

## CHAPITRE XII b

### LES CORROSIONS

#### Leur formation et leurs conséquences

**Dans les chaudières des locomotives à vapeur, la corrosion s'exerce principalement sur les surfaces en acier en contact avec l'eau.** Elle crée des risques d'incidents graves, risques qu'il faut écarter par de fréquentes visites et par un entretien coûteux.

**D'une manière générale, les eaux d'alimentation incrustantes sont peu corrosives. Par opposition, les eaux peu minéralisées, ainsi que les eaux qui ont été épurées, corrodent sans entartrer.** Cependant, le tartre et la corrosion peuvent se développer simultanément.

#### 1° Causes générales de la corrosion sur acier et principaux types de corrosion

A l'exception de la corrosion caustique fissurante, dite *fragilité caustique*, **toutes les corrosions qui apparaissent sur l'acier des chaudières sont des corrosions d'origine électrochimique.**

L'eau des chaudières contient toujours des quantités, plus ou moins importantes, de sels dissous : c'est un *électrolyte*, enfermé dans une enceinte métallique. Il suffit, par conséquent, qu'il y ait une hétérogénéité locale dans le métal ou le liquide pour que naisse un courant électrique au voisinage de l'hétérogénéité.

Au fonctionnement de la pile ainsi créée, correspond un arrachement du métal à la partie constituant le pôle positif. **Cet arrachement de métal, c'est l'attaque par corrosion.**

A chacune des causes d'hétérogénéité correspond un type particulier de corrosion. C'est ainsi que le contact entre deux métaux différents, le cuivre et l'acier par exemple, donne naissance à **la corrosion dite électrolytique** et que l'érouissage local des plaques tubulaires et des tôles-enveloppes, provoque **la corrosion sous tension.**

De même, il y a **corrosion par aération différentielle** toutes les fois qu'apparaissent et s'entretiennent des différences de concentration en oxygène dissous à proximité de la surface de l'acier.

**Enfin, la corrosion pustulaire** a son origine dans les hétérogénéités provoquées par des défauts physiques ou par des impuretés chimiques de l'acier.

Ces différentes espèces de corrosions peuvent d'ailleurs se superposer les unes aux autres, ce qui complique beaucoup, dans certains cas, la recherche de leurs causes.

Nous allons étudier chacun des types de corrosions ci-dessus énumérées. Nous examinerons la **fragilité caustique** corrosion de nature particulière.

## 2<sup>o</sup> Corrosion électrolytique

**La corrosion électrolytique est due aux courants électriques qui prennent naissance dans les éléments de la pile constituée par un couple cuivre-acier et un électrolyte.**

Sous l'influence de ces courants, le fer se dissout. L'importance de cette dissolution dépend, en première analyse, de la concentration en ions  $H^+$  de l'eau de la chaudière ou, en d'autres termes, du pH de cette eau; elle est augmentée par la présence de certains sels dissous, comme les chlorures par exemple.

Les corrosions de ce type observées sur nos chaudières sont très variées. C'est d'abord la « dissolution » côté eau des têtes de rivets en acier qui assemblent les différentes parties des foyers cuivre. De même la base des tirants verticaux des ciels de foyers en cuivre est souvent fortement attaquée. En principe, ce sont les parties les plus voisines du cuivre qui sont atteintes mais comme la base du tirant est généralement recouverte de tartre, qui joue le rôle d'isolant, c'est à quelques centimètres au-dessus du ciel que l'attaque est maximum. Elle donne au tirant cet aspect particulier qui a fait nommer cette corrosion « *corrosion en diablo* ». Elle atteint des profondeurs de 4 à 5 mm. et réduit dangereusement la résistance des tirants.

La corrosion électrolytique apparaît également, dans les foyers acier :

- sur les plaques de foyer, autour des trous de fixation des entretoises en bronze manganèse, sous forme de gorges circulaires,
- sur les plaques tubulaires, autour des alvéoles recevant les tubes, où elle s'étend parfois en nappes de grandes surfaces et d'une profondeur de 1 à 2 mm.,
- sur les tubes, au ras de la plaque tubulaire, produisant un amincissement du métal pouvant aller jusqu'à la perforation.

Elle est, dans ces deux derniers cas, provoquée par les bagues en cuivre, intercalées entre les alvéoles et les tubes.

## 3<sup>o</sup> Corrosion sous tension.

**Cette corrosion se développe aux endroits où, sous l'action d'efforts de pliage et de flexions alternées, l'acier s'écrouit. C'est une corrosion électrolytique dans laquelle la pile cuivre-acier électrolyt, est remplacée par la pile acier-acier écroui électrolytique et où c'est l'acier écroui qui est attaqué.**

Dans les chaudières de locomotives, on rencontre les corrosions sous tension, dans les arrondis horizontaux et verticaux des plaques tubulaires de foyer et dans les arrondis avant et arrière de la boîte à feu. Ces corrosions formant des sillons continus, de 100 à 200 mm. de longueur et pouvant atteindre 5 à 6 mm. de profondeur.

C'est aussi à la corrosion sous tension qu'il faut attribuer les attaques circulaires qui apparaissent sur certains ciels de foyer côté eau, tout autour des tirants.

## 4<sup>o</sup> Corrosion par aération différentielle.

La corrosion par aération différentielle se manifeste dans un grand nombre de cas et de façon très variée. **Elle est due à une inégale répartition de l'oxygène dissous dans l'eau des chaudières.**

La genèse de cette corrosion a été mise en évidence de la façon suivante par EVANS (d'où le nom d'effet Evans donné à ce phénomène).

Soient deux lames de fer 1 et 2 plongeant dans un électrolyte (une solution de chlorure de sodium par exemple). Un vase poreux C sépare la lame 2 du reste de l'électrolyte. On fait arriver sur la lame 1 de l'air par le tube T, air qui n'atteint pas la lame 2. Un circuit extérieur relie les deux lames et comprend le galvanomètre G. On constate que le métal non aéré se corrode et, qu'à l'intérieur de l'électrolyte, un courant va de 2 vers 1.

**Ainsi dans les corrosions par aération différentielle, ce sont toujours les surfaces en acier où la concentration en oxygène est la plus faible qui sont attaquées.**

Dans la chaudière l'effet Evans se manifeste de plusieurs façons :

a) Les boues qui se forment finissent par se rassembler dans les parties basses.

Or, l'eau des parties basses est déjà moins riche en oxygène dissous que l'eau des parties hautes puisque les conduites d'alimentation débouchent soit légèrement au-dessus, soit légèrement au-dessous du niveau de l'eau et que l'oxygène, peu soluble à chaud, tend à se concentrer dans la chambre de vapeur. La présence d'un écran de boues dans le fond d'une chaudière constituant un obstacle supplémentaire à la libre diffusion des gaz, les surfaces d'acier sur lesquelles ces boues se sont déposées sont en contact avec une solution de moindre concentration en oxygène dissous; elles jouent le rôle de la lame 2 de l'expérience d'Evans et se corrodent plus ou moins rapidement.

C'est ainsi que se produisent, d'une part, les corrosions qu'on observe à la partie inférieure des viroles de corps cylindrique, corrosions qui forment des nappes de grande surface et qui atteignent plusieurs millimètres de profondeur et, d'autre part, les corrosions de la partie inférieure de la boîte à feu, au ras du cadre de foyer ou au ras du cadre de porte.

b) Nous venons de dire que l'oxygène dissous dans l'eau d'alimentation possède une tendance très marquée à se concentrer dans la chambre à vapeur. Il en résulte, entre les deux parties de la surface d'acier situées de part et d'autre du plan d'eau, un effet d'aération différentielle. En effet, la partie inférieure baignée par l'eau de la chaudière est moins oxygénée que la partie supérieure sur laquelle s'effectue un ruissellement continu d'eau dans une atmosphère riche en oxygène. Aussi trouve-t-on des corrosions sur les viroles de corps cylindrique, de part et d'autre de la ligne du niveau d'eau.

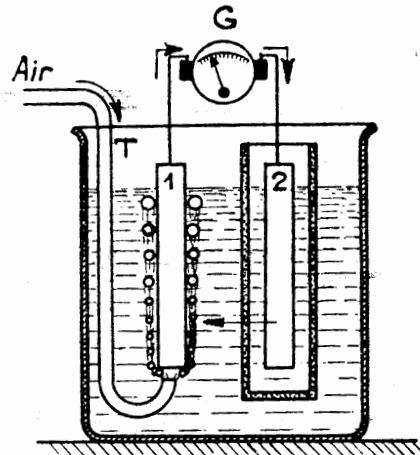
c) Enfin, nombre de corrosions se produisent sous le tartre, parce que celui-ci constitue un revêtement sous lequel l'oxygène accède avec difficulté, d'où également un effet d'aération différentielle.

## 5° Corrosion pustulaire

A l'origine de la corrosion pustulaire on trouve :

- soit **une corrosion électrolytique** due à la présence de petites particules d'impuretés disséminées à la surface de l'acier (sulfure, phosphore) et jouant le rôle du cuivre dans la pile acier-cuivre-électrolyte,
- soit **une corrosion sous-tension** due à des écrouissages superficiels et locaux,
- soit **un effet d'aération différentielle** provoquée par les rugosités, stries de laminage, fentes minuscules en surface de l'acier, formant de petites cavités dans lesquelles la diffusion gazeuse se produit difficilement.

Dans tous les cas, la corrosion amorcée se traduit par une petite cavité, qui se creuse ensuite par effet d'aération différentielle.



Du point de vue pratique, la corrosion pustulaire est caractérisée par le développement, sur les tôles ou sur les tubes, de petits cratères dans lesquels se dépose une poudre noire, de structure feuilletée, constituée par de l'oxyde magnétique de fer. Les cratères peuvent avoir 3 à 4 mm. de profondeur et même traverser quelquefois le métal. Leur croissance est très rapide parce que l'oxyde joue le rôle d'une membrane d'arrêt en regard des phénomènes de diffusion; aussi l'oxygène dissous se raréfie-t-il de plus en plus dans le fond des cratères, ce qui intensifie la corrosion par aération différentielle.

La corrosion pustulaire apparaît de place et place sur les tôles de foyer sans aucune loi précise, mais sur la tubulure elle prédomine à la partie supérieure des tubes. La cause de cette prédominance est peut-être que l'oxyde magnétique, sous l'influence des vibrations et du balayage des bulles de vapeur, a tendance à se détacher des pustules quand les cratères sont dirigés vers le bas, ce qui interrompt le processus d'attaque par aération différentielle.

### 6° Fragilité caustique

**On donne le nom de "fragilité caustique" à une corrosion fissurante qui apparaît sur les pièces ou des surfaces en acier lorsque celles-ci sont à la fois soumises à des tensions d'une certaine intensité et immergée dans des solutions concentrées et chaudes de soude caustique.**

Cette corrosion n'a jamais été observée sur les chaudières des locomotives de la S.N.C.F. mais par contre elle serait assez fréquente aux Etats-Unis. Elle apparaît, en général, dans les coutures rivetées, sous forme de *criques* dont la largeur atteint jusqu'à 5 mm., et qui suivent à peu près la ligne des efforts maximum, c'est-à-dire qui cheminent d'un trou de rivet à un autre, en évitant parfois un ou plusieurs trous, mais sans jamais se prolonger au delà du recouvrement.

Cette corrosion caustique fissurante est particulièrement dangereuse parce que ses débuts échappent à l'examen le plus attentif. L'attaque est intercrystalline, elle chemine en profondeur en évitant le corps des cristaux.

La fin du phénomène est un arrachement qui survient d'une manière brutale aussitôt que la fissure intercrystalline a suffisamment affaibli le métal pour que les contraintes de tension puissent provoquer la rupture.

En principe la corrosion caustique fissurante ne peut se produire que si, simultanément, les tensions auxquelles est soumise la tôle sont au moins égales à la limite élastique et si la concentration en soude de l'eau de chaudière atteint environ 100 gr. par litre.

**Il a été remarqué que certains produits : nitrate et phosphate de sodium, dérivés du bois tels que lignine ou tanin, jouent le rôle d'inhibiteurs vis-à-vis de cette corrosion.**

**Dans l'ensemble, on voit que, comme l'entartrement, la corrosion provoque de nombreuses avaries aux chaudières et, par suite, grève considérablement l'entretien de celles-ci.**

La suppression de la corrosion est donc nécessaire au même titre que la suppression de l'entartrement.

Il fallait trouver, à chacun de ces problèmes, une solution qui ne soit pas incompatible avec la solution de l'autre.

**Il est maintenant démontré que cela est possible depuis la mise au point du traitement intégral des eaux d'alimentation des chaudières.**