

2-2- Les lois de dégradations

2-2-2- Mécanisme et loi de l'usure

a- Définition de dégradation :

C'est un _____ (Petit Robert).

Un matériel qui subit une dégradation voit ses _____ progressivement. S'il n'y a pas d'intervention, ce processus irréversible peut se poursuivre jusqu'à la destruction complète.

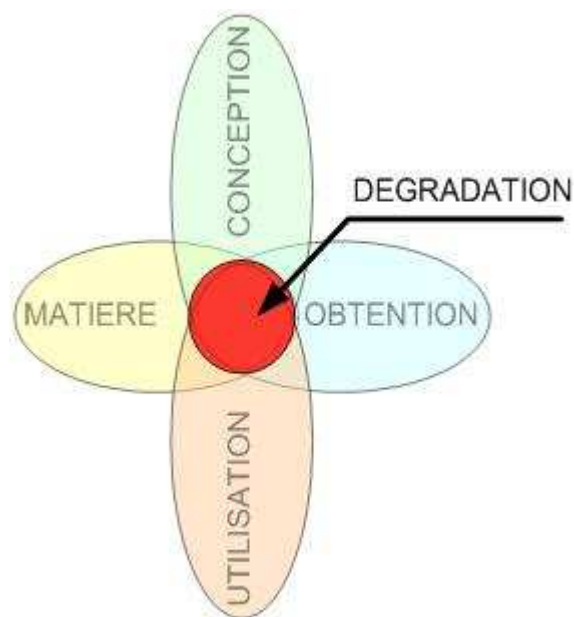
Cependant, le caractère progressif des dégradations s'accompagne généralement de _____ qu'il faut pouvoir déceler.

Les processus de dégradation concernent essentiellement les parties mécaniques des systèmes.

b- Les causes de dégradation

Les dégradations sont la résultante de 4 paramètres :

- _____ utilisée pour les composants
- _____ d'obtention des composants
- _____ du système
- _____ d'utilisation



c- La Matière

Toutes les matières sont en fait des alliages, la répartition des différents constituants n'est pas identique en tout point.

La matière est _____.

Les matières subissent aussi un vieillissement naturel, la vitesse de manifestation est liée aux conditions environnementales.

Ce vieillissement peut entraîner fissures, pertes de résistances, etc. ; ce qui entraîne une accélération de l'usure.

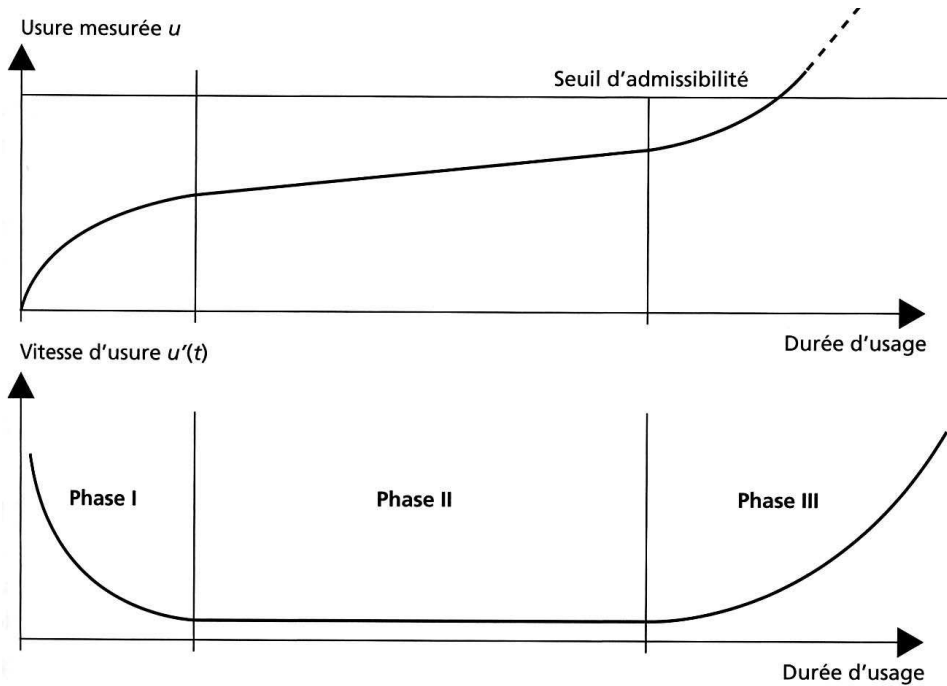
Le procédé d'obtention

Ce sont des procédés « traumatisants » pour la matière : par déformation, emploi de hautes températures, moyens de coupe (moulage, extrusion, emboutissage, forgeage, estampage, soudage et usinage).

- **Déformation et hautes température** : formation de contraintes internes à la matière qui ont tendance à s'atténuer avec le temps, modifiant ainsi le comportement des pièces. Dans le cas des matériaux ferreux, ces procédés favorisent l'oxydation. L'assemblage des pièces par soudage crée des déséquilibres structuraux localisés liés à des échauffements intenses dans des zones réduites.
- **Usinages** : ces opérations sont pratiquées sur des pièces ayant subi le choc de l'élaboration. Les matériaux métalliques sont constitués de fibres formées lors des opérations d'obtention. Les opérations d'usinage tranchent ces fibres et altèrent la structure de la matière cela entraîne une fragilisation dans le temps et peut provoquer des fissures conduisant à la rupture.

d- Dynamique de l'usure des lois de dégradation :

L'usure est progressive mais non constante. Elle se décompose en 3 phases présentant chacune une allure différente :



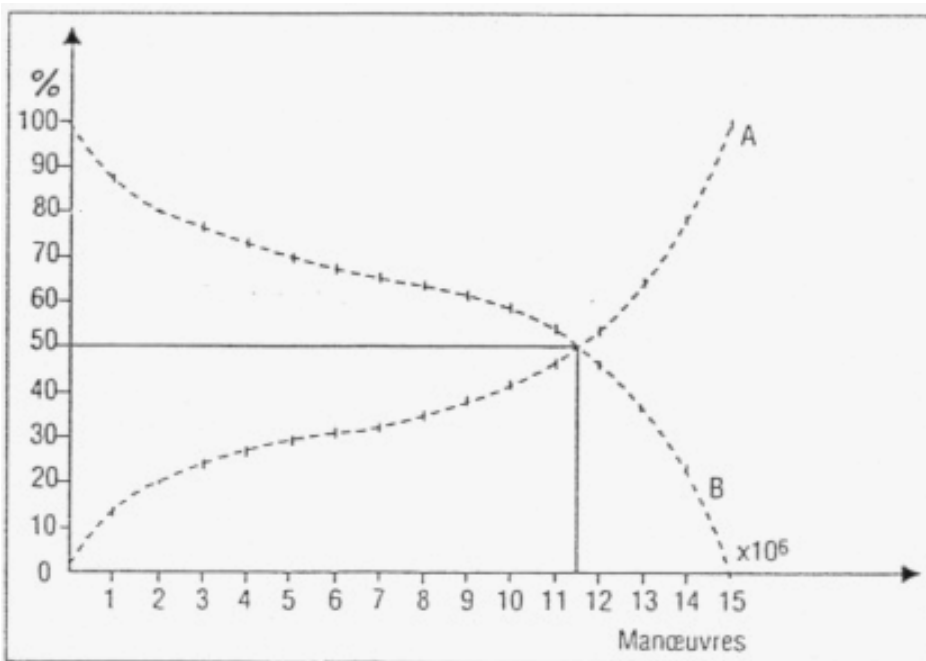
A partir de 2 surfaces initiales :

Phase I : _____ au cours duquel l'usure est relativement rapide..

Phase II : représentative _____, stable et linéaire dans le temps..

Phase III : _____. Au cours de cette phase, l'usure des surfaces en présence s'accélère.

Le graphique de dégradation



Courbe A : Courbe de défaillance

Courbe B : Courbe de suivi ou courbe de fiabilité.

2-2-3- Les corrosions

Les formes de corrosion les plus connues sont la rouille (alliages ferreux) et le vert-de-gris (alliages cuivreux).



a- La corrosion uniforme :

(ex : rouille).

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 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.

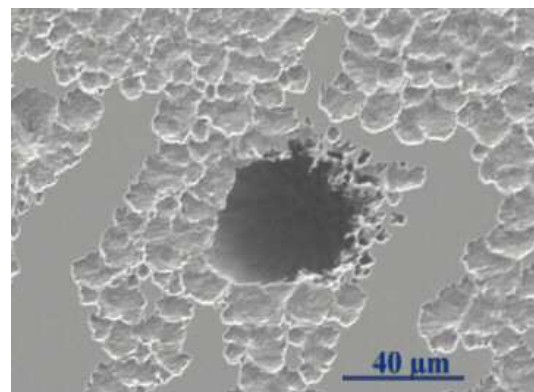
b- La corrosion par piqûres :

Elle est beaucoup plus grave que la précédente puisque difficilement repérable.

et progresse 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.

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



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

c- Corrosion caverneuse :

Elle se développe plutôt _____.

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.

d- Corrosion inter granulaire :

Elle est causée _____ (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.

e- Corrosion atmosphérique :

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.

f- Corrosion bactérienne :

Les bactéries peuvent _____

_____ visant à prévenir toute corrosion.

Ex : les huiles de coupe et les eaux industrielles contiennent souvent des « ferro-bactéries » 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.

g- La corrosion galvanique :

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 (_____) et forment _____ (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.



h- La corrosion électrique :

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

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.).

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.

i- Corrosion par frottement ou fretting corrosion :

Quand 2 pièces sont _____ de l'ordre du micromètre, le lubrifiant entre les 2 pièces est chassé localement. On aboutit 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.

j- 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).

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

k- Corrosion sous tensions mécaniques :

Les contraintes de _____, peuvent provoquer des fissures sur tous types de matériaux.

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

Cette corrosion affecte aussi des pièces ayant subi un traitement thermique vigoureux.

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

l- Corrosion par fatigue :

Les pièces subissent à la fois _____ . 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.

m- La corrosion chimique :

La mise en contact _____ entraîne une corrosion chimique : formations de piqûres, fissuration par corrosion.

Les agents corrosifs peuvent être des acides, des détergents voire même des lubrifiants (dont les additifs créent certaines incompatibilités et l'oxydation produit des acides).



n- Conclusion :

A chacune de ces familles de corrosion correspondent des symptômes et des remèdes particuliers. Le technicien de maintenance, après avoir _____ et

_____ de la dégradation, doit

_____ efficaces. la méthode expérimentale semble la mieux adaptée pour connaître les vitesses de corrosion.

2-2-4- L'environnement

a- La conception

Une conception imparfaite accélère la dégradation.

- Une prise en compte insuffisante _____ (milieu ambiant, température, pression, etc.) peut favoriser la dégradation de matières inadaptées.
- Des _____ rendent incompatibles les formes de la pièce et les contraintes qu'elle doit subir.
- Un _____ peut exposer certains organes à des agressions internes ou externes au système (chocs, fuites, température, etc.).
- Les _____ peuvent conduire à une amplification de la dégradations de composants.

Des cas de dégradation trouvent leur origine lors des _____, etc...

b- L'utilisation

Lors des phases d'utilisation, c'est le non respect des consignes et des préconisations qui est la raison des dégradations :

- _____ entraînant déformations ou ruptures,
- _____,
- _____,
- _____ (cas de filtres ou canalisations),
- etc.

L'usure peut être considérée comme naturelle et c'est _____.

c- Dégradation mécaniques dues à la santé matière :

Les défauts apparaissent _____ (forgeage, fonderie, etc.), lors de la mise en forme de la pièce (usinage, soudures, traitements thermiques, etc.) et lors du montage (ex : choc sur roulement).

d- Dégradation mécaniques en charge :

Choc : il s'agit _____

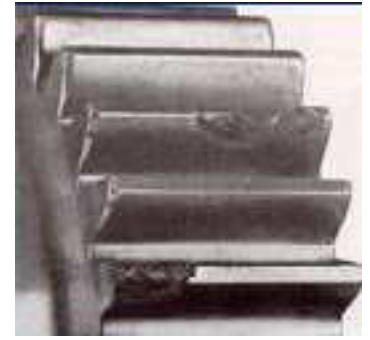
Surcharge : _____ maximale entraînant une déformation permanente ou une rupture (traction, flexion, etc.). →

La rupture peut aussi être causée par un fragment de métal introduit accidentellement dans la zone d'engrènement.



Fatigue : c'est quand _____ .
Il s'agit de vibrations entraînant une rupture. →

Fatigue thermique : c'est une fatigue engendrée par des contraintes thermiques. Elle entraîne _____ .

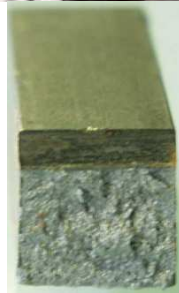


Déformations irréversible sous contrainte mécanique : dues à un dépassement de la limite élastique du matériau. Une inspection des pièces peut prévenir le risque d'une rupture prochaine.



Rupture ductile : elle provient de l'allongement du matériau.

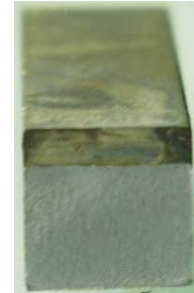
Ductile se dit d'un matériau qui peut être étiré sans se rompre. Ductile s'oppose à fragile. →



Rupture fragile : elle survient après une très faible déformation irréversible.

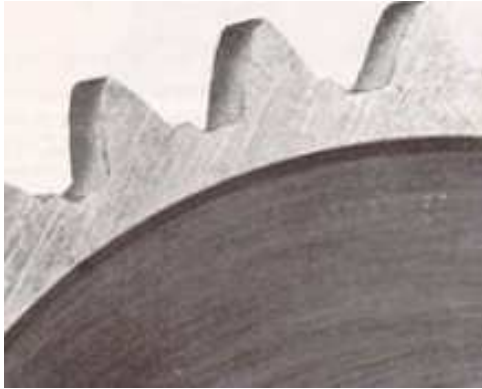
Elle est souvent l'effet d'un choc et est favorisée par la fragilité propre au matériau.

Fragile se dit d'un matériau qui se casse facilement (cas du verre). Fragile s'oppose à ductile. →

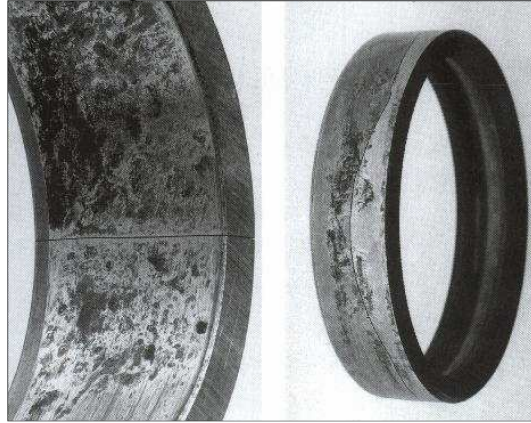


e- Dégradation mécaniques par détérioration de surface : fatigue et usure :

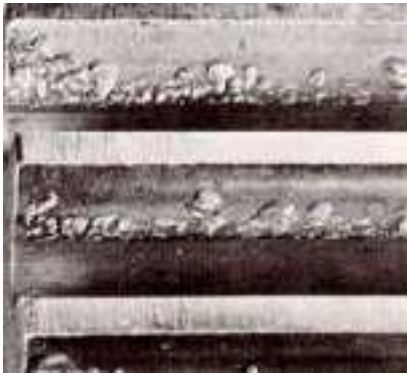
Usure : _____
 _____.



Fretting-corrosion : usure particulière apparaissant au contact de 2 pièces soumises à de petites vibrations. C'est le cas des pièces frettées ou des clavetages.



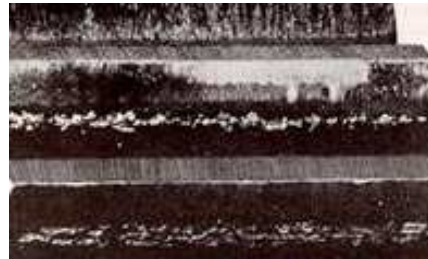
L'écaillage : _____
 _____.



Il apparaît sur les dentures, à l'intérieur du métal, entre la partie traitée et non traitée.

Les causes possibles sont une épaisseur insuffisante de la couche traitée.

Grippage : _____
 _____.



Il résulte du manque de lubrifiant dans la zone d'engrènement. Il se produit lorsque les charges et les vitesses sont élevées ou lorsque la lubrification est mal choisie.

Abrasion : _____
 _____ de dureté

supérieure tels que des impuretés ou de déchets (poussières, sable, etc.).



Cavitation : _____

L'onde de choc génère des cratères dans la zone de cavitation (pompes, hélices, etc.).



Rayage : _____
 _____.



Erosion : _____

Faïençage : réseau de craquelures superficielles dues à la fatigue thermique

Marquage : enfoncement localisé dû à une charge ponctuelle

Roulement et fatigue de contact : roulements à billes et à aiguilles se détériorent par fatigue de contact. La pression de contact bille / chemin de roulement fait apparaître des fissures en surface, elles deviennent débouchantes (piqûres).

Frottement et usure :

Un frottement provoque _____ et c'est _____ qui va accélérer la dégradation.

L'usure, entraîne une _____. Cela peut aller jusque la rupture en passant par des phases intermédiaires dangereuses comme _____.

Prévention contre l'usure

Il y a 4 moyens pour prolonger la **phase II** d'usure (page 32).

a- Graissage et lubrification :

Le graissage et la lubrification imposent une attention permanente et supposent, un accès aux organes à lubrifier.

Par l'interposition d'un film entre les organes en mouvement, le graissage et la lubrification assurent 4 fonctions

- _____ et donc limitation de l'érosion,
- _____ favorisant l'abrasion,
- _____ provoquée par le frottement,
- _____ pouvant induire de la corrosion.

b- Les matériaux antifriction :

Les plus répandus sont _____ : le bronze (cuivre-étain), le laiton (cuivre-zinc), le maillechort (cuivre-nickel-zinc). Ces alliages sont dotés d'un coefficient de frottement faible atténuant ainsi l'usure.

_____ ont des qualités de dureté, de résistances aux températures extrêmes et de résistance chimique. Elles sont un moyen efficace pour lutter contre l'abrasion, l'usure à toutes températures et la corrosion.

_____, peuvent être _____.

Qualifiés alors _____, les particules qui les composent se dilatent lors de l'échauffement crée par le frottement et expulsent l'huile qu'ils contiennent.

Lors du refroidissement, par effet inverse, ils aspirent l'huile en leur structure.

_____ permettent des frottements secs.

Ils résistent de mieux en mieux aux sollicitations mécaniques.

_____ tels que le PTFE (polytétrafluoroéthylène), PA (polyamides), polyimides, Téflon, PVCU (polychlorure de vinyle rigide), permettent, la construction de toutes sortes de pièces comme des engrenages, des aubes de pompes, des axes, etc.

c- Les traitements de surface et revêtements de surface :

Augmentent la dureté superficielle d'une pièce.

d- Les règles technologiques :

Le frottement est faible si les matériaux en présence _____.

C'est ce que l'on nomme _____.

On prend en compte _____ qui peut favoriser l'élimination des particules, _____ supposée emmagasiner le plus la chaleur, etc.

Par exemple, pour diminuer le phénomène d'usure, il faut _____, ou bien encore, _____.

e- Les dégradations électriques :

_____ : c'est le plus souvent la conséquence de chocs, surchauffes, vibrations.

_____ : les contacts sont souvent les « maillons faibles » d'un circuit électrique.

_____, tels que des résistances, des transistors, etc.

Ces modes de défaillances sont difficiles à prévenir.

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.