



LA CORROSION



Qu'est ce que la corrosion ? :

Le terme de corrosion est plus spécifiquement réservé à la dégradation des métaux.

La corrosion peut avoir les conséquences suivantes:

- **Dégradation des matériaux** par amincissement des parois mettant en péril la **résistance mécanique** des équipements, elle peut conduire à des fuites.
- **Apports de produits** de la corrosion dans les eaux véhiculées, ces apports créent au minimum une **pollution de l'eau** pouvant être gênante du point de vue sanitaire. Ces apports d'oxydes, hydroxydes, peuvent amener un **embouage des réseaux** qui peut finir par une **obturation**.

De plus ces formations de boues peuvent engendrer d'autres types de corrosion que la corrosion initiale ou déporter les points de corrosion.

Elles peuvent de plus être le siège de développements bactériens qui peuvent être pathogènes (*cas de Legionella*) ou générateurs de corrosions bactériennes.

Les effets de la corrosion :

Principales détériorations prévisibles sans limiter le défaut :

- Les dépôts accumulés dans le corps de chauffe d'une chaudière peuvent créer des zones non irriguées et les contraintes thermiques engendrées conduire à fissurer le corps de chauffe.
- Les dépôts dans les radiateurs limitent leur puissance d'émission. (*manque de chauffe*)
- Les dépôts dans les tubes des circuits de planchers chauffants réduisent le diamètre, donc le débit et peuvent aller jusqu'au colmatage. (*manque de chauffe obturation*)
- Les dépôts dans les conduites de raccordement réduisent les débits et créent ainsi des défauts d'équilibrage. Sur les parties réduites cela peut entraîner un colmatage total.
- Erosion des organes de réglages, vannes de régulation, vanne d'équilibrage, robinets thermostatiques...
- Blocage des rotors de circulateurs provoquant leur détérioration.
- Perforation de parties métalliques (*fuites, dégâts des eaux*)
- Usure prématurée de certaines parties de l'installation de chauffage.

Conséquences de la corrosion :

Une corrosion anormale d'un système de chauffage cause des désordres qui vont :

- Réduire la durée de vie de votre installation.
- Amplification des risques de fuite.
- Nuire à votre confort.
- Augmenter la facture énergétique.
- Causer des détériorations anormales et prématurées.
- Créer d'importants surcoûts de charge d'entretien.

Phénomènes de corrosion :

La corrosion des métaux peut avoir diverses causes, on peut néanmoins les classer en deux catégories :

- **Corrosion physique** : par érosion, cavitation, frottement.
- **Corrosion chimique** : par réaction d'oxydoréduction. *(On parle alors de corrosion électrochimique, il serait illusoire de vouloir lutter contre la corrosion électrochimique si, par ailleurs, la corrosion due à des phénomènes physiques était négligée)*

La lutte contre la corrosion commence par l'application de **règles simples de conception, de réalisation et de maintenance des circuits**. La réalisation des réseaux doit être soignée, *(une bavure, une rayure, une soudure qui déborde, un chauffage excessif sur l'acier galvanisé ou le cuivre, formeront des zones d'accrochage préférentielles de dépôts, d'augmentation locale de vitesse, modifieront la nature du métal.)*

Lutte contre la corrosion :

La lutte contre la corrosion est l'affaire de tous :

- **Le concepteur** du système, du dimensionnement des réseaux, du choix des matériaux.
- **Le réalisateur** qui doit appliquer des précautions simples de mise en œuvre tant dans le stockage de la matière première *(tubes, équipements, robinetterie,...)* que de son assemblage.
- **Le maître de l'ouvrage** qui doit maintenir ses réseaux en bon état et surveiller attentivement les signes d'une dégradation et surtout les anticiper.

La corrosion physique :

On rencontrera essentiellement deux modes de corrosion dues à des effets physiques :

- corrosion par érosion,
- corrosion par cavitation.

La corrosion par érosion se produit lors du passage à grande vitesse d'eau chargée de sédiments. Il faut que l'eau véhiculée contienne le minimum de sédiments, et une vitesse de circulation peu élevée.

(La limitation de vitesse permet aussi de limiter la corrosion par cavitation, qui se produit lors de modifications locales de la pression, qui entraîne une vaporisation de l'eau. Les bulles de vapeur ainsi produites, créent une onde de choc arrachant le métal à proximité lorsqu'elles se condensent).

Une vitesse de 2 m /s ne devrait jamais être dépassée dans un circuit d'eau.

Pour le cuivre le Centre Technique du Cuivre préconise de ne pas dépasser une vitesse de 1,5 m / s.

Le DTU 60.11 propose de limiter la vitesse (pour des raisons acoustiques) à 1 m / s dans les distributions privées si le débit est supérieur à 0,5 l / s.

Remarques :

Même filtrée, l'eau contient toujours des matières en suspension susceptibles de se déposer dans les zones à faible vitesse de circulation.

Cette décantation naturelle pourrait être gênante et provoquer une corrosion sous dépôts. Il est donc conseillé de maintenir les vitesses de circulation à un minimum de l'ordre de 0,2 m / s afin d'éviter ce type de problème.

On peut désirer ce phénomène de **décantation naturelle** afin de déposer les sédiments pour épurer l'eau ("*bouteilles de mélange*", "*bouteilles casse-pression*", "*pots à boues*" ou de *décantation*) ce sera aussi le cas dans tout réservoir de stockage.

On peut avoir des vitesses locales beaucoup plus élevées en particulier dans les robinets entre le clapet et le siège. En plus des problèmes acoustiques, on aboutit très rapidement à une **destruction du clapet par ravinage** (*il ne peut plus jouer son rôle d'organe obturateur*).

La corrosion électrochimique :

La corrosion électrochimique est naturelle :

La thermodynamique traduit ce que l'on peut constater : **l'état le plus stable d'un métal est son état oxydé.** (*Pour le tirer de son état d'oxyde et l'utiliser l'Homme a dû dépenser une énergie non négligeable*)

Pour le conserver en l'état d'assurer sa fonction il y aura lieu de lutter contre cette tendance "naturelle" à vouloir retourner à des niveaux plus stables : ses oxydes.

Pour pouvoir retourner à son état "naturel" **le métal devra céder des électrons** (*c'est la définition même d'une oxydation*). Tout phénomène physique ou chimique qui conduit à un déséquilibre électronique peut Favoriser ou alimenter la corrosion.

Production de boues ferromagnétiques :

Les causes techniques de la création de ces boues résultent en général de deux facteurs :

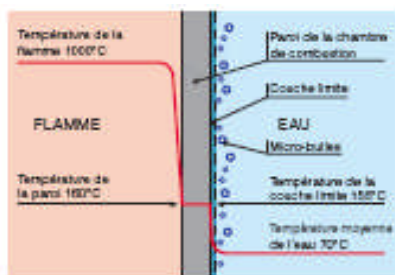
- Présence importante d'air dans l'installation
- Augmentation des champs électrolytiques

Causes de pénétration de l'air dans l'installation :

Dans les installations de génie climatique, les raccordements sont, en général, **étanches à l'eau mais pas à l'oxygène** (*Joints et raccords laissent pénétrer l'O₂*).

Les tubes en matériaux de synthèse, utilisés pour une partie des liaisons hydrauliques, présentent de part leur constitution une « **porosité** » à l'oxygène.

Lors de la première mise en route (ou suite à une vidange et remplètement de l'installation) l'oxygène et le gaz carbonique, présents naturellement dans l'eau, **se libèrent** sous l'effet de la chaleur.

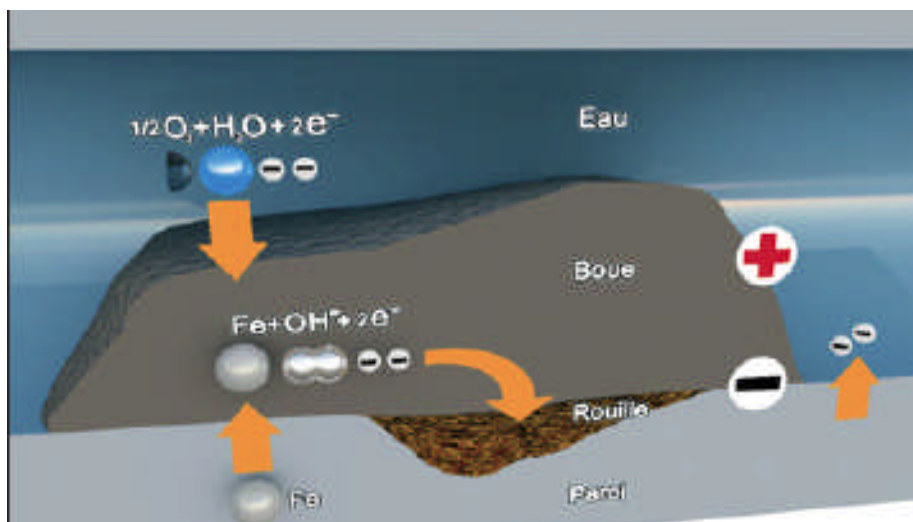


Lors du transfert de chaleur au sein du corps de chauffe, des microbulles se forment continuellement sur les surfaces d'échange à cause de la température élevée du fluide.

Cet air entraîné par l'eau se rassemble aux endroits critiques du circuit.

L'oxygène de l'eau provoque sur les composants de l'installation des **réactions chimiques d'oxydoréduction** (formation de rouille) qui vont libérer de l'**hydrogène** sous forme de gaz.

Les installations de chauffage par le sol qui utilisent les tubes en matériaux de synthèse de ce type ont une masse métallique réduite qui entraîne une concentration du phénomène sur les parties métalliques de l'installation.



Augmentation de la conductivité électrique de l'eau :

L'absorption de l'oxygène dans l'installation, diffusée par l'eau, va entraîner une **baisse du PH** de l'eau de chauffe, **augmenter la conductivité électrique** de l'eau, et par la, **amplifier** la corrosion du système.

L'**alternance des matériaux** est aussi souvent une cause d'augmentation de la conductivité électrique (Acier – laiton- acier –cuivre – acier – PER – cuivre ...) ont pour effet d'augmenter la réaction d'électrolyse et entraîne une **usure anormale et prématurée** des **parties aciers**, d'où la présence de boues ferreuses en grande quantité dans les systèmes concernés par cette défaillance.

Métaux et alliages :

Les principaux métaux utilisés dans le transport des fluides sont :

- Le fer et ses alliages,
- Le cuivre et ses alliages,
- Le zinc en tant que protection de l'acier : acier galvanisé,
- L'aluminium et ses alliages.

Les métaux et alliages utilisés peuvent être décrits comme étant globalement de structure homogène. Néanmoins on peut avoir ponctuellement :

- **Des irrégularités provenant de l'alliage** : c'est le cas des aciers qui sont par nature composés de cémentite (carbure de fer), des diverses formes de cristallisation du fer (fer alpha, gamma).
- **Des irrégularités dans la structure** provenant d'un écrouissage du métal, d'un chauffage (liées aux opérations de soudage), **d'inclusions** liées à des impuretés.
- **Des dépôts** liés au mode de fabrication : calamine pour les tubes aciers, carbone originaire des huiles utilisées dans la fabrication des tubes cuivre.

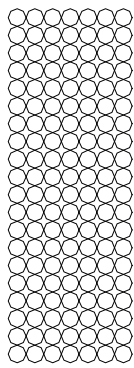
Ces différences de structure locales pourront être à l'origine de phénomènes de corrosion.

Potentiel d'électrode :

Tout métal se dissout en présence d'une solution aqueuse. (*Quantitativement cette dissolution dépend du métal et de la solution*)

Lorsqu'un métal passe en solution, il cède à la solution **des cations** (*donc chargés positivement*), et se charge négativement.

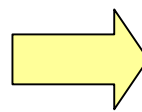
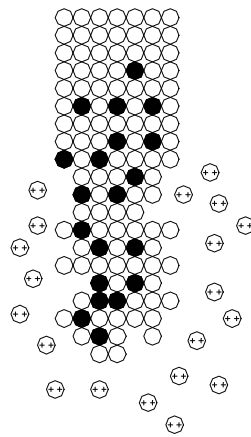
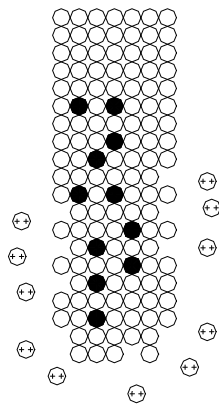
Au fur et à mesure de la dissolution du métal il s'établit une **différence de potentiel électrique** entre le métal et la solution.



État initial

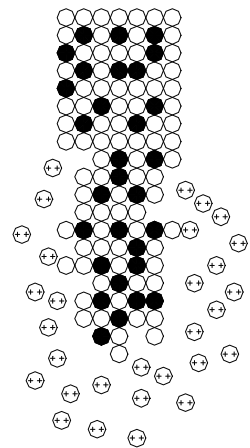
Début de dissolution

Des charges s'accumulent dans le métal. Les cations métalliques passent en solution.



État d'équilibre :

La différence de potentiel entre le métal et la solution (créée par les charges accumulées et les cations métalliques passés en solution) est suffisamment forte pour empêcher la dissolution de se poursuivre.



On aboutit à un **état d'équilibre** entre le métal et la solution qui aboutit à la définition d'un **potentiel électrique** fonction du métal, de la température et de la concentration de la solution en ions.

Une **échelle des potentiels** standards d'équilibre, classe ceux-ci en fonction de leur propension à passer en solution : certains métaux sont dits "**nobles**" et se dissolvent difficilement : (*Or, Platine, Cuivre...*) D'autres (*Magnésium, Aluminium, Zinc, Fer...*) se dissolvent plus facilement et auront un **potentiel standard inférieur à ceux des métaux "nobles"**.

Ces potentiels sont déterminés par un point origine arbitraire : 0 V = potentiel de l'électrode à hydrogène et par une valeur du potentiel fixée par mise en contact du métal avec une solution normale.

Pour les métaux on parlera plutôt de **métaux cathodiques** (métal à potentiel élevé : le cuivre par exemple) et de **métaux anodiques** (le magnésium par exemple).

Acier inoxydable	-100
Titane	-150
Inconel	-170
Cupronickel 70-30	-250
Cupronickel 90-10	-280
Bronze ; laiton et cuivre	-360
Plomb	-510
Acier ordinaire ; Fonte	-610
Cadmium	-700
Aluminium	-750

Mécanisme de la corrosion électrochimique :

Une corrosion électrochimique débute à partir du moment où l'état d'équilibre est rompu.

Trois cas sont envisageables :

- **Corrosion par l'oxygène** : les électrons sont captés en présence d'oxygène.
- **Corrosion acide** : les électrons sont captés par les cations H^+
- **Corrosion galvanique** : les électrons sont captés par un métal plus "noble". La zone de métal corrodée sera appelée anode, celle où s'établira le captage des électrons cathode. Il est ainsi créé ce que l'on appellera une **pile de corrosion**.

Cinétique de la corrosion :

Le mécanisme de corrosion comporte trois phases :

- **Dissolution du métal à l'anode.**
- **Transfert des électrons libérés vers la cathode.**
- **Réaction de cathode.**

Cela a pour conséquence de pouvoir **inhiber une corrosion** en ne s'intéressant qu'aux réactions de cathode ou qu'à celles d'anode.

D'autre part la **vitesse de corrosion** est déterminée par la vitesse de réaction de la phase la plus lente : celle d'anode, ou celle de cathode.

Corrosion généralisée ou ponctuelle :

La corrosion électrochimique fait appel à la notion de pile électrique et donc à des échanges de charges électriques et de matière.

Ces quantités de charges échangées permettent de définir qu'une **densité de courant** sera d'autant plus **importante** sur les **zones cathodiques de grandes surfaces**.

Si les **surfaces anodiques sont de grandes dimensions** la **corrosion sera généralisée**, répartie sur une grande surface.

Si le **nombre de sites anodiques est faible**, la corrosion, pour une même surface cathodique se fera en **enlevant les mêmes quantités de matière**.

La dissolution du métal se faisant alors sur une **surface réduite** on aboutira rapidement à une **corrosion perforante**.

La corrosion dite généralisée, est moins dangereuse.