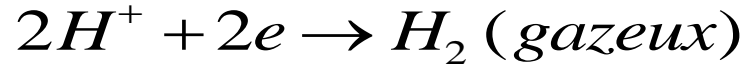
* à l'anode (perte d'é-)



* à la cathode (gain d'é-)

Milieu acide

→ sans O_2 dissout

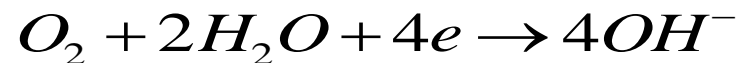


→ avec O_2 dissout

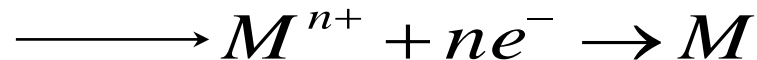


Milieu neutre
ou basique

→ avec O_2 dissout



Dépôt métallique





Corrosion électrochimique

Facteurs de la corrosion électrochimique

Concentration de l'électrolyte (complexe)

pH de l'électrolyte (complexe)

Température : vitesse de corrosion \nearrow quand $T \nearrow$ (cas général)

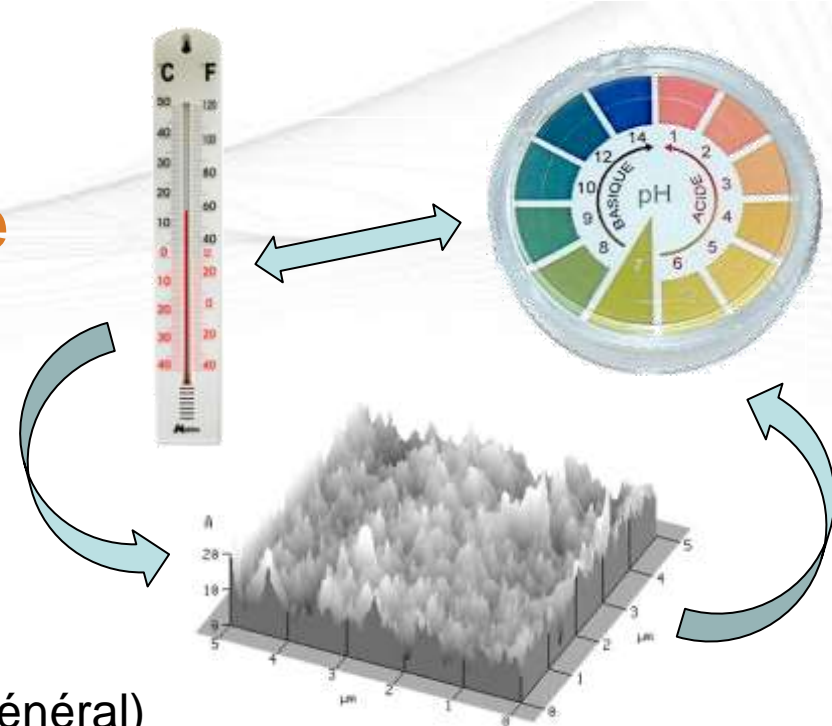
Teneur en oxygène dissous : vitesse de corrosion \nearrow quand la teneur en oxygène dissous \nearrow
(ex : acier + eau ou eau distillée à l'abri de l'air)

Etat de surface : rugosité $\nearrow \Rightarrow$ vitesse de corrosion \nearrow

Nature du matériau métallique : composition chimique influe sur la vitesse de corrosion (ex : eau de mer + acier vs. eau de mer + acier inoxydable austénitique)

Sollicitations mécaniques : corrosion sous contrainte

La corrosion augmente la vitesse de propagation des fissures de fatigue





Protection et lutte contre la corrosion

**Lois de dégradation mal connues
⇒ seule l'expérience permet d'estimer les conséquences de la corrosion**

Analyse des conditions d'apparition ⇒ actions correctives ou préventives

Trois types d'actions :

Actions sur le matériau et sa géométrie

- Formes adaptées des pièces et des structures
- Revêtements
- Alliages passivables

Action sur l'agent corrosif

- Addition d'inhibiteurs de corrosion

Action sur le processus de corrosion

- Protection électrochimique



Site d'exposition naturelle en Floride
(source : <https://www.q-lab.com/fr-fr/test-services/florida.aspx>)



Site d'exposition en corrosion naturelle à Palavas, face à la mer
(source : <http://www.peinture-carrosserie-peugeot.com>)



Essais de corrosion

De nombreuses méthodes pour tester la résistance à la corrosion sont propres à des matériaux particuliers et sont basées sur les conditions qui prévalent dans certains environnements.

Un grand nombre de facteurs influent sur le comportement de la corrosion. Il n'y a donc pas d'essai sur la corrosion unique et universel couvrant tous les aspects des matériaux utilisés.

L'indicateur le plus fiable du comportement à la corrosion est l'expérience passée mais ces informations ne sont pas toujours disponibles.

Pour cette raison, d'autres essais sont nécessaires, c'est à dire des essais en laboratoire accélérés et des essais sur le terrain. En outre, il est nécessaire de tester les produits dans les conditions réelles par rapport à l'application dans lesquelles ils doivent être utilisés.

Essais de corrosion en laboratoire

Essai de brouillard salin neutre (EN ISO 9227)

Essai accéléré de corrosion le plus ancien et le plus couramment utilisé.

Les échantillons sont exposés en permanence à un brouillard salin réalisé à partir d'une solution de chlorure de sodium de 5%.

Cet essai n'est pas approprié pour simuler et évaluer la protection contre la corrosion dans des atmosphères réelles en raison d'une concentration élevée en chlorure et une absence de périodes sèches.

Cependant, c'est un essai pratique pour examiner des systèmes de protection contre la corrosion.



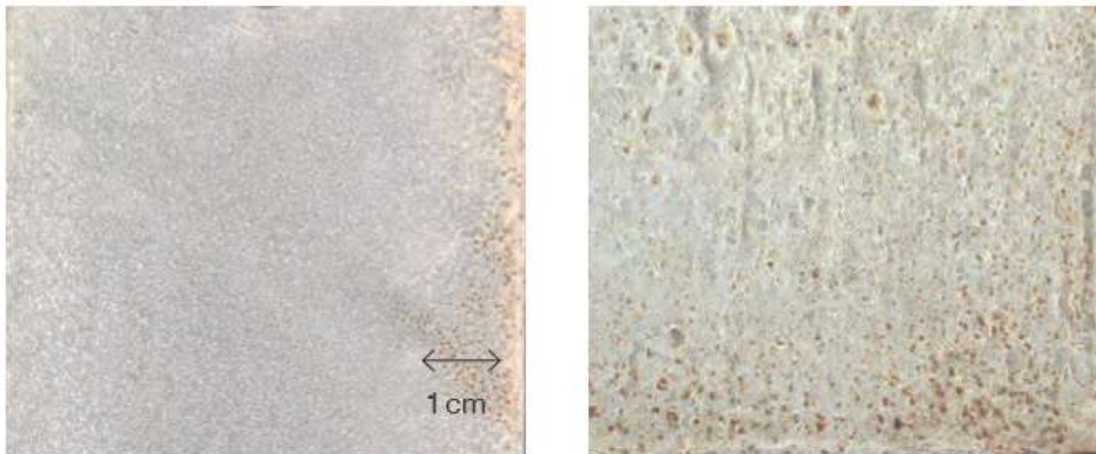
Vis électro-zinguées avec environ 5 μm de revêtement en zinc. Après un essai de brouillard salin : 48 h (gauche) et 96 h (droite). Source Hilti

Essais de corrosion en laboratoire

Essai de corrosion cyclique (EN ISO 16701)

La température et l'humidité relative sont modifiées pour simuler des **cycles typiques secs / humides** comme ceux qui se déroulent dans des environnements extérieurs naturels.

Les échantillons sont arrosés avec une solution diluée de chlorure de sodium (1%), deux fois par semaine pour induire la corrosion. En raison des cycles secs / humides ainsi que la concentration de chlorure inférieure, cet essai est mieux adapté que l'essai de brouillard salin pour déclencher les processus naturels de corrosion. Cependant, il nécessite des temps longs (plusieurs semaines)



Acier zingué galvanisé à chaud après une année dans un climat côtier tropical (gauche) et après 12 semaines d'essai de corrosion cyclique (droite). Des comportements similaires sont observés pendant l'essai sur le terrain et l'essai de corrosion cyclique. *Source Hilti*

Essais de corrosion “in vivo”

Essai sur le terrain

La protection contre la corrosion des produits peut être évaluée plus précisément lors d'essais d'exposition dans des conditions atmosphériques réelles.

Les industriels mènent des essais sur le terrain dans divers endroits, partout dans le monde, avec des conditions allant du froid tempéré au climat tropical, et des atmosphères côtières aux atmosphères industrielles (et même en mer).



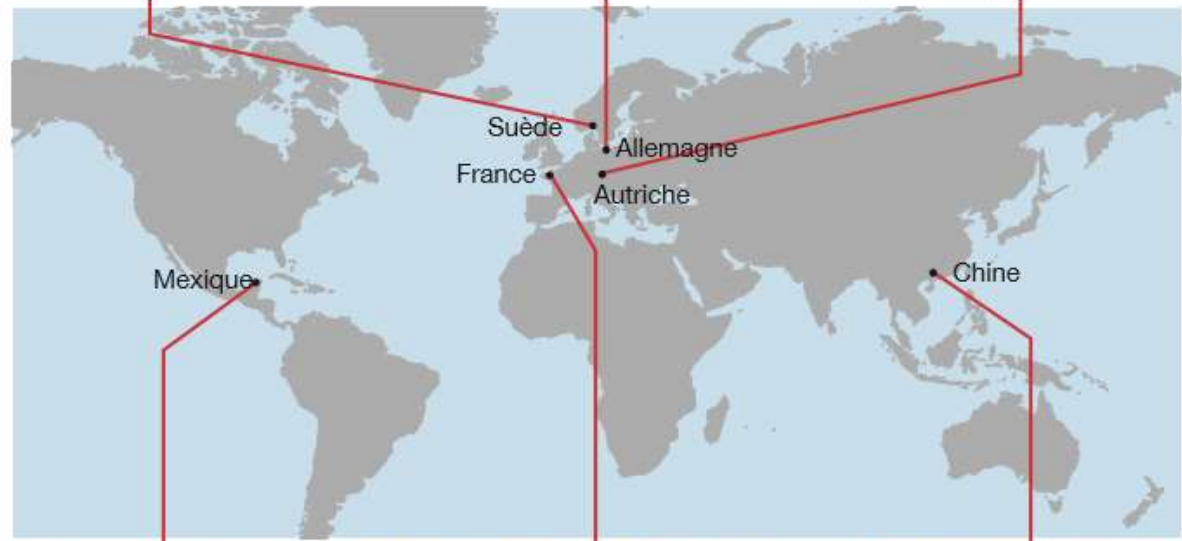
climat froid, côtier



climat froid, côtier



industrie, aciérie



tropical, côtier



climat modéré, côtier



tropical, côtier

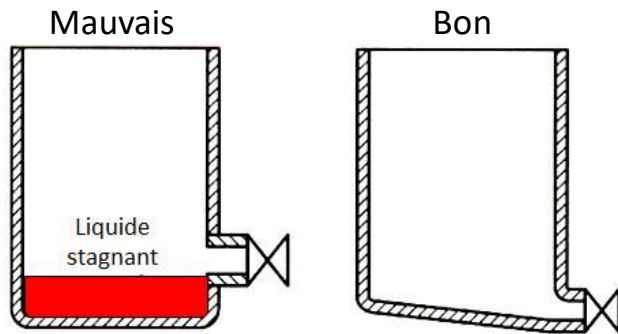
Sites Hilti d'essai sur le terrain d'exposition



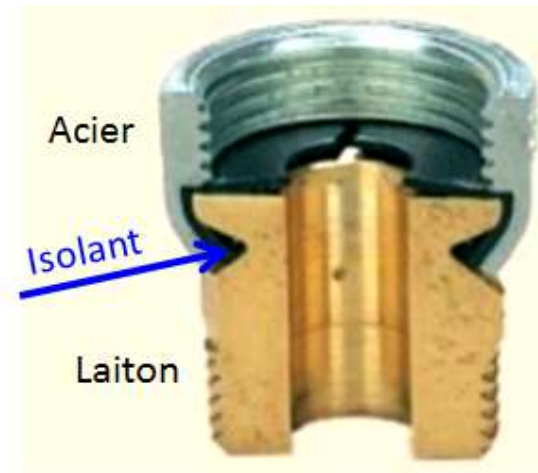
Protection et lutte contre la corrosion

Action sur le matériau : formes et conception

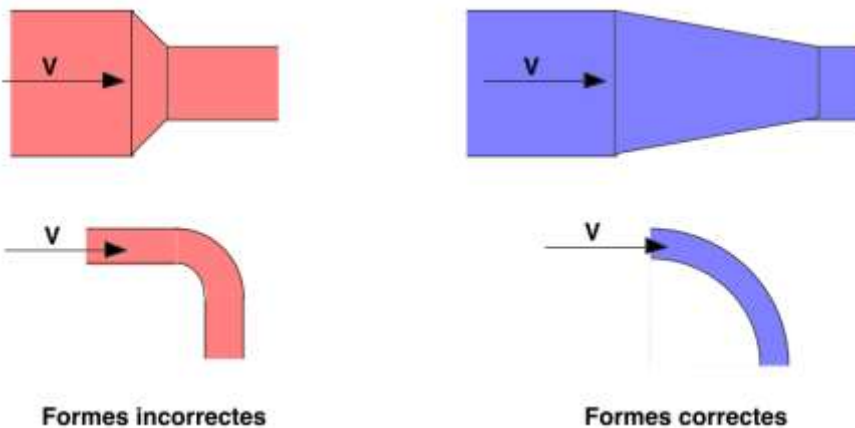
Corrosion humide



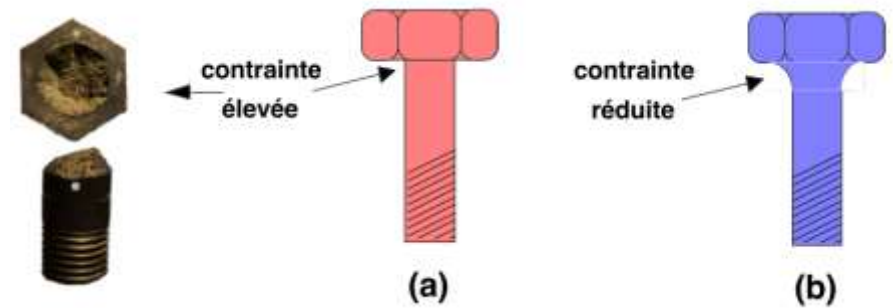
Corrosion galvanique



Corrosion érosion / cavitation



Corrosion sous contrainte

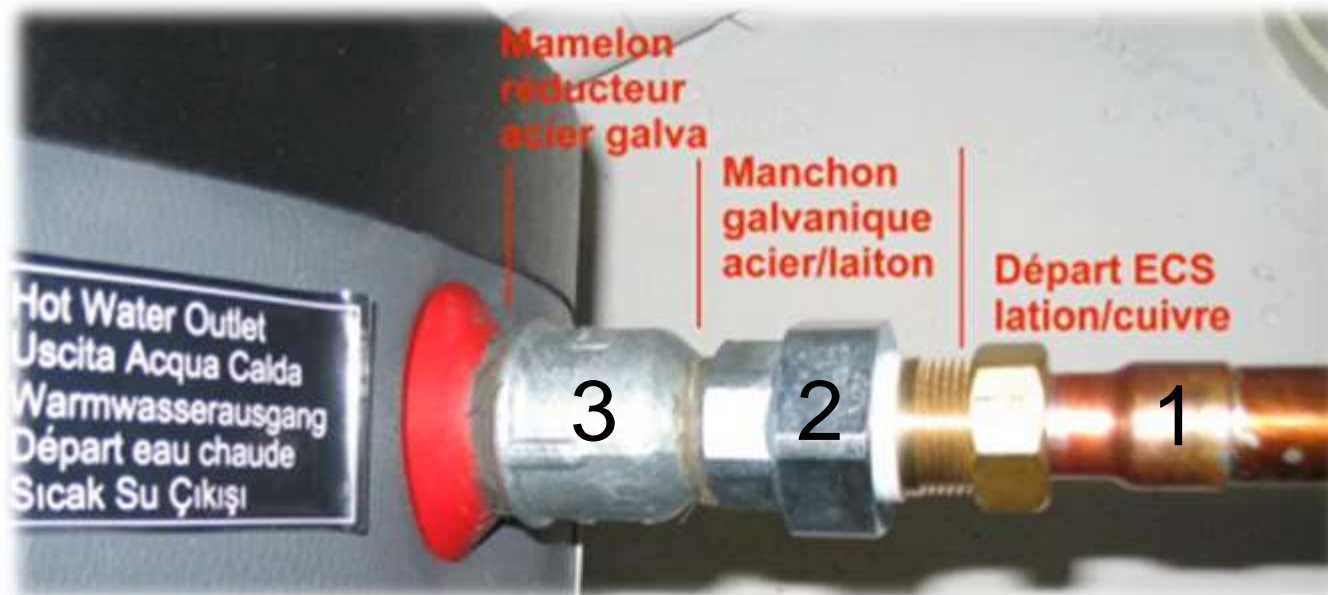
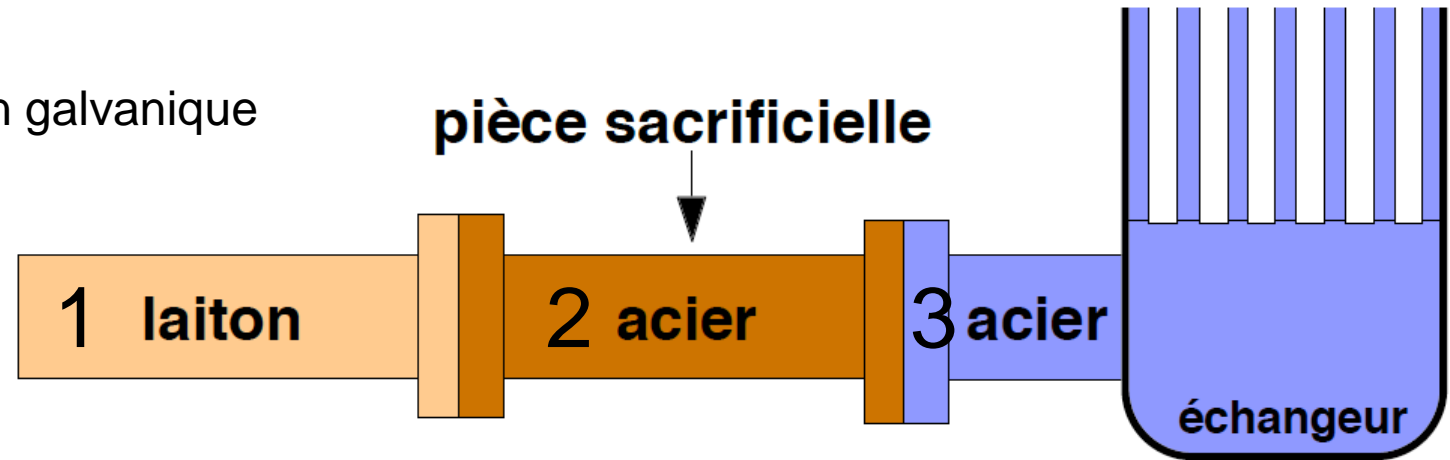




Protection et lutte contre la corrosion

Action sur le matériau : formes et conception

Prévention de la corrosion galvanique



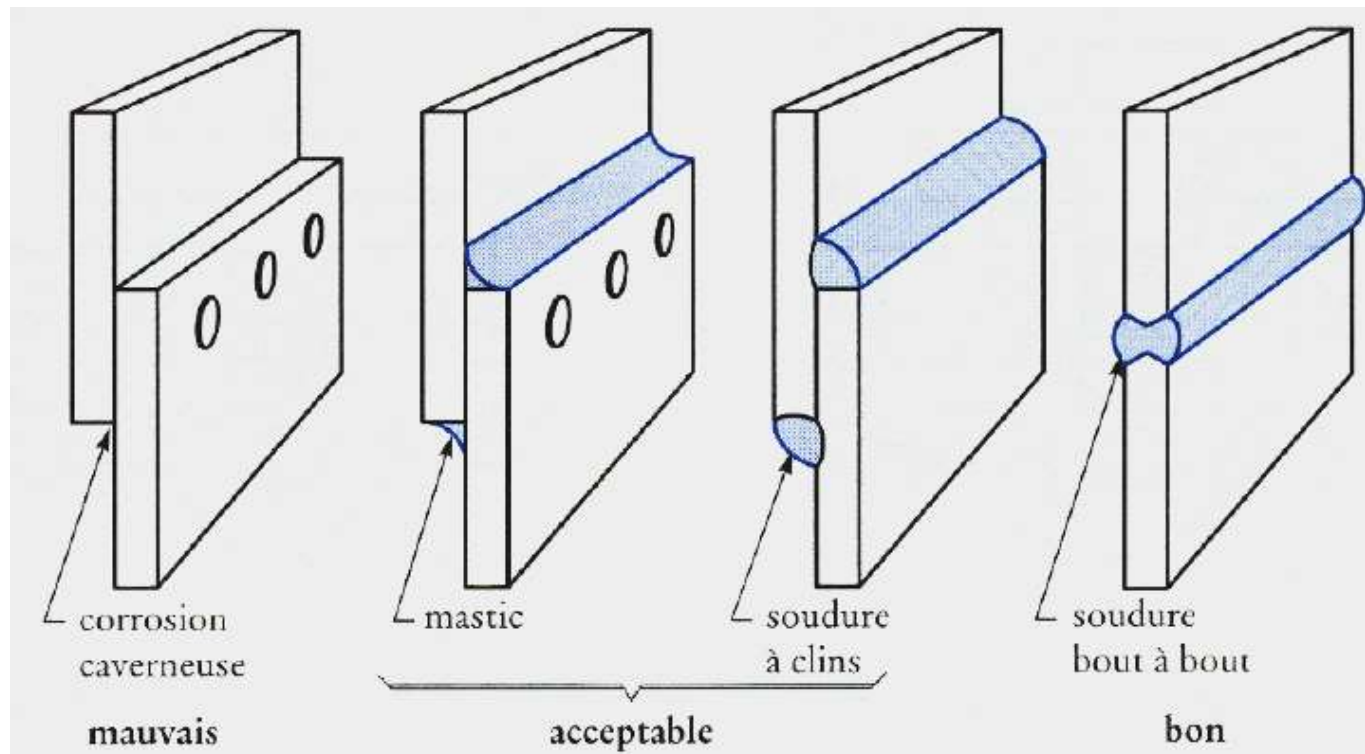
Source : APPER



Protection et lutte contre la corrosion

Action sur le matériau : formes et conception

Prévention de la corrosion caverneuse sur un assemblage



Source : Université du Québec, Ecole de Technologie Supérieure



Protection et lutte contre la corrosion

Action sur le matériau : revêtements

Revêtements métalliques

**Dépôts
électrolytiques**

Cu, Ni, Cr, Zn, Sn...

Dépôt chimique

Nickel-phosphore,
cuivre

Projection thermique

Poudre, fil
Flamme, à l'arc, plasma





Protection et lutte contre la corrosion

Action sur le matériau : revêtements

Couches de conversion

Anodisation

Surtout pratiquée sur l'aluminium



Phosphatation

Surtout pratiquée sur l'acier



Chromatation

Surtout pratiquée sur le zinc et l'aluminium





Protection et lutte contre la corrosion

Action sur le matériau : revêtements

Revêtements organiques

Revêtements polymériques

Thermoplastes,
thermodur, caoutchouc

Bitumes

Peinture, vernis

Pigments protecteurs +
liant + solvant





Protection et lutte contre la corrosion

Action sur l'agent corrosif : inhibiteurs de corrosion

Substance chimique ajoutée en petite quantité au milieu pour diminuer la vitesse de corrosion du matériau. Classés en fonction de leur mode d'action :

- inhibiteurs passivants ;
- inhibiteurs induisant une précipitation ;
- inhibiteurs organiques.

Aident à créer une barrière entre la surface métallique et le milieu corrosif.

Domaines d'application :

- traitement des eaux (sanitaires, chaudières...) ;
- industrie pétrolière : sauvegarde des installations ;
- protection des métaux : incorporation aux graisses de protection temporaire, aux huiles de coupe ;
- industrie des peintures.

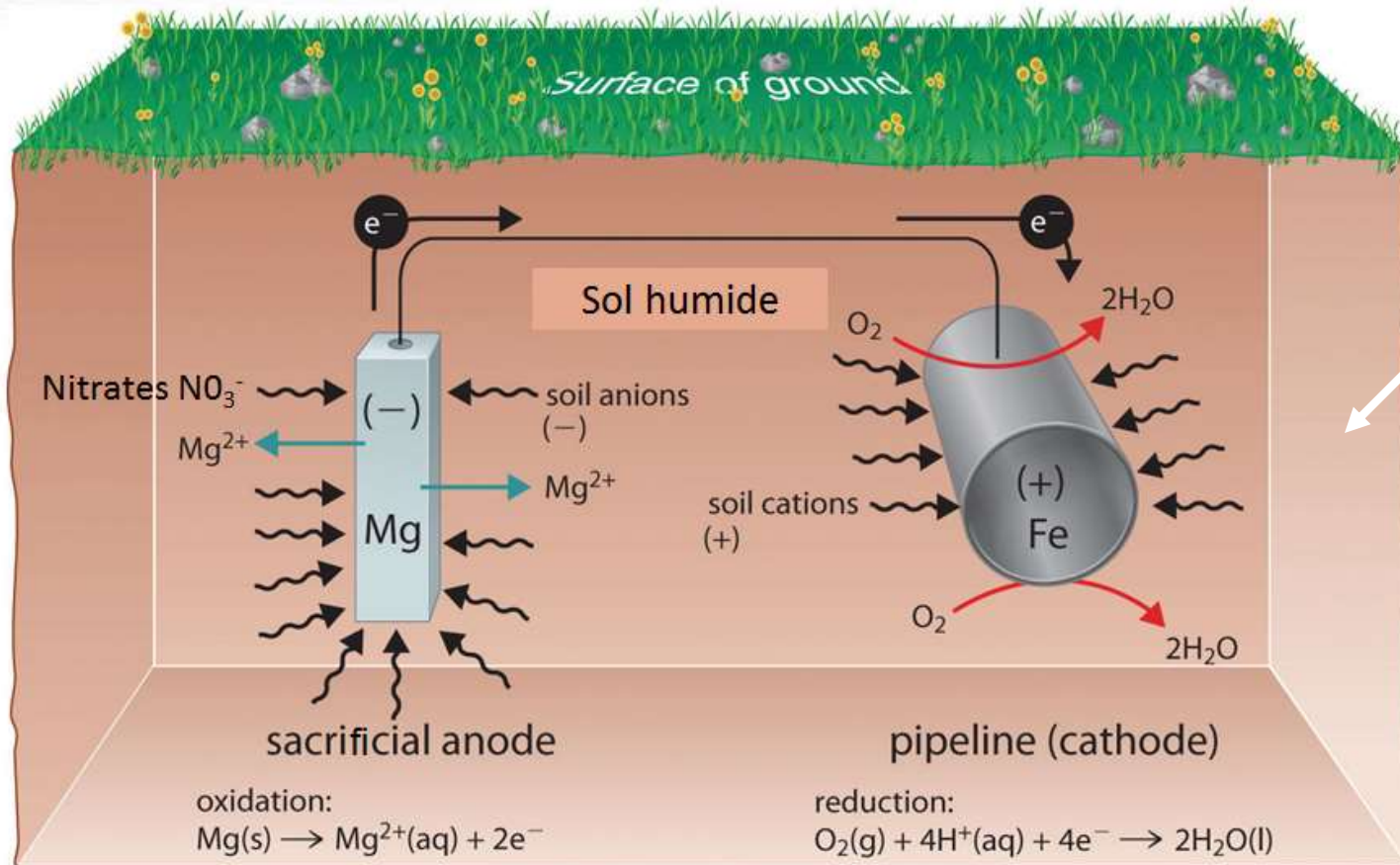


Projection d'un inhibiteur de corrosion pour la protection des armatures de béton armé

Source : Interface Développement, Lyon

Protection et lutte contre la corrosion

Protection électrochimique : protection par anode sacrificielle

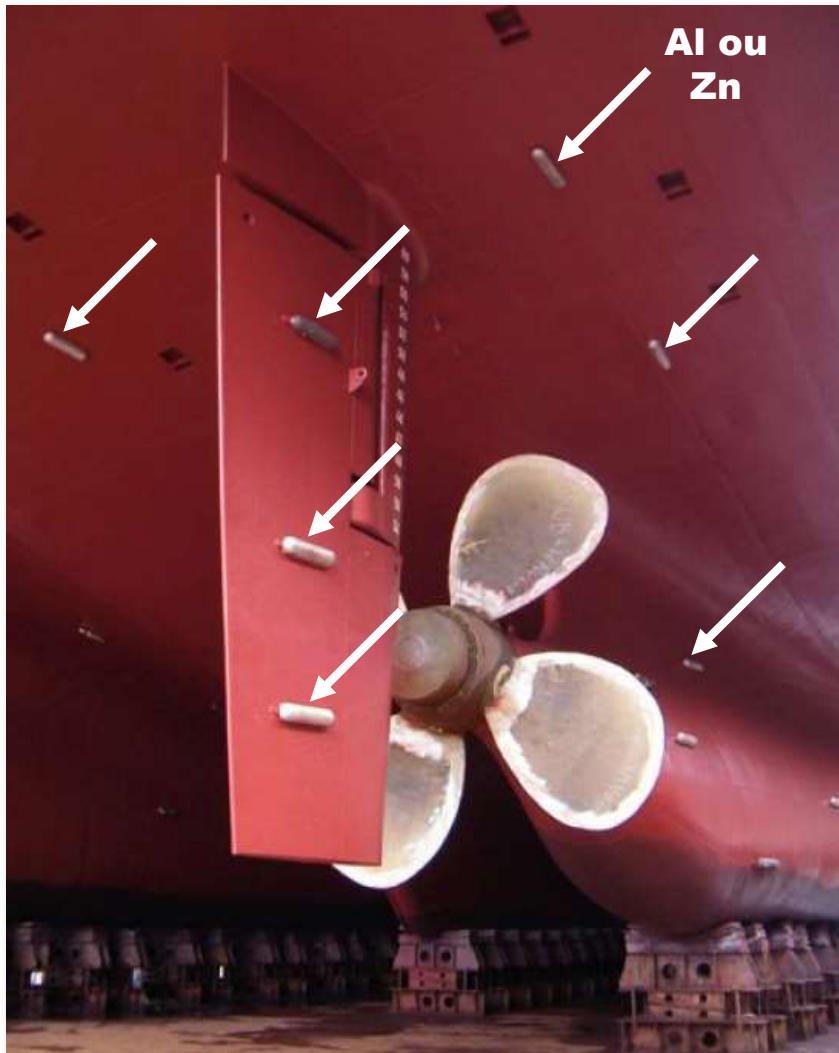


Liaison du métal à protéger à une électrode plus électronégative (en général magnésium) \Rightarrow formation d'une pile électrochimique (structure à protéger, cathode)

Protection et lutte contre la corrosion

Protection électrochimique : protection par anode sacrificielle

Protection de l'acier : anodes sacrificielles = Mg, Zn, Al et leurs alliages



Source : Brosen, Gdansk, Pologne



Anodes pour cuve de camion de pompier



Protection dans l'eau de mer (électrolyte de bonne conductivité) : utilisation de l'aluminium et du zinc.

Protection de bateaux, plates-formes de forage, ...



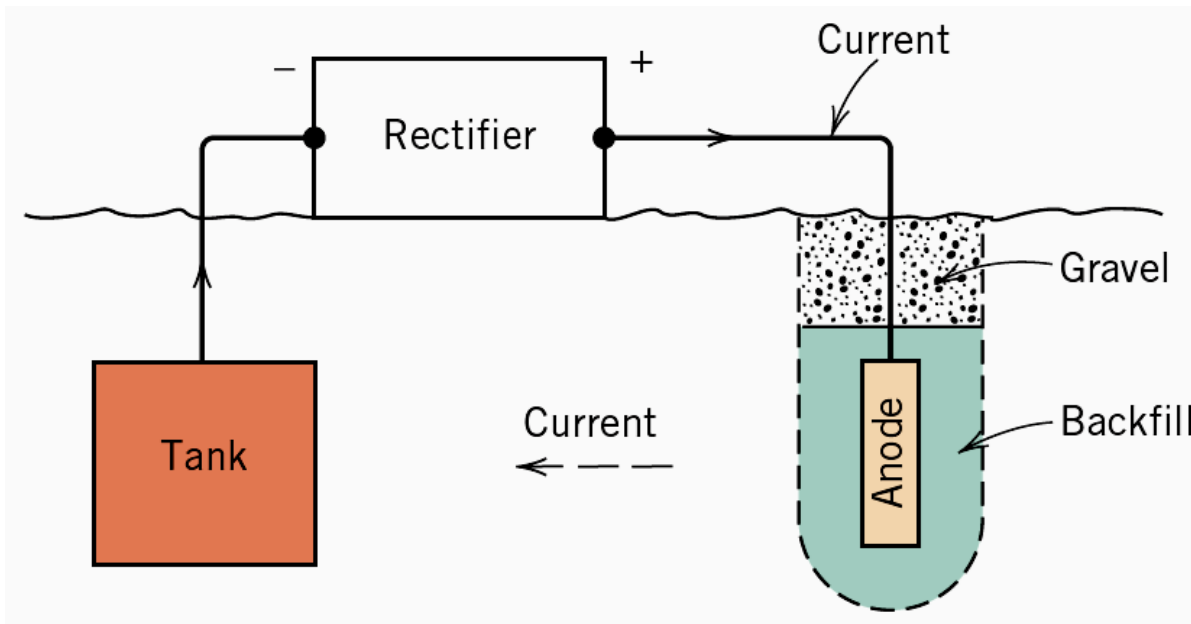
Protection et lutte contre la corrosion

Protection électrochimique : protection par courant imposé

Pour de grandes installations, les anodes sacrificielles peuvent ne pas délivrer suffisamment de courant pour une protection optimale.

Système à courant imposé : anodes connectées à un générateur de courant continu permanent ou cyclique.
Anodes en forme de tube (dégazage d'hydrogène) ou de tige compacte.

Matériaux : acier, fonte, graphite...



Protection des structures enterrées
(conduites de gaz, câbles à haute tension) :
anodes en fer – silicium ou en graphite



ETUDES DE CAS DE DEGRADATIONS PAR CORROSION

Dégradation par corrosion — Brasserie Heineken Marseille

1872 : fondation de la brasserie de Marseille dans le quartier de la Valentine

1988 : la brasserie de la Valentine rejoint le groupe HEINEKEN

2014 : mise en service de la nouvelle salle à brasser en janvier

1 bière Heineken® sur 2 distribuée en France est produite à la brasserie de la Valentine

2015 : problème de corrosion sur plusieurs cuves de fermentation en acier inoxydable austénitique (type 18/10)

Livraison d'une nouvelle cuve de fermentation



Dégradation par corrosion — Brasserie Heineken Marseille

Haut de la cuve



Paroi



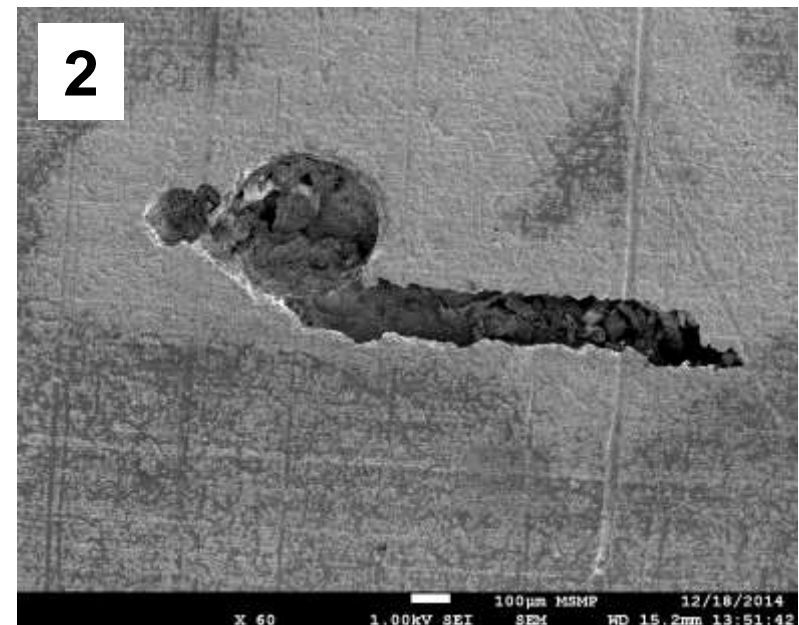
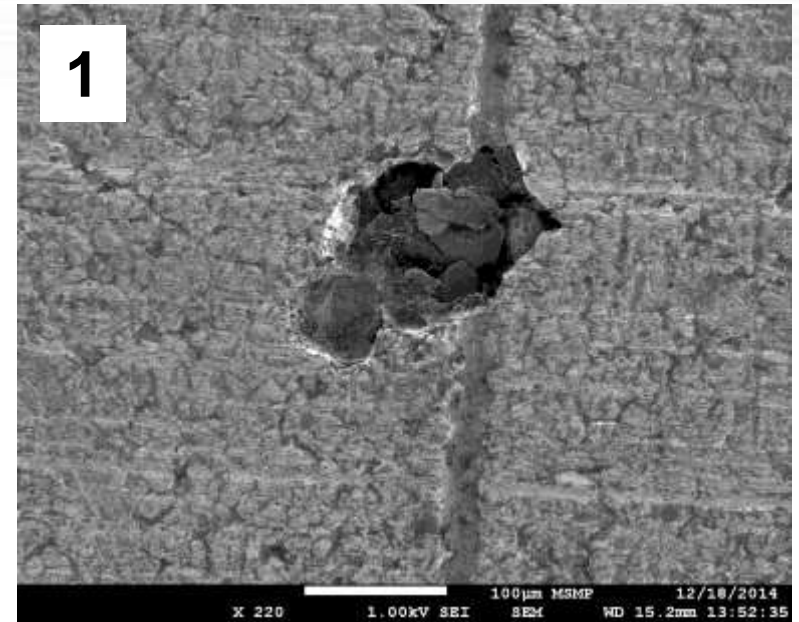
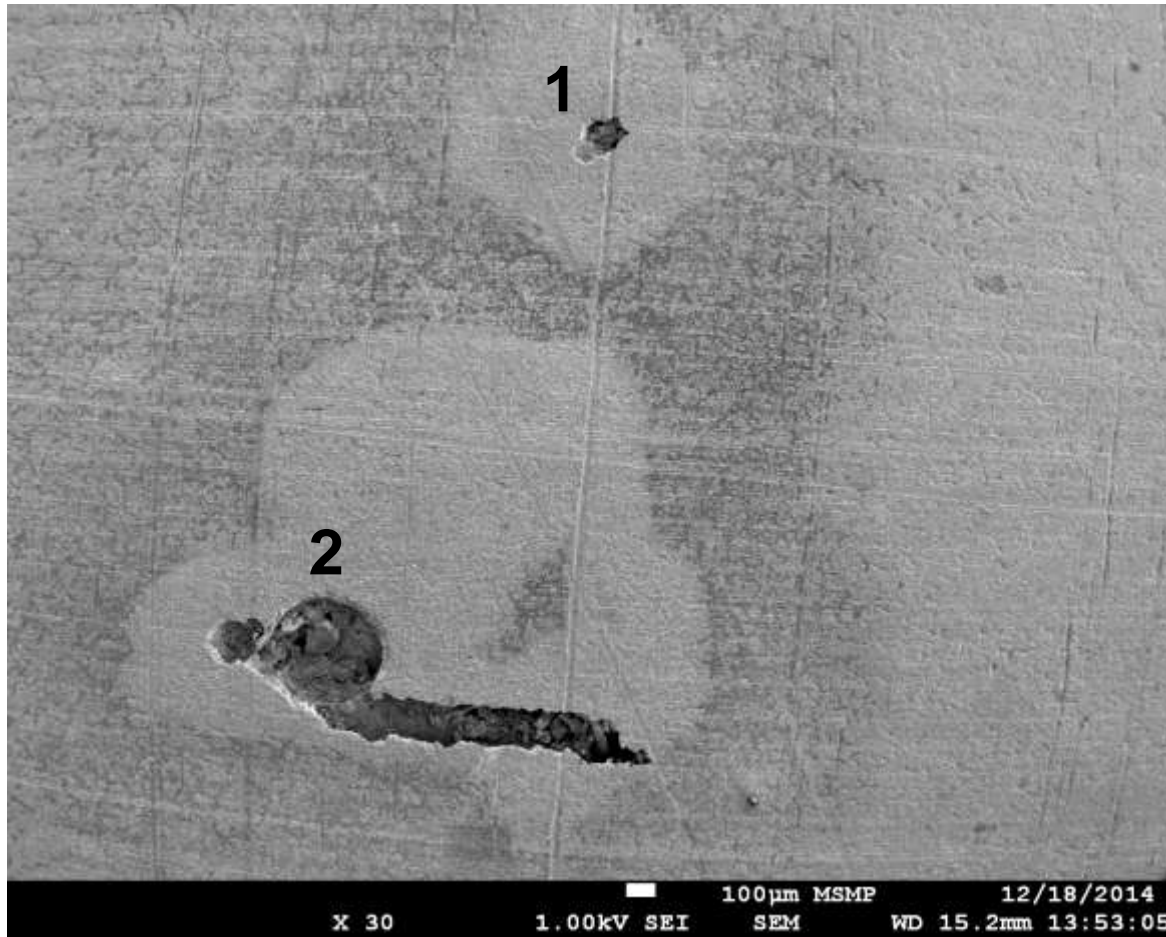
Bas de la cuve





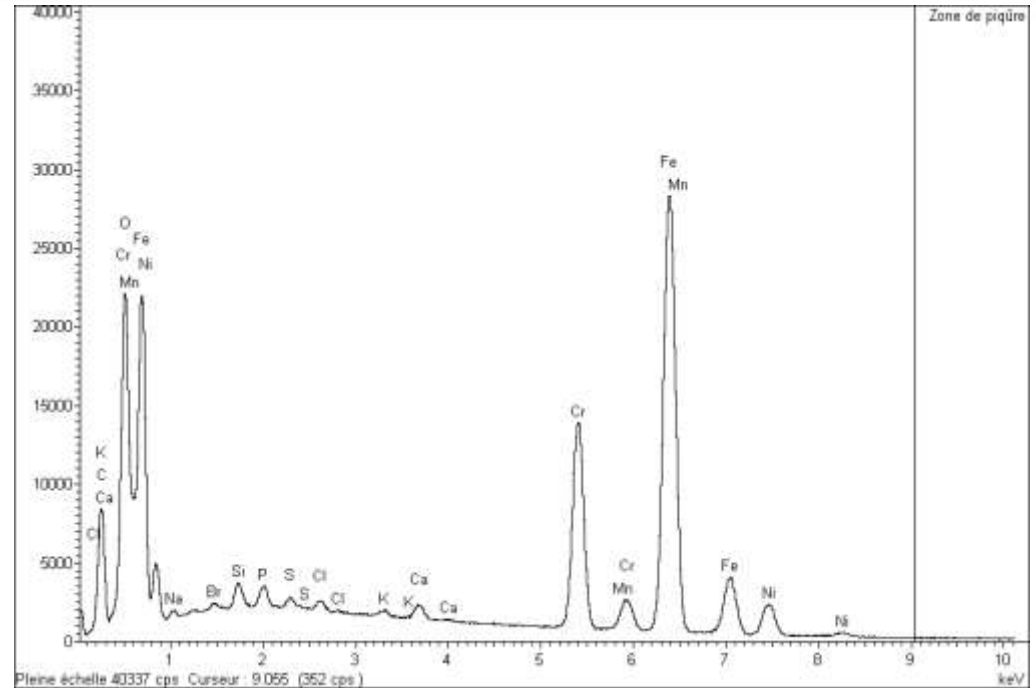
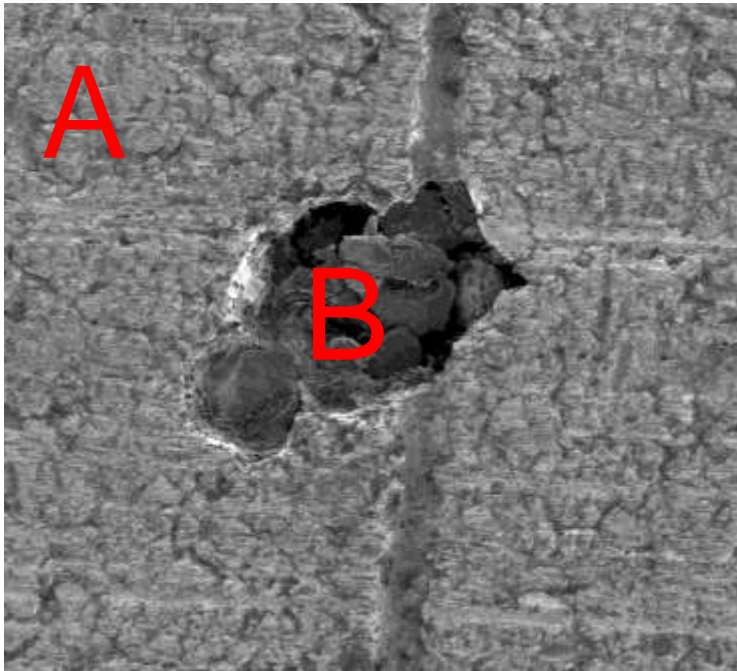
Dégradation par corrosion — Brasserie Heineken Marseille

Morphologie des piqûres de corrosion en bas de cuve



Dégradation par corrosion – Brasserie Heineken Marseille

Analyse chimique des éléments présents dans (B) et hors (A) les piqûres



	Fe	Cr	Ni	Mn	Si	S	P	O	Na	Ca	K	Cl	Br
A	67,85	18,72	9,49	0,98	0,49	0,16	-	2,31	-	-	-	-	-
B	59,97	16,13	7,66	0,77	0,62	0,25	0,66	12,02	0,46	0,56	0,18	0,33	0,39

A : Zone non attaquée

B : fond de piqûre

Dégradation par corrosion — Brasserie Heineken Marseille

Nuance inappropriée

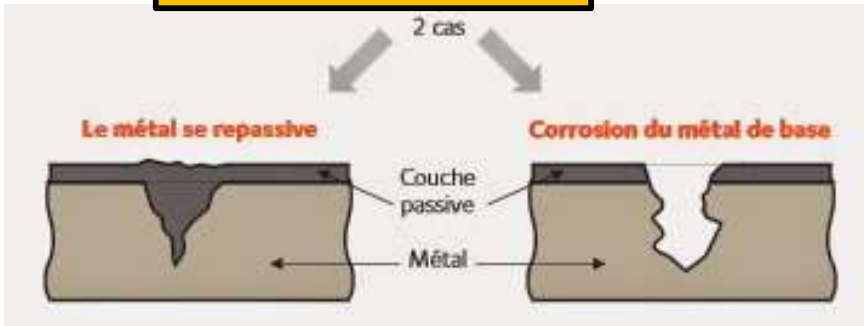


Pollution de surface



Principales causes de corrosion des aciers inoxydables

Défaut de couche passive



Corrosion galvanique

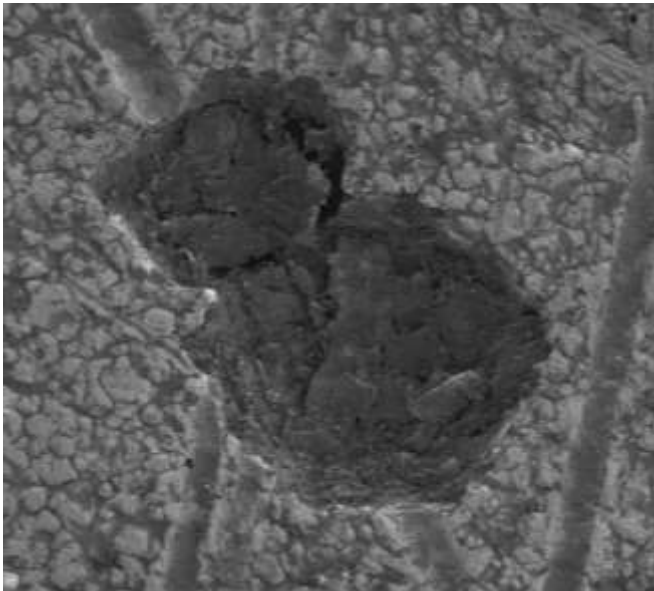




Dégradation par corrosion — Brasserie Heineken Marseille

Diagnostic des causes de la corrosion

Couche passive non formée avant la mise en service de la cuve
(rayures du métal de la cuve lors d'opérations de maintenance)



Pollutions de la surface **(usinages, scories de soudure)**



Environnement de la cuve
(changement de produit de nettoyage de la cuve = réactions chimiques néfastes avec Br, et Cl)



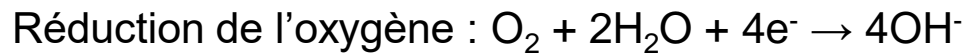
PROTECTION DES PIPES-LINES SOUTERRAINS (1/4)

Causes de la corrosion

Pipe-lines : transport à longue distance du pétrole ou du gaz naturel

Pipe-lines en acier ordinaire

Sol humide + présence d'oxygène \Rightarrow corrosion des pipe-lines



Conséquences catastrophiques



Protection nécessaire

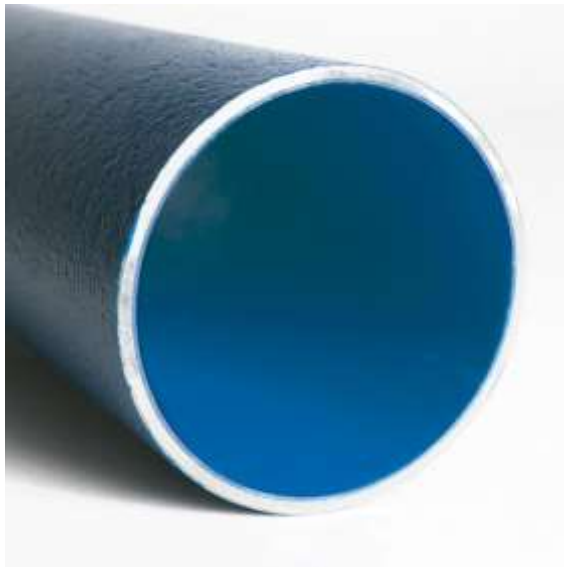




PROTECTION DES PIPES-LINES SOUTERRAINS (2/4)

Solution évidente : empêcher le contact entre la canalisation et le sol humide

Recouvrement des pipe-lines avec des revêtements thermoplastiques (PEHD)



Éléments de canalisations soudés entre eux (soudures enveloppées sur place avec du polyéthylène)



MAIS protection incomplète : ruptures du revêtement (manipulations brutales sur les chantiers, emballage imparfait des soudures)





PROTECTION DES PIPES-LINES SOUTERRAINS (3/4)

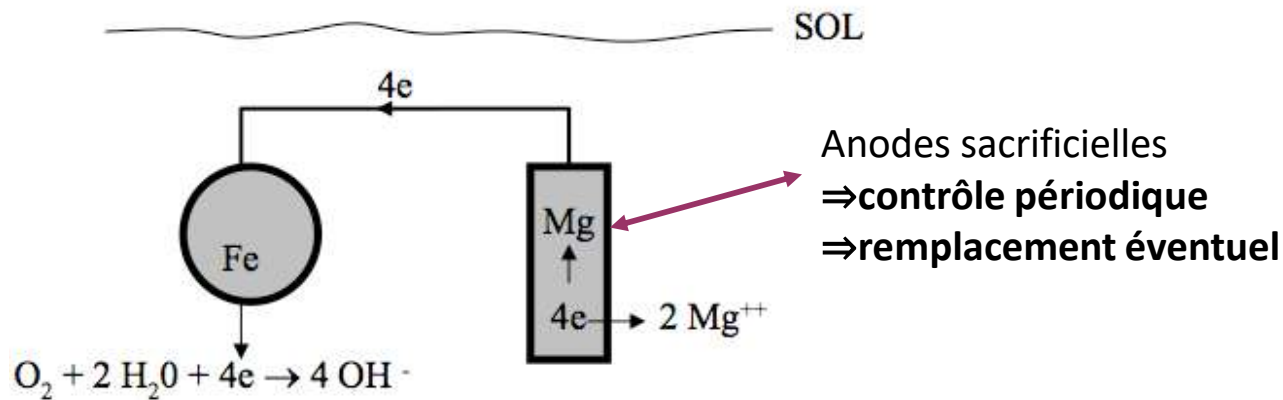
Solution plus pérenne : protection par anode sacrificielle

Raccordement des pipe-lines à des plaques de métal plus électronégatif que l'acier

Pipe-lines : cathodes \Rightarrow non attaquée

Plaques de métal : anodes \Rightarrow corrodées à la place des pipe-lines

Alliages de magnésium (MgAlZnMn),
d'aluminium (AlZn) ou de zinc



Le revêtement en polyéthylène minimise la perte de métal aux anodes

\Rightarrow utilisation conjointe du revêtement et de la protection par anodes sacrificielles

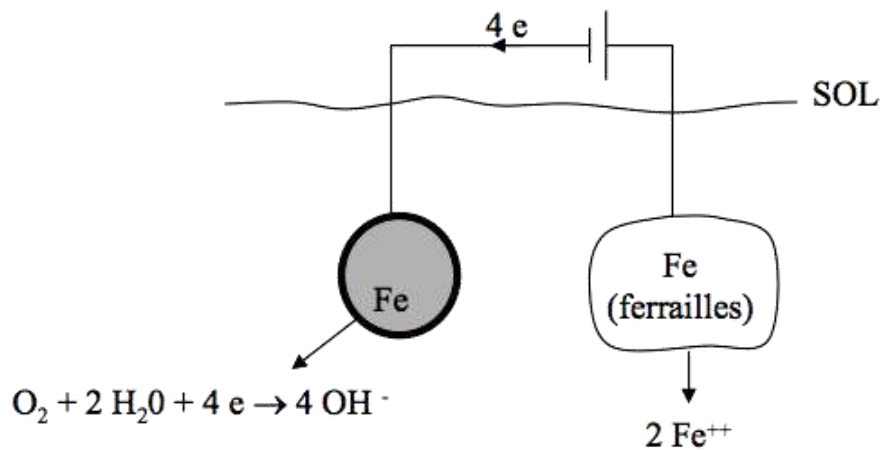


PROTECTION DES PIPES-LINES SOUTERRAINS (4/4)

Solution alternative : protection par courant imposé

Raccordement de ferrailles enterrées au pipe-line à travers un générateur de courant continu qui maintient une d.d.p. suffisante pour que la ferraille joue le rôle d'anode et le pipe-line le rôle de cathode

Présence de revêtement protecteur en polyéthylène \Rightarrow faible intensité du courant pour maintenir la d.d.p.



Alimentation solaire pour générateur de courant continu



MATERIAU POUR TOITURE DE BATIMENT INDUSTRIEL (1/2)

Solution simple et peu couteuse : tôles en acier doux : bon marché, faciles à installer.

Problème : ne résiste pas à la corrosion atmosphérique
⇒ **apparition de rouille**

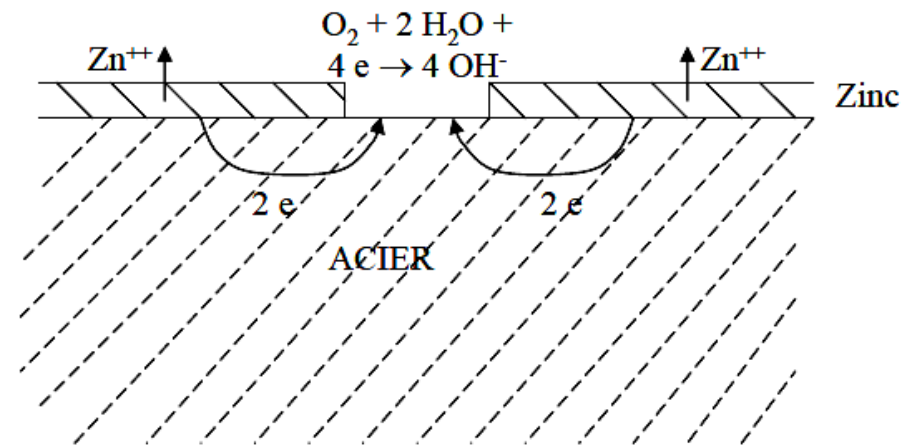
Solution : utilisation de tôles galvanisées
Très bonne résistance à la corrosion :

- **revêtement de Zn = anode ⇒ corrodé**
- **acier = cathode ⇒ protégé contre la corrosion**

Corrosion lente du zinc à cause de l'effet protecteur de sa couche d'oxyde : $\approx 0,1$ mm de perte d'épaisseur en 20 ans

Epaisseur du revêtement obtenue par immersion dans le zinc liquide : $\approx 0,15$ mm

Durée de vie estimée : 30 ans





MATERIAU POUR TOITURE DE BATIMENT INDUSTRIEL (2/2)

Autre solution : matériaux de substitution

Aluminium anodisé :

- résiste beaucoup plus longtemps à la corrosion grâce à la formation d'un film très adhérent d'alumine ;
- plus cher que l'acier galvanisé.



Matériaux polymères :

- résistance remarquable à la corrosion atmosphérique
- vieillissement à long terme causé par les UV ⇒ rupture progressive des chaînes macromoléculaires ⇒ dégradation des propriétés mécaniques
- utilisés pour la couverture d'habitations, abris pour voitures...





Conclusion



La tendance générale des matériaux à acquérir un état thermodynamiquement plus stable se manifeste par le phénomène de corrosion.

Les processus de corrosion entraînent une destruction des matériaux métalliques.

Leurs conséquences ont une importance économique primordiale.

Les deux types essentiels de corrosion sont :

- La corrosion chimique
- La corrosion électrochimique

Dans tous les cas la corrosion est un problème d'interface entre un métal et un milieu agressif liquide ou gazeux.

La résolution des problèmes concrets de corrosion est directement liée au choix d'un matériau et/ou à une conception.

Quiz final : sauras-tu trouver d'où viennent ces photos ?



Quiz final : sauras-tu trouver d'où viennent ces photos ?

