

LA CORROSION ET L'EAU ADOUCIE

Sommaire :

I/ Les mécanismes des corrosions métalliques

II/ Impact de l'eau adoucie par échange d'ions sur résine cationique

III/ Les vérifications à mener pour réduire les problèmes de corrosion sur les ballons d'eau chaude ou chauffe-eau

DIFFUSION TOUS PUBLICS – V1 – Février 2018

I/ Les mécanismes des corrosions métalliques :

Les corrosions des métaux dans l'eau sont toujours le résultat de réactions nombreuses et complexes, mettant en jeu de multiples paramètres et entraînant une dissolution du métal en milieu humide.

Il existe différents types de corrosions métalliques :

- Corrosion galvanique (mélanges de métaux)

La corrosion galvanique est la corrosion la plus rencontrée chez le particulier car elle est souvent la cause des dégradations des ballons d'eau chaude sanitaire et des chauffe-eaux. Elle se manifeste lorsqu'il y a un mélange de métaux en contact dans un réseau d'eau et en présence d'oxygène. Une comparaison de potentiel électrochimique entre les 2 métaux en contact permet de prévoir celui qui sera dissous dans l'eau pour donner l'énergie nécessaire à l'autre métal qui doit réduire l'oxygène en ion hydroxyde. Cette réaction fonctionne comme une pile.

Pour savoir si le fer sera dissous ou non dans l'eau, un classement de valeurs de potentiel de réactions indique si le métal est plus noble ou moins noble que le deuxième métal qui est en contact ou dans le même réseau interne hydraulique.

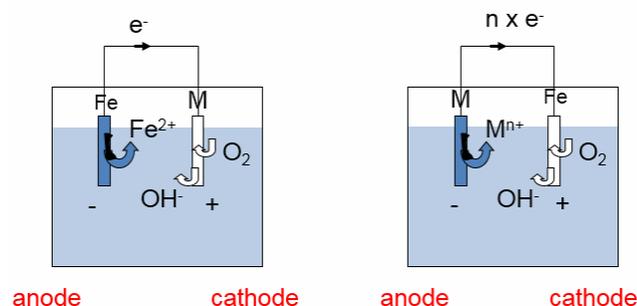


Schéma décrivant les 2 cas possibles pour le fer, selon si le fer est moins noble ou plus noble que le métal M.

Membre de :



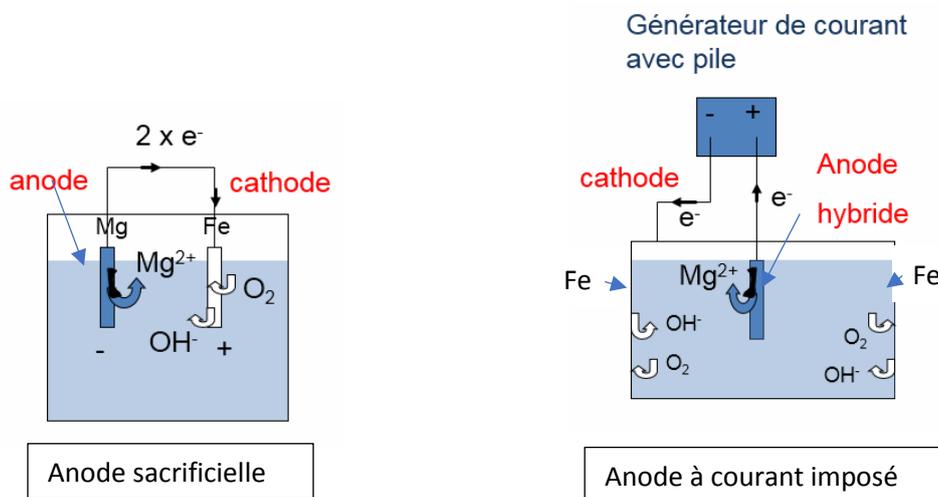
Tableau de classement des métaux :

Métaux moins noble que le fer

Métaux plus noble que le fer

Métal	Réactions à l'électrode	Potentiel d'équilibre (volts)
Magnésium	$Mg = Mg^{2+} + 2e^{-}$	-2,34
Béryllium	$Be = Be^{2+} + 2e^{-}$	-1,70
Aluminium	$Al = Al^{3+} + 3e^{-}$	-1,67
Manganèse	$Mn = Mn^{2+} + 2e^{-}$	-1,05
Zinc	$Zn = Zn^{2+} + 2e^{-}$	-0,76
Chrome	$Cr = Cr^{3+} + 3e^{-}$	-0,71
Fer	$Fe = Fe^{2+} + 2e^{-}$	-0,44
Nickel	$Ni = Ni^{2+} + 2e^{-}$	-0,25
Plomb	$Pb = Pb^{2+} + 2e^{-}$	-0,13
Hydrogène	$H_2 = 2 H^{+} + 2e^{-}$	0,00 par convention
Cuivre	$Cu = Cu^{2+} + 2e^{-}$	+0,34
Cuivre	$Cu = Cu^{+} + e^{-}$	+0,52
Argent	$Ag = Ag^{+} + e^{-}$	+0,80
Platine	$Pt = Pt^{2+} + 2e^{-}$	+1,20
Or	$Au = Au^{3+} + 3e^{-}$	+1,42

Les moyens les plus efficaces pour lutter contre ce type de corrosion est la protection par anode sacrificielle ou par anode à courant imposé (ACI).



C'est pourquoi pour la protection contre la corrosion des ballons d'eau chaude et cumulus, les anodes doivent être vérifiées régulièrement (au moins une fois par an) et changées si nécessaires. De plus, il est fortement recommandé d'installer des raccords isolants (raccords diélectriques) sur les connexions hydrauliques entrée et sortie du ballon d'eau chaude ou chauffe-eau pour réduire ce phénomène de corrosion galvanique.

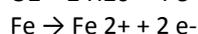
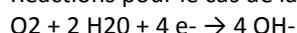
Membre de :



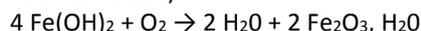
- Corrosion par l'oxygène (réaction d'oxydoréduction ou électrochimique)

La corrosion par aération différentielle se produit lorsque les parties d'un composant en alliage ferreux sont exposées à des concentrations variables d'oxygène. La différence de concentration d'oxygène produit une différence de potentiel électrochimique qui crée des anodes petites mais stables face à de larges zones cathodiques, avec pour résultat la dissolution rapide du métal sur ces petites zones.

Réactions pour le cas de la dissolution du fer dans l'eau en présence d'oxygène :



L'hydroxyde ferreux est ensuite oxydé par l'oxygène dissous pour former de l'oxyde ferrique hydraté ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, couleur rouille)



- Action des chlorures, sulfates

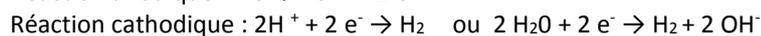
Les ions chlorures, de très faibles dimensions, traversent facilement les dépôts recouvrant éventuellement les métaux et pénètrent dans les microfissures qui existent toujours à la surface du métal. Ils réagissent alors avec l'eau en produisant de l'acide chlorhydrique. Il s'ensuit localement des pH très faibles qui accélèrent la corrosion du métal qui se poursuit en profondeur.

Cette corrosion peut être sous forme de piqûres lorsqu'elle est une corrosion localisée qui produit des trous ou des creux à la surface du métal.

Elle peut aussi être sous forme de corrosion caverneuse lorsqu'elle est provoquée par une petite masse d'eau stagnante dans une anfractuosité privée d'oxygène et concentrée en anions chlorures. (Corrosion rencontrée au niveau des soudures, joints mécaniques dans les réseaux d'eau)

- Corrosion par acidité (pH<7)

Il y a corrosion acide lorsque la concentration en H^+ du milieu aqueux est suffisamment faible pour permettre la réduction cathodique de l'eau en hydrogène. Cette réaction cathodique produit de l'hydrogène moléculaire qui diffusant dans le métal peut entraîner sa fragilisation et des bris observés à haute température ou en présence de pH très acide (décapage, détartrant acide...)



Membre de :

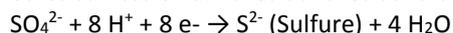


- Corrosion par les caustiques (soude, pH > 10)

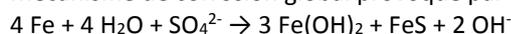
Les caustiques (la soude en particulier) peuvent de concentrer dans les failles, des cassures ou des fêlures existant à la surface du métal, lorsque celui-ci présente une fatigue sous tension notamment. La soude concentrée peut alors dissoudre la couche protectrice d'oxyde (dissolution de la couche de magnétite protectrice dans les chaudières) et même dissoudre un des composants de certains alliages (dézincification des alliages cuivreux) qui perdent alors leurs caractéristiques mécaniques.

- Corrosion par les organismes vivants (microbiologiques)
 - Bactéries sulfato-réductrices, acidogènes, bactéries du fer et manganèse, bactéries nitrifiantes (baisse du pH)

La corrosion par les bactéries sulfato-réductrices constitue l'une des formes les mieux connues de la corrosion microbiologique rencontrée dans les circuits de refroidissement industriels et les réseaux transportant des eaux résiduaires. Ces bactéries anaérobies (sans présence d'oxygène) présentent la particularité de transformer les sulfates et les sulfites en sulfures dans les conditions de quasi-neutralité (pH ≈ 7).



Mécanisme de corrosion global provoqué par les bactéries sulfato-réductrices:



Un grand nombre de bactéries, comme les bactéries acidogènes, produisent des acides minéraux ou organiques dans le cadre de leur transformation. Le pH ainsi diminué provoque une accélération de la corrosion par des processus chimiques.

Les bactéries du fer oxydent les ions ferreux dissous Fe^{2+} à l'état ferrique Fe^{3+} . Ces bactéries contribuent donc à la dissolution du fer dans l'eau.

Enfin les bactéries formant les biofilms, piègent dans le biofilm des matières en suspension type colloïdes et débris, des bactéries anaérobies corrosives entraînant le développement de la corrosion sous le biofilm.

- Les algues (décomposition générant des acides organiques corrosifs)

Les algues ne croissent que dans des conditions de luminosité suffisantes. Dans des conditions favorables, elles peuvent former des tapis fibreux denses qui obstruent les canaux et créent les conditions favorables au développement des bactéries anaérobies qui peuvent être responsables de corrosion métallique. De plus, la décomposition d'algues mortes génère des acides organiques corrosifs.

- Corrosion sous contrainte (pression, température, mécanique)

La corrosion sous contrainte résulte de l'interruption de films protecteurs de surface par une déformation due à une contrainte. Cette forme de corrosion produit fréquemment des fissures qui peuvent entraîner le bris de l'élément affecté.

Membre de :

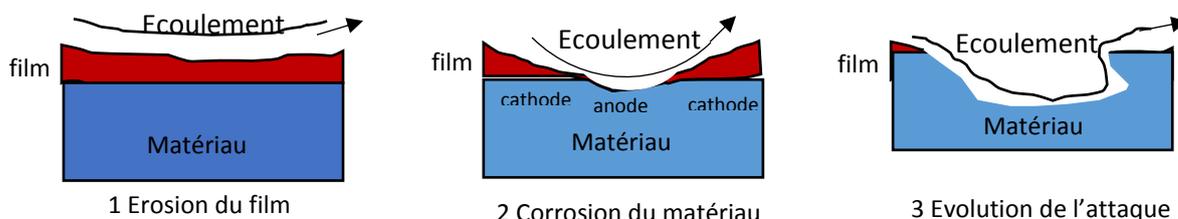


Avis de la Chambre Professionnelle

Cette corrosion peut se manifester lorsque certains alliages sont en présence de composés chimiques comme décrit dans le tableau ci-dessous :

Métal se corrodant	Éléments amenant une contrainte
Inox austénitique	Chlorures Soude chaude concentrée Sulfure d'hydrogène
Acier au carbone	Soude concentrée Solutions de nitrate concentré Ammoniac anhydre Solutions de carbonate et d'hydrogénocarbonate
Alliages de cuivre	Ammoniaque (vapeurs et solutions) Amines Dioxydes de soufre Nitrates, nitrites
Titane	Ethanol Méthanol Eau de mer (suivant alliages) Acide chlorhydrique (10%)

La corrosion par érosion est aussi une corrosion sous contrainte, elle se traduit par l'élimination des produits de corrosion inhibiteurs provoquée par l'action érosive du fluide (vitesse de passage trop élevée par exemple, perte de charge importante, réductions, coudes, joints...) ou des matières en suspension de ce fluide.



Représentation schématique du phénomène Corrosion-Erosion

Cette contrainte mécanique associée au contact de produits chimiques non compatibles peut être très destructrice pour les métaux et alliages.

Membre de :



II/ Impact de l'eau adoucie par échange d'ions sur résine cationique:

L'adoucissement par échange d'ions n'a pas d'influence sur la corrosivité de l'eau potable puisqu'il s'agit d'un échange qui ne modifie pas l'équilibre ionique de l'eau.

- Le tartre ne se forme et ne se dépose jamais uniformément mais de manière incontrôlée. (en fonction de la température, du flux hydraulique, de la pression, des matériaux utilisés, de la conception du réseau hydraulique...).
- En fonction de la nature de l'eau (teneur en calcium et magnésium) certaines formes de tartre sont poreuses, d'autres deviennent incrustantes et imperméables. Là encore, c'est incontrôlable et impossible de prédire si une couche de tartre empêchera tout contact de la surface de tuyauterie d'une eau corrosive.
- Les zones recouvertes par le tartre créent de nouveaux champs ioniques qui génèrent des corrosions entre le tartre et la surface métallique et invisibles jusqu'au moment de la fuite.
- Le fait de chauffer une eau la rend corrosive et entartrante, notamment aux points chauds c'est-à-dire sur les résistances. Ceci entraîne une perte de transmission de la chaleur et une surconsommation en énergie pour obtenir un même rendement.
- En échangeant le calcaire et le magnésium par le sodium, on supprime l'entartrage et la corrosivité reste inchangée.
- Lors de la formation du tartre une certaine quantité de CO₂ corrosif est absorbée, en fonction de la quantité de calcium, magnésium et de CO₂ disponible dans l'eau. On peut donc dire que la corrosivité de l'eau est alors diminuée d'autant. Néanmoins là encore c'est extrêmement aléatoire et nul ne peut en déduire que c'est un moyen efficace de lutte contre la corrosion.

De notre point de vue laisser s'entartrer une installation sanitaire :

- Crée des corrosions sous la surface du tartre, et n'empêchera pas la corrosivité d'une eau à créer des désordres importants, même si le tartre absorbe une certaine corrosivité lors de sa formation,
- Génère des abris aux bactéries de tout genre, (textes sur la prévention de légionellose),
- Augmente la consommation en énergie pour un même confort,
- Réduit la durée de vie de toute l'installation par obturation (robinetterie, chasses d'eau, tuyauterie, chauffe-eau),
- Augmente la consommation en détergents, lessiviels, savons et antitartres,
- Génère des coûts certains mais imprévisibles.

Membre de :



III/ Les vérifications à mener pour réduire les problèmes de corrosion sur les ballons d'eau chaude ou chauffe-eau :

- Vérification de l'état des anodes tous les ans celles-ci étant des accessoires de protection contre la corrosion pour les réservoirs et les ballons d'eau chaude
- Vérification de la mise en place de raccords isolants (raccords diélectriques) sur les connexions hydrauliques d'entrée et de sortie du ballon d'eau chaude ou chauffe-eau
- Vérification que la température de l'eau chaude n'est pas excessive dans le réservoir ou ballon d'eau chaude, elle devrait être autour de 55°C. Dans les pièces d'eau, l'eau chaude doit être à 50°C maxi au point d'utilisation. (voir arrêté du 30 Novembre 2005 modifiant l'arrêté du 23 juin 1978 relatif aux installations fixes destinées au chauffage et à l'alimentation en eau chaude sanitaire des bâtiments d'habitation, des locaux de travail ou des locaux recevant du public). Une température excessive dans un ballon augmente la vitesse de corrosion. Elle est aussi une source de brûlure pour les utilisateurs au point d'utilisation.

Membre de :

