

Cours 4 Processus évolutifs d'une défaillance

I – PROCESSUS EVOLUTIFS D'UNE DEFAILLANCE MECANIQUE :

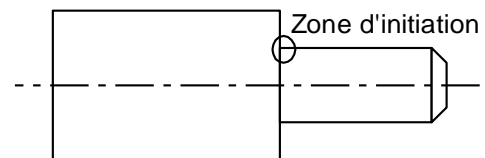
Chaque mode de défaillance dégrade un organe mécanique selon un **processus d'évolution** spécifique. Cependant, il est fréquent que plusieurs modes s'enchaînent suivant le processus :

INITIATION → PROPAGATION → RUPTURE

1. A l'**initiation**, se trouvent souvent un défaut « santé matière », un défaut de conception, de fabrication et / ou une cause extrinsèque (choc, surcharge fugitive).
2. La **propagation** s'opère par des modes de défaillance en fonctionnement, tels que la fatigue, l'usure, etc.
3. La **perte de bon fonctionnement** intervient généralement de façon accélérée, consécutive à la propagation dans le temps ou de façon soudaine.

Exemple : rupture d'un arbre de transmission :

1 – Initiation : 2 causes ont été nécessaires : un défaut de conception classique, le « concepteur » ayant déterminé un épaulement vif et le « calculateur » ayant omis les concentrations de contrainte dans cette zone. Une surcharge fugitive (ex : à coup au démarrage) entraîne un moment de torsion supérieur à celui en régime nominal.



2 – Propagation : par fatigue en torsion alternée. La fissuration s'étend progressivement, réduisant peu à peu le moment quadratique de la section.

3 – Rupture soudaine, entraînant la perte de fonction ; ici la non transmission du couple.

→ **Maintenance corrective :** elle consiste, à partir de l'expertise précédente, à éviter le renouvellement de cette défaillance. Ici, il suffira de recalculer la pièce en tenant compte des concentrations de contraintes, et de reconcevoir la pièce en ajoutant une gorge, correctement raccordée à l'épaulement et soigneusement usinée.

II – LES DEFAILLANCES ELECTRIQUES :

- **Rupture de liaison électrique :** c'est le plus souvent la conséquence d'une cause extrinsèque (choc, surchauffe, vibration).
- **Collage ou usure des contacts :** les contacts, par différents modes de défaillances, sont souvent les « maillons faibles » d'un circuit électrique.
- **Claquage** d'un composant, tels que des résistances, des transistors, etc.

Ces modes de défaillances présentent un caractère catalectique qui les rend difficile à prévenir.

Par contre, il est possible d'agir sur les phénomènes extérieurs qui les génèrent, tels que les actions thermiques et vibratoires.

Dans le domaine électronique, le « **déverminage** » a pour but d'éliminer les composants ayant un point faible qui risquerait d'apparaître en fonctionnement.

Cours 4 Processus évolutifs d'une défaillance

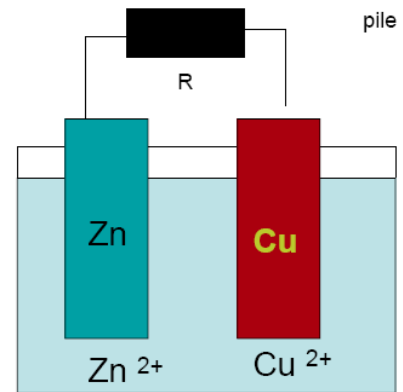
III – LES CORROSIONS :

La corrosion est une réaction chimique (dite sèche) et électrochimique (dite humide) entre un métal (ou un alliage) et un réactif liquide ou gazeux. Les formes de corrosion les plus connues sont la rouille (alliages ferreux) et le vert-de-gris (alliages cuivreux).



31 – La corrosion électrochimique :

Elle repose sur le principe de la pile. Un métal formant l'anode, l'autre la cathode. C'est le métal le moins « noble » (électronégatif) qui subit la corrosion.



	METAUX ELECTROPOSITIFS				METAUX ELECTRONEGATIFS					
	Argent	Nickel	Cuivre	Laiton	Fonte	Acier	Aluminium	Cadmium	Chrome	Zinc
Argent					600	650	740	750	850	1050
Nickel					520	570	660	670	770	970
Cuivre					380	430	520	530	630	830
Laiton						350	440	450	550	750
Fonte	600	520	380							450
Acier	650	570	430	350						400
Aluminium	740	660	520	440						310
Cadmium	750	670	530	450						

Cours 4 Processus évolutifs d'une défaillance

Chrome	850	770	630	550			
Zinc	1050	970	830	750	450	400	310

Le tableau précédent représente les différences de potentiels (mV) de quelques couples de métaux. Au dessus de la zone grisée, le métal sur l'échelle horizontale est attaqué. En dessous de la zone grisée, le métal sur l'échelle verticale est attaqué.

Ex : couple Cuivre / Zinc : ddp = 830mV → le zinc est oxydé.

32 – Facteurs de corrosions :

Facteurs liés à l'ambiance : il est impossible de dresser la liste exhaustive de ces facteurs. Cependant, ceux ayant les effets les plus importants sont le pH, la température et la concentration du réactif.

Facteurs liés au support : ils sont propre aux matériaux eux-mêmes (composition, traitements thermiques, mécaniques, de surface) ou résultent de la conception et des conditions d'utilisation (formes, compatibilité des matériaux, sollicitations mécaniques, modes d'assemblage).

L'analyse d'une corrosion doit donc prendre en compte les 3 aspects qui la caractérisent :

- **Le matériau** : alliages ferreux (aciers, fontes), alliages cuivreux (laiton, bronze, maillechort), alliages à base d'aluminium, de zinc, aciers inoxydables, etc.
- **Le réactif** : l'air, l'eau de mer, les acides, les bactéries et moisissures, les particules solides, etc.
- **Le mode** : corrosion uniforme, par piqûres, par plaques, profonde, inter granulaire, sélective, etc.

33 – Les modes de corrosion :

La corrosion peut se manifester sous 2 formes :

- **Visibles** : rouille des métaux ferreux, vert-de-gris des alliages de cuivre, ternissement de l'aspect pour les alliages d'aluminium ou d'argent.
- **Non visibles** : elles ne se constatent que lors d'un examen micrographique au microscope ou d'une rupture. Elles sont rarement accompagnées d'une perte de masse.

En fait, les corrosions réelles ne sont pas si simples. Une pièce peut subir une corrosion uniforme et aisément observable et développer simultanément une corrosion inter granulaire (donc invisible à l'œil) qui est beaucoup plus menaçante pour sa résistance mécanique.

Cours 4 Processus évolutifs d'une défaillance

331 – La corrosion uniforme :

C'est le mode de corrosion le plus rencontré. La corrosion est toujours extérieure. Il se forme une couche d'oxyde en surface (ex : rouille). La vitesse de propagation de la corrosion dépend de nombreux paramètres comme l'agressivité du milieu ambiant, la température, les contraintes mécaniques, l'état d'origine du métal.

Lorsque la couche d'oxyde est homogène, elle devient alors une enveloppe protectrice : c'est le cas pour l'aluminium, l'argent ou le chrome.

Quand la couche est hétérogène, celle-ci augmente le volume de la pièce, forme des écailles qui, en se détachant, permettent la poursuite du processus jusqu'à destruction complète.

Remèdes : choix de matériaux, protection cathodique, modification du milieu réactif, protection.

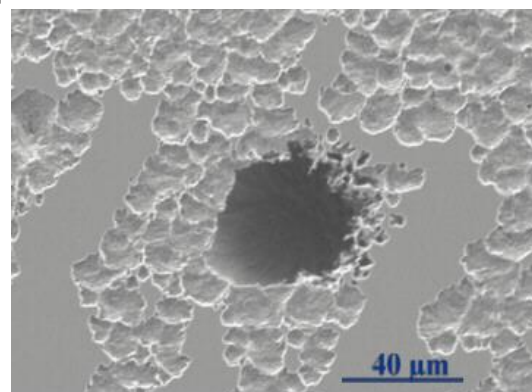
Un cas particulier de cette corrosion est la **corrosion par plaques** qui est une corrosion uniforme à un stade peu avancé. Le développement par plaques peut être dû à une défaillance ponctuelle de la protection ou à un milieu localement particulier (fuite en goutte à goutte dans une canalisation).

Remèdes : choix de matériaux, suppression de la cause directe, protection cathodique, modification du milieu réactif, protection.

**332 – La corrosion par piqûres :**

Elle est beaucoup plus grave que la précédente puisque difficilement repérable. La dégradation du matériau se fait essentiellement en profondeur et peut progresser très rapidement sans altérer la surface ou, tout au plus, provoquer de petites boursouflures qui permettent alors un diagnostic.

Cette corrosion concerne principalement les aciers inoxydables mais altère aussi le chrome, l'aluminium, le cobalt ou le cuivre.



Observation au Microscope Electronique à Balayage de piqûres de corrosion observées dans du Ni massif plongé dans de l'eau de mer.

Cours 4 Processus évolutifs d'une défaillance

Remèdes : choix de matériaux, suppression de fluides stagnants ou de dépôts, abaissement de la température.

333 – Corrosion caverneuse :

Elle se développe plutôt dans des petits volumes formés par les formes des pièces et favorables à l'accumulation de dépôts et de solutions réactives concentrées.

C'est une corrosion ponctuelle, lente mais difficilement observable directement.

Remèdes : nettoyages fréquents, remplacements des assemblages vissés ou rivetés par des assemblages soudés, emploi de joints non poreux. En général, éviter les petites cavités.

334 – Corrosion inter granulaire :

C'est une corrosion qui n'affecte que les grains formant la matière. Elle est causée par la présence d'impuretés dans l'alliage (ex : fer dans l'aluminium) qui, affecté, se désagrège. La corrosion se propage de joint en joint, détruisant la cohésion de l'alliage qui perd toutes ses caractéristiques mécaniques.

Remèdes : qualité (pureté) des matériaux, protection cathodique, modification du milieu réactif.

335 – Corrosion atmosphérique :

On la rencontre essentiellement dans les infrastructures extérieures. Elle concerne les métaux ferreux, les alliages cuivreux, le zinc, l'aluminium. La corrosion profite des alternances de périodes humides et sèches qui favorisent l'action des polluants souvent rencontrés en milieu industriel comme les composés azotés, soufrés ou la vapeurs acides.

Les poussières jouent aussi un rôle important puisque sous celles-ci, par manque d'aération, des piqûres ou des crevasses peuvent se développer.

Remèdes : lavage, dépoussiérage, entretien par renouvellement de la protection, choix des matériaux.

336 – Corrosion bactérienne :

Les bactéries, présentes dans les canalisations d'eau ou dans les systèmes de lubrification, ne corrodent pas directement les métaux, mais modifient les conditions environnementales. Elles peuvent atténuer la résistance du métal à la corrosion, rendre plus agressif le réactif, ou altérer l'action d'un éventuel additif visant à prévenir toute corrosion.

Ex : les huiles de coupe et les eaux industrielles contiennent souvent des « ferrobactéries » se divisant toutes les 20 minutes (1 bactérie donne naissance à 1 milliard de bactéries en 12 heures).

Les conséquences peuvent être tous types de corrosions en fonction des conditions.

Remèdes : emploi de produits bactéricides.

Cours 4 Processus évolutifs d'une défaillance

337 – La corrosion galvanique :

Elle est la principale manifestation de la corrosion électrochimique. Elle est d'autant plus importante que les métaux en contact ont des ddp opposées.

Deux métaux de natures différentes sont réunis par une solution aqueuse conductrice (électrolyte) et forment une pile (transfert d'ions de l'anode métallique).

L'ampleur et la rapidité de propagation de la corrosion sont étroitement liées à la conductibilité électrique du milieu.

Remèdes : choix des couples métalliques, conductibilité du milieu.

**338 – La corrosion électrique :**

Sous l'effet de « courants vagabonds », 2 surfaces métalliques voisines peuvent être soumises à une différence de potentiels suffisante pour créer un arc électrique, entraînant une abrasion.

Les origines peuvent être une mauvaise mise à la terre, des courants induits sur les machines électriques, des charges électrostatiques provenant de frottements (courroies, textiles, etc.).

La corrosion électrique concerne des systèmes comme les canalisations, les citernes métalliques, les câbles, les structures des ponts métalliques.

Les courants vagabonds les plus agressifs sont les courants continus. Les dégâts peuvent aller jusqu'à une fusion locale du métal.

Remèdes : mise en place d'un conducteur électrique de faible résistance en // du métal à protéger, protection cathodique des canalisations, pose d'éléments isolants.

339 – Corrosion par frottement ou fretting corrosion :

Quand 2 pièces sont maintenues sous pression l'une contre l'autre et soumises à des vibrations ou des mouvements de l'ordre du micromètre, le lubrifiant entre les 2 pièces est chassé localement. On aboutit alors à la soudure des éléments entre eux avec formation d'oxyde de fer.

Ex : roulements de roues de voitures transportées freins serrés sur des camions.

Remèdes : emploi de lubrifiants adaptés, augmentation de la dureté des éléments en présence, systèmes d'absorption des vibrations, diminution de l'humidité, diminution des contraintes, augmentation de l'amplitude des mouvements.

340 – Corrosion par cavitation, érosion ou abrasion :

Le facteur prépondérant est le caractère dynamique d'un fluide par rapport à un organe (pale, aube, turbine, chemise, chambre de combustion, etc.).

Cette forme de corrosion concerne tous les alliages et principalement ceux à faible ductilité (ductile se dit d'un matériau qui peut être étiré sans se rompre, s'oppose à fragile).

Par effets de turbulences provoquant frottement et usure, la couche continue d'oxyde, qui protège habituellement certains métaux dans des conditions statiques, est détruite dynamiquement et permet une corrosion rapide et continue.

Remèdes : choix et traitement des matériaux, diminution de l'agressivité du fluide, conception des formes.

Cours 4 Processus évolutifs d'une défaillance

341 – Corrosion sous tensions mécaniques :

Contrairement aux contraintes de compression qui auraient plutôt un rôle protecteur, les contraintes de traction, alliées à un environnement corrosif, peuvent provoquer des fissures sur tous types de matériaux.

Les alliages métalliques sont surtout concernés, mais ce phénomène peut aussi se rencontrer sur des plastiques, des composites et même sur le verre.

Ces fissures, difficilement détectables et pouvant aller jusqu'à la rupture de l'organe affecté, constituent un problème majeur pour la sécurité des installations.

Cette corrosion sous tensions mécaniques affecte aussi des pièces n'étant pas soumises à d'importantes contraintes mécaniques mais ayant subi un traitement thermique vigoureux. Dans ce cas, ce sont les tensions internes qui peuvent être responsables du phénomène.

Remèdes : choix des matériaux, protection cathodique, dimensionnement des éléments, traitements thermiques de détente.

342 – Corrosion par fatigue :

Elle se rencontre dans les cas de pièces subissant à la fois un milieu agressif et des contraintes mécaniques variables. Comme la corrosion sous tensions mécaniques, elle peut conduire à la rupture des pièces atteintes.

C'est ce qu'il s'est produit au début des années 1980 avec la rupture de la structure d'une plate-forme de forage en mer du Nord.

Remèdes : traitements thermiques de détente, durcissement superficiel par des traitements mécaniques comme le grenailage.

343 – La corrosion chimique :

La mise en contact fortuite ou normale, temporaire ou permanente, d'équipements avec des produits agressifs entraîne une corrosion chimique : réaction chimique avec perte régulière de matière, formations de piqûres, fissuration par corrosion. Les agents corrosifs peuvent être des acides, des détergents voire même des lubrifiants (dont la mission est la protection des surfaces mais dont les additifs créent certaines incompatibilités et dont l'oxydation produit des acides).

**344 – Conclusion :**

A chacune de ces familles de corrosion correspondent des symptômes et des remèdes particuliers. Le technicien de maintenance, après avoir observé au mieux les symptômes et analysé les conditions d'apparition de la dégradation, doit se référer à des spécialistes pour la préconisation d'actions correctives ou préventives efficaces.

Les lois de dégradation dues à des corrosions sont moins bien connues que les lois d'usure. De nombreux paramètres sont en cause, et la méthode expérimentale semble la mieux adaptée pour connaître les vitesses de corrosion.

Cours 4 Processus évolutifs d'une défaillance

IV – PROTECTIONS CONTRE LA CORROSION :

Suivant les enjeux, en termes de sécurité et de coûts, et l'importance de la corrosion, il existe une grande variété de moyens pour lutter contre ou se protéger de la corrosion.

Il est rarement aisé de modifier l'agent corrodant. Cependant, l'adjonction d'inhibiteurs directement dans le réactif diminue sa capacité à corroder les matériaux. Ce moyen indirect de lutte contre la corrosion peut également participer à la diminution d'autres modes de dégradation (ex : déminéralisation d'un fluide en circuit fermé, dessalement de l'eau de mer pour circuit de refroidissement secondaire d'un réacteur nucléaire).

Néanmoins, il n'y a pas de métal totalement inaltérable et la résistance à la corrosion est la combinaison de différents paramètres ou précautions choisis. On peut distinguer en 5 catégories les moyens de lutte et de protection agissant directement sur les organes à protéger :

- les protections électrochimiques
- les traitements thermochimiques
- les revêtements métalliques
- les revêtements non métalliques
- les matériaux inoxydables

41 – Les protections électrochimiques :**La protection cathodique**

La protection cathodique repose sur le principe de la pile. Il s'agit de détourner l'action corrosive de son milieu vers une anode attaquée de manière continue. L'anode peut être un métal électronégatif ou être obtenue en utilisant une source électrique délivrant un courant continu entre le métal à protéger et une anode auxiliaire.

La protection cathodique est appliquée sur les canalisations (avec des blocs de zinc), les réservoirs et cuves enterrés, certains ouvrages en béton armé. Elle offre à la fois une action préventive et une action curative dans le sens où elle peut stopper l'évolution de la corrosion.

En utilisant des anodes de zinc ou de magnésium, on protège la coque des navires au voisinage de l'hélice en alliage cuivreux ou les installations portuaires.

L'oxydation anodique (passivation)

Obtenue par électrolyse, principalement sur les alliages d'aluminium, l'oxydation anodique permet de provoquer une couche protectrice d'oxydation. Elle est réalisée dans des bains d'acide sulfurique.

L'oxydation chimique

L'oxydation chimique est destinée aux alliages de magnésium et reprend les mêmes principes (dans ce cas c'est un bain d'acide nitrique) et objectifs que l'oxydation anodique, mais la couche protectrice obtenue est généralement moins épaisse et moins efficace.

42 – Les traitements thermochimiques :

Cours 4 Processus évolutifs d'une défaillance

Les traitements thermochimiques sont à répartir en 2 catégories :

- actions par modification de la couche extérieure
- actions par diffusion

Actions par modification de la couche extérieure

La phosphatation : elle est réservée aux alliages ferreux. L'immersion des pièces à traiter dans un bain d'acide phosphorique leur confère un pouvoir plus accrochant pour la peinture (méthode très utilisée dans l'industrie automobile). Ainsi, la protection contre la corrosion est mieux assurée.

Le brunissage : comme la phosphatation, le brunissage est pratiqué dans un bain d'acide phosphorique, mais ce peut être également un bain d'acide sulfurique. Après traitement, les pièces sont recouvertes d'une fine pellicule d'oxydes noirs. Sans être une véritable protection contre la corrosion, le brunissage en retarde considérablement l'apparition.

Actions par diffusion

Ces traitements thermochimiques visent à modifier la partie superficielle des pièces traitées. Ainsi, la peau des pièces bénéficie conjointement des caractéristiques du métal dont elles sont constituées et de celles de l'élément ajouté.

La cémentation : dans ce cas, l'élément diffusé est le carbone qui, après la trempe systématiquement consécutive au traitement de diffusion, améliore sensiblement la dureté des pièces traitées. Un revenu en troisième opération permet de conserver la dureté périphérique et la résilience à cœur.

La nitruration : elle a le même but que la cémentation, mais dans ce cas, les nitrures très durs formés par l'apport d'azote ne nécessitent pas de traitement ultérieur.

La carbonitruration : association de la cémentation et de la nitruration par un apport de carbone et d'azote.

La sulfonitruration : dans le cas de la sulfonitruration, le but principal n'est pas l'amélioration de la résistance à la corrosion. L'apport de soufre permet d'améliorer sensiblement la résistance au grippage, stade ultime d'une dégradation par frottement.

La shérardisation, la chromisation et la calorisation apportent respectivement du zinc, du chrome, de l'aluminium. En fonction de la nature de la pièce traitée, ces apports contribuent à une augmentation, entre autres, de la résistance à la corrosion.

43 – Les revêtements métalliques :

Leur principe est de recouvrir les pièces traitées d'un métal plus résistant à la corrosion. L'épaisseur du dépôt est de quelques micromètres et l'adhérence doit être parfaite. Tous ces procédés supposent une préparation soignée du support. Quatre procédés sont employés :

- par électrolyse (transfert d'ions métalliques par l'intermédiaire d'un bain)
- par trempage (immersion dans un bain de métal en fusion)
- par projection (métallisation au pistolet ou shoopage)
- par placage (laminage simultané de feuilles de métaux différents)

La galvanoplastie

Cours 4 Processus évolutifs d'une défaillance

C'est une méthode électrolytique qui permet un dépôt sur la pièce à traiter (cathode) par transfert d'ions métalliques provenant d'une anode qui se dissout. La galvanoplastie présente l'avantage de contrôler avec précision l'épaisseur de la couche de métal déposé.

Le zingage électrolytique

Il peut se substituer à la galvanisation à chaud avec des résultats similaires.

L'étamage électrolytique

Très connu pour le traitement des boîtes de conserve, cette protection contre la corrosion autorise des dépôts d'étain en couches minces.

Le nickelage et le chromage électrolytique

Ils sont essentiellement destinés à la protection du cuivre et de l'acier. Le film protecteur obtenu présente une très bonne résistance aux sollicitations mécaniques.

Le cadmiage électrolytique

Dans l'industrie, on le préfère de plus en plus au chromage industriel mais sa principale destination reste la protection contre la corrosion d'organes évoluant en atmosphère saline.

Le revêtement par trempage

La protection se fait par immersion des pièces dans un bain de métal fondu. Ce procédé nécessite que les deux métaux aient des points de fusion fort éloignés.

La galvanisation à chaud

Le zinc est le métal le plus employé pour protéger les métaux ferreux, aciers et fontes. Il autorise des films relativement épais sur des tôles et sur du fil. On peut lui associer étain ou aluminium.

L'argenture à chaud

Ce revêtement est essentiellement réservé aux pièces en maillechort devant résister à des efforts importants et/ou répétés (contacts électriques). L'argenture à chaud est également très utilisée en orfèvrerie. L'argenture des miroirs n'est pas obtenue par ce procédé mais par argenture électrolytique.

L'étamage

Essentiellement réservé à la protection contre la corrosion des pièces en cuivre.

Le plombage

Le plombage est employé pour protéger les cuves devant contenir de l'acide sulfurique.

L'aluminiage.

Il permet des revêtements aux qualités de l'aluminium : bonne résistance à la corrosion et ductilité.

La métallisation par projection

Le procédé consiste à projeter, à l'aide d'un pistolet, un métal en fusion sous forme de gouttelettes sur les pièces à traiter. Il est utilisable avec la plupart des métaux et alliages, améliorant la résistance à la corrosion. L'attraction par la pièce traitée du métal projeté est améliorée par cataphorèse (la cataphorèse est une couche préalable de peinture sur un métal qui a des propriétés anticorrosives).

Le placage

Cours 4 Processus évolutifs d'une défaillance

C'est en quelque sorte un procédé d'obtention de matériaux composites. Des feuilles de métaux différents sont laminées ensemble et la liaison est obtenue par diffusion au niveau du plan de joint sous l'effet de la pression et de la chaleur. Les tôles ainsi élaborées possèdent les qualités mécaniques de l'âme et les propriétés anticorrosion des métaux enveloppes.

44 – Les revêtements non métalliques :

Ils permettent de manière économique de protéger un métal de manière provisoire ou définitive avec une mise en œuvre généralement simple. Certains ont une action curative.

L'enrobage

C'est un moyen de protection temporaire (stockage, mise en attente, hivernage ou mise en conservation). Les produits utilisés sont la graisse, l'huile, la cire ou la paraffine, la cellulose. Les deux derniers sont appliqués par bain.

Le revêtement plastique

Le dépôt de ces matières (généralement du PVC) est également appelé gainage. Il est effectué par bain ou par projection et permet de protéger des pièces en acier (fil pour clôtures), en cuivre (tuyaux de plomberie).

Le revêtement par peintures, vernis ou laques

C'est sans conteste le procédé de protection le plus répandu contre les agressions du milieu extérieur. L'application de ces produits est simple, peu onéreuse. Leur efficacité est très convenable dans des conditions d'utilisation ordinaire mais largement dépendante des conditions d'application : préparation des supports, température, hygrométrie, procédés (pinceau, rouleau, immersion, projection au pistolet, par cataphorèse).

De plus, certaines peintures, dites peintures antirouilles, contiennent des pigments agissant comme inhibiteur de corrosion.

L'émaillage

L'émaillage est effectué dans un bain et se limite désormais essentiellement aux articles ménagers. Les pièces traitées possèdent une très grande résistance à la corrosion mais sont particulièrement sensibles aux chocs.

L'isolation électrique

Dans un milieu favorable, la corrosion peut s'installer lors de l'établissement d'un couple électrique entre deux métaux aux potentiels opposés.

Il est possible de faire obstacle à la réaction électrochimique par insertion d'isolants électriques entre les deux pièces.

45 – Les matériaux inoxydables :

Le recours à ces matériaux ne constitue pas un moyen de lutte contre la corrosion mais, permettant d'éviter le phénomène, leur emploi constitue une mesure de prévention. Dans un système fonctionnant en milieu agressif, remplacer, lors de la conception ou lors d'une intervention de maintenance, un organe corrodable par son équivalent en matière inoxydable revient à éliminer une cause probable de dégradation.

Il y a 3 principales familles de matériaux inoxydables utilisables industriellement : les plastiques, les matériaux composites et les alliages inoxydables.

Les plastiques

Cours 4 Processus évolutifs d'une défaillance

Grâce à leur variété sans cesse enrichie, leur remarquable résistance à la corrosion, la stabilité de leurs importantes caractéristiques mécaniques, physiques et dimensionnelles, les plastiques sont des matières devenues incontournables en conception.

Les matériaux composites

Ils sont comparables aux plastiques avec des caractéristiques mécaniques plus importantes encore. Cet avantage est obtenu grâce à l'association de composants non miscibles dont les qualités se complètent et donnent ainsi un matériau aux caractéristiques supérieures à celles des composants.

Les alliages inoxydables

L'emploi de métaux à base d'aluminium (duralinox, duralumin, alpax), de zinc (zamak), de cuivre (bronzes, laitons, maillechort), permet de conférer à la construction une résistance accrue à la corrosion. Néanmoins, il est nécessaire de porter une attention particulière à la compatibilité des métaux entre eux afin que ne se déclare pas une réaction électrochimique.

Le chrome, le nickel, le molybdène, le titane et le niobium confèrent aux aciers une remarquable résistance à la corrosion. Cependant, dans certaines conditions, ils peuvent être victimes de corrosions de type inter granulaire, par piqûres, ou sous tension.

Les aciers inoxydables sont utilisés dans tous les domaines : transports, industries nucléaires et pétrochimiques, agroalimentaires, appareils électroménagers, etc.

46 – Conclusion :

A chaque type de corrosion correspondent quantité de paramètres (réactif, métal, temps, vitesse, contraintes, etc.). Cependant, l'observation des symptômes et une analyse fine de la situation permettent de trouver des remèdes.

A cause de ces nombreux paramètres, les lois de dégradations dues à des corrosions sont plus délicates à exprimer que les lois d'usures. Bien souvent, la méthode expérimentale est la plus adaptée pour connaître l'évolution d'une corrosion et les éventuels moyens de protection.

Cours 4 Processus évolutifs d'une défaillance

Principe	Méthode	Procédé	Applications
Protection électrochimique	Protection cathodique	Électrolyse	Cuves et canalisations enterrées, profilés, protection alliages de Mg, bâtiment, const. navale...
	Oxydation anodique	Électrolyse	
	Oxydation chimique	Électrolyse	
Protection thermochimique	Modification de la couche extérieure	Phosphatation Brunissage	Prép. supports avant peinture, ind. automobile, visserie, pièces de machine, robinetterie, industrie chimique, bâtiment...
	Diffusion	Cémentation Nitruration Carbonituration Sulfonituration Shéradisation, chromisation et calorisation	
Revêtements métalliques	Galvanoplastie	Zingage Étamage Nickelage et chromage Cadmilage	Pièces mécaniques, bâtiment, orfèvrerie, plomberie, industrie chimique...
	Trempage	Galvanisation Argenture Étamage Plombage Aluminiage	
	Projection	Cataphorèse	
	Placage	Laminage	
Revêtements non métalliques	Enrobage	Huile et graisse Cire - paraffine Cellulose	Stockages, transport, clôtures, pièces de machines, charpentes métalliques, génie civil...
	Revêtement plastique	Immersion	
	Organiques	Peintures Peintures antirouille Vernis Laques	
	Émaillage	Immersion	
	Isolation	Construction	
Matériaux inoxydables	Plastiques		Construction métallique, industries nucléaire et pétrochimique, agroalimentaire
	Matériaux composites		
	Alliages inoxydables		