

## LES DEFAILLANCES

### I – DEFINITIONS :

**Définition de la défaillance selon la norme NF X 60 – 011 : altération ou cessation d'un bien à accomplir sa fonction requise.**

Synonymes usuels non normalisés : « failure » (anglais), dysfonctionnement, dommages, dégâts, anomalies, avaries, incidents, défauts, pannes, détériorations.

Cause de défaillance : circonstances liées à la conception, à la fabrication, à l'installation, à l'utilisation et à la maintenance qui ont conduit à la défaillance.

Mécanisme de défaillance : processus physiques, chimiques ou autres qui conduisent ou ont conduit à une défaillance.

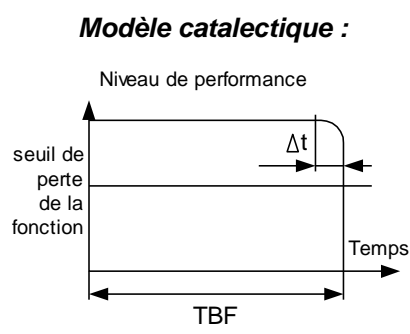
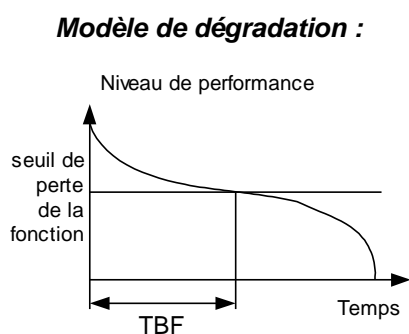
Mode de défaillance : effet par lequel une défaillance se manifeste.

Panne : état d'un bien inapte à accomplir une fonction requise.

Dégradation : évolution irréversible des caractéristiques d'un bien liée au temps ou à la durée d'utilisation.

La norme NF X 60-011 propose plusieurs mises en famille des défaillances :

- Suivant leur cause :
  - **Défaillances de causes intrinsèques** : défaillances dues à une mauvaise conception du bien, à une fabrication non conforme du bien ou à une mauvaise installation du bien. Les défaillances par usure (liées à la durée de vie d'utilisation) et par vieillissement (liées au cours du temps) sont des défaillances intrinsèques.
  - **Défaillance de causes extrinsèques** : défaillances de mauvais emploi, par fausses manœuvres, dues à la maintenance, conséquences d'une autre défaillance.
- Suivant leur degré : défaillance complète, partielle, permanente, fugitive, intermittente, etc
- Suivant leur vitesse d'apparition : soudaine ou progressive
- Exemples de modèle de dégradation :



### II – LES MECANISMES DE DEFAILLANCE :

#### 21 – Défaillances mécaniques par détérioration de surface : fatigue et usure :

Usure : enlèvement progressif de matière à la surface des pièces d'un couple cinématique en glissement relatif.

Fretting-corrosion : usure particulière apparaissant au contact de 2 pièces statiques, mais soumises à de petits mouvements oscillants (vibrations). C'est le cas des pièces frettées ou des clavetages.

L'écaillage : enlèvement de grosses écailles de matière.

Grippage : soudure de larges zones de surface de contact, avec arrachement massif de matière

Abrasion : action d'impuretés ou de déchets (poussières, sable, etc)

Cavitation : implosion de micro bulles de gaz incondensables sous l'action d'une brutale chute de pression au sein d'un liquide. L'onde de choc génère des cratères dans la zone de cavitation (pompes, hélices, etc)

Erosion : enlèvement de matière par l'impact d'un fluide ou de particules solides en suspension, ou de phénomènes électriques (arcs)

Faièçage : réseau de craquelures superficielles dues à la fatigue thermique

Marquage : enfoncement localisé dû à une charge ponctuelle

Rayage : trace laissée par le passage d'un corps dur

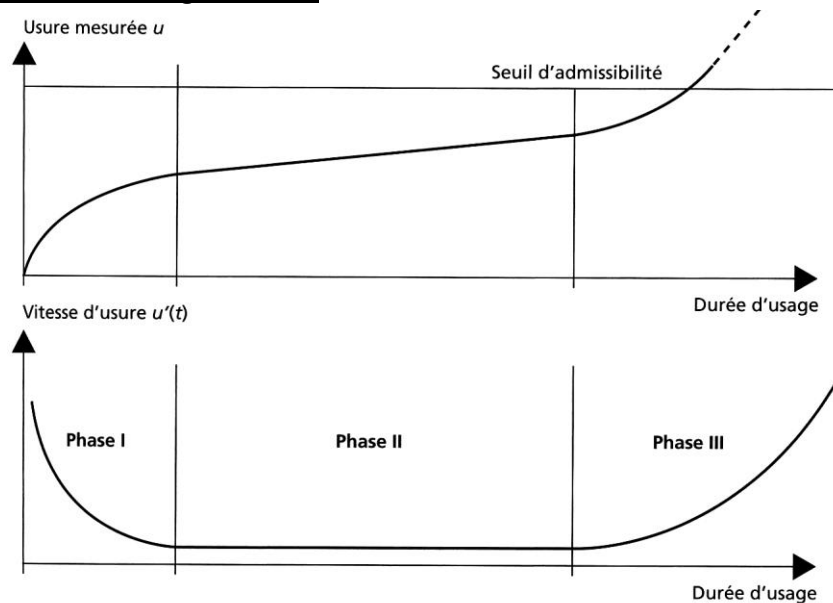
Roulement et fatigue de contact : roulements à billes et à aiguilles se détériorent intrinsèquement par fatigue de contact. La pression de Hertz au contact bille / chemin de roulement fait apparaître des contraintes de cisaillement sur les bagues entraînant des fissures en surface puis débouchantes (piqûres).

## LES DEFAILLANCES

### 22 – Frottement et usure :

Ce mode de défaillance est inexorable dès lors que 2 surfaces en contact ont un mouvement relatif. La tribologie est la science expérimentale qui étudie ces phénomènes.

#### Dynamique de l'usure des lois de dégradation :



A partir de 2 surfaces initiales :

- La phase I est constituée de l'abrasion des principales aspérités : c'est la période de rodage affectant les ondulations et la rugosité liées au mode d'obtention.
- La phase II est constituée d'une usure stable, linéaire dans le temps. L'usure est reportée principalement sur l'une des surfaces de contact.
- La phase III, dite usure catastrophique, consiste en émissions particulaires ; débris engendrant un labourage de la surface la plus tendre et une dégradation rapide.

L'analyse des lubrifiants met en évidence cette succession de phases en caractérisant le nombre et la taille croissante des particules métalliques libérées.

### 23 – Défaillances mécaniques par déformations plastiques :

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

Déformation plastique sous contrainte thermique et dans le temps : c'est le fluage qui est une déformation apparaissant sous contrainte mécanique associée à des températures de service supérieures à 40% de la température de fusion.

### 24 – Défaillances mécaniques par rupture ductiles, fragiles ou de fatigue :

Rupture ductile : elle provient après une phase de déformation plastique appréciable, allongement du matériau et striction au niveau de la rupture.

Rupture fragile : elle survient après une très faible déformation plastique. Elle est souvent l'effet d'un choc et est favorisée par la fragilité intrinsèque du matériau.

Rupture par fatigue : c'est quand une pièce a atteint sa limite d'endurance.

### 25 – Les modes de défaillances électriques :

- ⇒ **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.

## LES DEFAILLANCES

## III – MODES DE DEFAILLANCE PAR CORROSION :

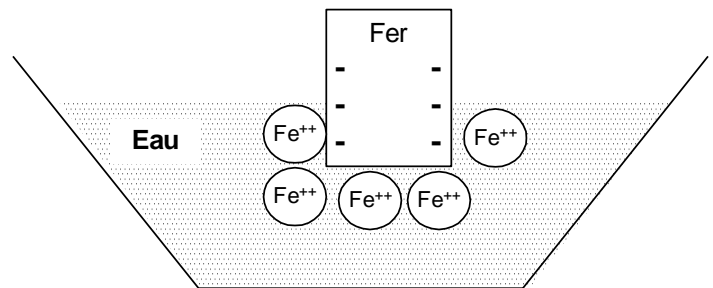
**Corrosion électrochimique :**

Elle affecte les métaux (souvent le fer) en milieu aqueux.

⇒ **La corrosion atmosphérique** entre dans ce cadre (l'électrolyte étant apporté par l'eau contenu dans l'atmosphère).

⇒ Réaction anodique :  $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{++} + 2\text{e}$

⇒ Réaction cathodique :  $2\text{H} + 2\text{e} \rightarrow \text{H}_2$



Les ions ferreux étant en solution dans l'eau.

**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 piqûres, ou fissuration par corrosion inter granulaire. Les agents corrosifs peuvent être des acides, (sulfurique, nitrique, chlorhydrique, etc), 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 organiques).

**La corrosion électrique :** sous l'effet de « courants vagabonds », 2 surfaces métalliques voisines peuvent être soumises à une DDP 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 bactérienne :** 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).

**La corrosion de contact :** elle survient lorsque 2 pièces sont en contact et soumises à des vibrations. Ex : bague extérieure d'un roulement dans son logement. Dans ce processus complexe, il se forme du Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en poussière rougeâtre très abrasive.

**La cavitation :** elle se manifeste sur des pièces en contact avec une zone de turbulence liquide. Des bulles se forment dans la masse du liquide en écoulement turbulent. Sous l'effet de la pression externe, ces bulles implosent, générant une onde de choc accompagnée d'une température ponctuelle élevée. Ainsi s'explique la dégradation des turbines, d'hélices, de chemises de moteurs, etc.

**Conclusion :** à 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.

## LES DEFAILLANCES

### Propositions de causes possibles de pannes et des vérifications correspondantes

CAUSES POSSIBLES DES PANNES	VERIFICATION POUR DETECTER CES CAUSES
<p><b>1) Pannes provoquées par le grippage d'un organe en mouvement, ce grippage pouvant provenir lui-même:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-d'un manque de graisse.</li> <li>-d'un lubrifiant mal adapté.</li> <li>-d'un lubrifiant sale.</li> <li>-d'une fuite.</li> <li>-d'une charge exagérée.</li> <li>-d'un mauvais fonctionnement du refroidissement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vérifier les divers points à graisser.</li> <li>- Vérifier les pleins à faire.</li> <li>- Vérifier les échauffements des paliers.</li> <li>- Contrôler les caractéristiques des lubrifiants employés.</li> <li>- Effectuer les vidanges nécessaires.</li> <li>- Nettoyer les filtres à huile.</li> <li>- Nettoyer les réservoirs à lubrifiants.</li> <li>- Effectuer des prélèvements à fin d'analyse.</li> <li>- Vérifier les excès de graissage.</li> <li>- Rechercher les fuites éventuelles.</li> <li>- Contrôler les pressions d'huile.</li> <li>- Contrôler les charges accidentelles sur les paliers.</li> <li>- Vérifier les pompes de circulation.</li> <li>- Contrôler l'entartrage.</li> </ul>
<p><b>2) Pannes provoquées par le desserrage des pièces d'assemblage des organes mécaniques et électriques (boulons, clavettes, coins, attaches de courroie,....)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resserer les écrous et les vis.</li> <li>- Remettre en place coins et clavettes.</li> <li>- Ausculter le bruit et les vibrations.</li> <li>- Vérifier les attaches de courroie.</li> </ul>
<p><b>3) Pannes provoquées par:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- l'usure.</li> <li>- l'érosion.</li> <li>- l'oxydation.</li> <li>- les coups de feu.</li> <li>- la corrosion chimique.</li> <li>- l'amorçage d'un arc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vérifier les cônes d'embrayages.</li> <li>- Vérifier les ferodo.</li> <li>- Contrôler les plaques d'usure.</li> <li>- Vérifier l'usure des galets.</li> <li>- Vérifier l'usure des rails ou chemins de roulements.</li> <li>- Vérifier l'usure des bagues et coussinets.</li> <li>- Contrôler l'usure des arbres.</li> <li>- Vérifier l'usure des coulisseaux.</li> <li>- Contrôler les pignons, barbotins et crémaillères.</li> <li>- Vérifier l'usure des fourchettes et doigts.</li> <li>- Vérifier l'usure des chaînes de transmission.</li> <li>- Vérifier les cardans.</li> <li>- Vérifier les manchons d'accouplement.</li> <li>- Contrôler l'usure des clavettes coulissantes.</li> <li>- Contrôler l'usure des bandes transporteuses.</li> <li>- Exécuter les contrôles géométriques nécessaires.</li> <li>- Rattraper les jeux des organes de réglage.</li> <li>- Contrôler l'état de la peinture et de la corrosion.</li> </ul>
<p><b>4) Pannes provenant du vieillissement de certains matériaux, comme les isolants électriques.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vérifier les pièces isolantes des contacteurs.</li> <li>- Vérifier les revêtements des câbles.</li> <li>- Faire les contrôles d'isolement.</li> </ul>
<p><b>5) Dérailements, renversements ou autres accidents provenant d'un défaut des chemins de roulements.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vérifier l'écartement des rails.</li> <li>- Vérifier le niveau des chemins de roulement.</li> <li>- Vérifier les butoirs de fin de course.</li> <li>- Vérifier l'ancrage aux rails.</li> <li>- Vérifier le calage.</li> <li>- Vérifier l'observation des consignes.</li> </ul>
<p><b>6) Pannes provoquées par la flexion, l'allongement ou la rupture intempestive d'un organe soit par:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- mauvaise utilisation du matériel.</li> <li>- fatigue de matériaux.</li> <li>- défaut de conception.</li> <li>- accident prévisible.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Examiner les pièces fragiles.</li> <li>- Vérifier les pièces flexibles.</li> <li>- Contrôler l'emploi correct des machines.</li> <li>- Vérifier les câbles et chaînes de levage.</li> <li>- Contrôler les crochets et leurs sécurités.</li> <li>- Vérifier les manilles.</li> <li>- Exécuter les contrôles statiques et dynamiques.</li> <li>- Retendre les courroies et les chaînes.</li> </ul>

**LES DEFAILLANCES**

CAUSES POSSIBLES DES PANNES	VERIFICATION POUR DETECTER CES CAUSES
7) Pannes provoquées par des défauts d'alimentation tels que surtension ou sous-tension.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Exécuter les contrôles de puissance.</li> <li>- Exécuter les contrôles de vitesse.</li> </ul>
8) Détérioration des systèmes de commande: <ul style="list-style-type: none"> <li>- électrique.</li> <li>- pneumatique.</li> <li>- hydraulique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vérifier l'état des contacts électriques.</li> <li>- Vérifier les ressorts de contact.</li> <li>- Vérifier la mise à la terre.</li> <li>- Vérifier la protection des transformateurs.</li> <li>- Contrôler les jeux de roulements des moteurs.</li> <li>- Contrôler l'empoussiérage des moteurs.</li> <li>- Faire fonctionner les électro-freins.</li> <li>- Faire fonctionner les diverses sécurités.</li> <li>- Vérifier l'état des fils d'alimentation.</li> <li>- Contrôler le serrage des bornes.</li> <li>- Vérifier l'état des balais des bagues collecteurs.</li> <li>- Vérifier l'état diélectrique de l'huile du transformateur.</li> <li>- Vérifier les bougies.</li> <li>- Vérifier les vis platinées.</li> <li>- Vérifier les pleins d'huile de commande.</li> <li>- Vérifier les fuites éventuelles de fluide.</li> <li>- Vérifier le fonctionnement des clapets.</li> <li>- Nettoyer les carters d'huile de commande.</li> </ul>
9) Pannes provoquées par l'eau, l'humidité ou l'introduction d'un corps étranger, ce qui peut entraîner: <ul style="list-style-type: none"> <li>- courts-circuits.</li> <li>- encrassement de butées.</li> <li>- filtres inefficaces.</li> <li>- embrayages gras.</li> <li>- freins gras ou humides.</li> <li>- blocage des sécurités.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nettoyer les butées.</li> <li>- Nettoyer les glissières.</li> <li>- Nettoyer les arbres.</li> <li>- Signaler les machines sales.</li> <li>- Vérifier les soupapes de sécurité.</li> <li>- Vérifier les arrêts automatiques.</li> <li>- Faire fonctionner les limiteurs de couple.</li> <li>- Vérifier les parachutes.</li> <li>- Contrôler les freins.</li> <li>- Contrôler les protections thermiques.</li> </ul>

**DESIGNATION DES DEFAILLANCES : MODES DE DEFAILLANCE (suivant norme NF X60-510)**

1	Défaillance structurelle (rupture).	18	Mise en marche erronée.
2	Blocage physique ou coincement.	19	Ne s'arrête pas.
3	Vibrations.	20	Ne démarre pas.
4	Ne reste pas en position.	21	Ne commute pas.
5	Ne s'ouvre pas.	22	Fonctionnement prématuré.
6	Ne se ferme pas.	23	Fonctionnement après le délai prévu (retard).
7	Défaillance en position ouverte.	24	Entrée erronée (augmentation).
8	Défaillance en position fermée.	25	Entrée erronée (diminution).
9	Fuite interne.	26	Sortie erronée (augmentation).
10	Fuite externe.	27	Sortie erronée (diminution).
11	Dépasse la limite supérieure tolérée.	28	Perte de l'entrée.
12	Est en dessous de la limite inférieure tolérée.	29	Perte de la sortie.
13	Fonctionnement intempestif.	30	Court-circuit (électrique).
14	Fonctionnement intermittent.	31	Circuit ouvert (électrique).
15	Fonctionnement irrégulier.	32	Fuite (électrique).
16	Indication erronée.	33	Autres conditions de défaillance exceptionnelles suivant les caractéristiques du système, les conditions de fonctionnement et les contraintes opérationnelles.
17	Ecoulement réduit.		