

**Université de Djillali Bounaama Khemis Miliana
Faculté des Sciences et de Technologies
Département de Génie Electrique**

**Licence 03
Automatique**

**Cours
Maintenance et fiabilité**

**Chapitre 2
Mécanisme et mode de défaillance**

Enseigné par : Mme KARA MOSTEFA. C

Année Universitaire : 2019 / 2020

CHAPITRE 2

Mécanisme et mode de défaillance

1/- La notion de la défaillance :

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.

Une défaillance peut être :

- Partielle : s'il y a altération d'aptitude du bien à accomplir sa fonction requise.
- Complète : s'il y a cessation d'aptitude du bien à accomplir sa fonction requise.
- Intermittente : si le bien retrouve son aptitude au bout d'un temps limité sans avoir subi d'action corrective externe.

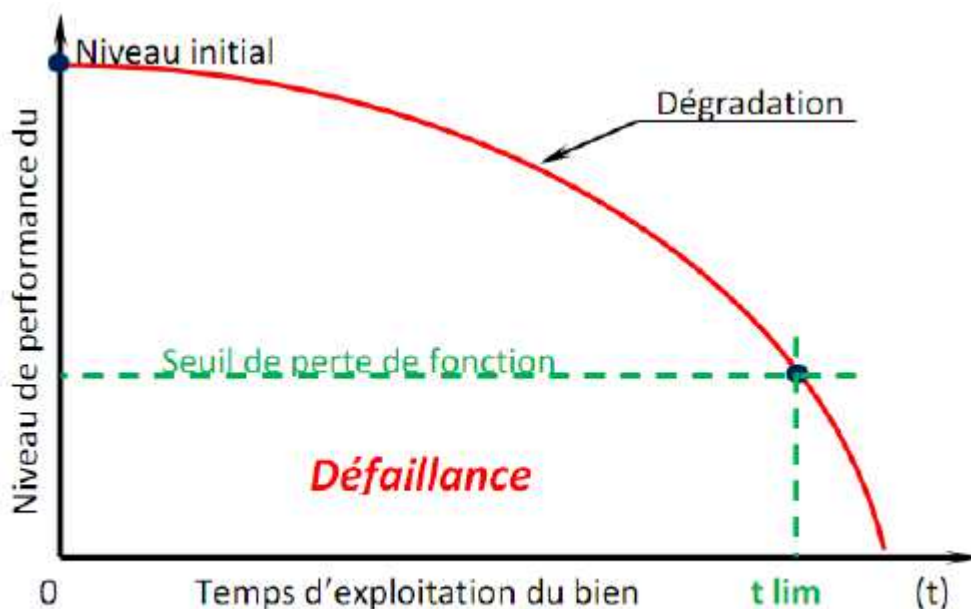


Figure 3 : : Dégradation du bien et durée de vie

NB : t_{lim} indique le moment d'apparition de la défaillance.

1-1/ Fonction requise :

Fonction d'un produit dont l'accomplissement est nécessaire pour la fourniture d'un service donné. Une fonction requise pourra être une fonction seule ou un ensemble de fonctions. La notion du service pourra couvrir une mission, c'est à dire une succession de phases par lesquelles doit passer le produit sur un intervalle du temps donné.

1-2/ Dégradation :

État d'une entité présentant une perte de performances d'une des fonctions assurées par celle-ci ou alors un sous-ensemble lui-même dégradé, voire défaillant, sans conséquence fonctionnelle sur l'ensemble. On peut aussi parler de dérive.

1-3/ Triptyque « faute-défaillance » :

La défaillance est la conséquence d'un défaut, dont la cause est une faute.



Figure 4: Triptyque « faute - défaut – défaillance »

- Faute : elle peut être physique (interne ou externe) ou due à l'utilisateur. C'est la notion de 5M : Matières, Matériel, Milieu, Moyens et Main d'œuvre. Elle entraîne une erreur.
- Défaut : au départ, il est latent, car on ne s'en aperçoit pas tout de suite. Il devient ensuite effectif. Le défaut peut être :
 - *Soudain* : s'il était imprévisible.
 - *Catalectique* : s'il est soudain et irréversible.
 - *Progressif* : s'il était prévisible et éventuellement réversible (exemples : organe qui rouille, fuite sur une soupape).
 - *Précoce* : s'il se manifeste en début de vie de l'équipement.
 - *D'usure* : s'il se manifeste en fin de vie de l'équipement.

1-4/ Panne :

État d'un produit le rendant inapte à accomplir une fonction requise dans des conditions données d'utilisation : c'est un état. Elle résulte toujours d'une défaillance.

2-Cause de défaillance

Propositions de causes possibles de pannes et des vérifications correspondantes

CAUSES POSSIBLES DES PANNES	VERIFICATIONS POUR DETECTER CES CAUSES
<p>1) Pannes provoquées par le grippage d'un organe en mouvement, ce grippage pouvant provenir lui-même:</p> <ul style="list-style-type: none"> -d'un manque de graisse. -d'un lubrifiant mal adapté. -d'un lubrifiant sale. -d'une fuite. -d'une charge exagérée. -d'un mauvais fonctionnement du refroidissement 	<ul style="list-style-type: none"> - Vérifier les divers points à graisser. - Vérifier les pleins à faire. - Vérifier les échauffements des paliers. - Contrôler les caractéristiques des lubrifiants employés. - Effectuer les vidanges nécessaires. - Nettoyer les filtres à huile. - Nettoyer les réservoirs à lubrifiants. - Effectuer des prélèvements à fin d'analyse. - Vérifier les excès de graissage. - Rechercher les fuites éventuelles. - Contrôler les pressions d'huile. - Contrôler les charges accidentelles sur les paliers. - Vérifier les pompes de circulation. - Contrôler l'entartrage.
<p>2) Pannes provoquées par le desserrage des pièces d'assemblage des organes mécaniques et électriques (boulons, clavettes, coins, attaches de courroie,....)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Resserer les écrous et les vis. - Remettre en place coins et clavettes. - Ausculter le bruit et les vibrations. - Vérifier les attaches de courroie.
<p>3) Pannes provoquées par:</p> <ul style="list-style-type: none"> - l'usure. - l'érosion. - l'oxydation. - les coups de feu. - la corrosion chimique. - l'amorçage d'un arc 	<ul style="list-style-type: none"> - Vérifier les cônes d'embrayages. - Vérifier les ferodo. - Contrôler les plaques d'usure. - Vérifier l'usure des galets. - Vérifier l'usure des rails ou chemins de roulements. - Vérifier l'usure des bagues et coussinets. - Contrôler l'usure des arbres. - Vérifier l'usure des coulisseaux. - Contrôler les pignons, barbotins et crémaillères. - Vérifier l'usure des fourchettes et doigts. - Vérifier l'usure des chaînes de transmission. - Vérifier les cardans. - Vérifier les manchons

	<p>d'accouplement.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Contrôler l'usure des clavettes coulissantes. - Contrôler l'usure des bandes transporteuses. - Exécuter les contrôles géométriques nécessaires. - Rattraper les jeux des organes de réglage. - Contrôler l'état de la peinture et de la corrosion.
<p>4) Pannes provenant du vieillissement de certains matériaux, comme les isolants électriques. - Vérifier les pièces isolantes des contacteurs.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Vérifier les revêtements des câbles. - Faire les contrôles d'isolement.
<p>5) Dérailllements, renversements ou autres accidents provenant d'un défaut des chemins de roulements. - Vérifier l'écartement des rails.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Vérifier le niveau des chemins de roulement. - Vérifier les butoirs de fin de course. - Vérifier l'ancrage aux rails. - Vérifier le calage. - Vérifier l'observation des consignes.
<p>6) Pannes provoquées par la flexion, l'allongement ou la rupture intempestive d'un organe soit par:</p> <ul style="list-style-type: none"> - mauvaise utilisation du matériel. - fatigue de matériaux. - défaut de conception. - accident prévisible. 	<ul style="list-style-type: none"> - Examiner les pièces fragiles. - Vérifier les pièces flexibles. - Contrôler l'emploi correct des machines. - Vérifier les câbles et chaînes de levage. - Contrôler les crochets et leurs sécurités. - Vérifier les manilles. - Exécuter les contrôles statiques et dynamiques. - Retendre les courroies et les chaînes.
<p>7) Pannes provoquées par des défauts d'alimentation tels que surtension ou sous-tension.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Exécuter les contrôles de puissance. - Exécuter les contrôles de vitesse.
<p>8) Détérioration des systèmes de commande:</p> <ul style="list-style-type: none"> - électrique. - pneumatique. - hydraulique. 	<ul style="list-style-type: none"> - Vérifier l'état des contacts électriques. - Vérifier les ressorts de contact. - Vérifier la mise à la terre. - Vérifier la protection des transformateurs. - Contrôler les jeux de roulements des moteurs. - Contrôler l'empoussiérage des moteurs.

- Faire fonctionner les électro-freins.
- Faire fonctionner les diverses sécurités.
- Vérifier l'état des fils d'alimentation.
- Contrôler le serrage des bornes.
- Vérifier l'état des balais des bagues collecteurs.
- Vérifier l'état diélectrique de l'huile du transformateur.
- Vérifier les bougies.
- Vérifier les vis platinées.
- Vérifier les pleins d'huile de commande.
- Vérifier les fuites éventuelles de fluide.
- Vérifier le fonctionnement des clapets.
- Nettoyer les carters d'huile de commande.

9) Pannes provoquées par l'eau, l'humidité ou l'introduction d'un corps étranger, ce qui peut entraîner:

- courts-circuits.
- encrassement de butées.
- filtres inefficaces.
- embrayages gras.
- freins gras ou humides.
- blocage des sécurités.

- Nettoyer les butées.
- Nettoyer les glissières.
- Nettoyer les arbres.
- Signaler les machines sales.
- Vérifier les soupapes de sécurité.
- Vérifier les arrêts automatiques.
- Faire fonctionner les limiteurs de couple.
- Vérifier les parachutes.
- Contrôler les freins.
- Contrôler les protections thermiques.

3- Mode de défaillance

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
17	Ecoulement réduit.		suivant les caractéristiques du système, les
			conditions de fonctionnement et les contraintes
			opérationnelles.

4- Mécanisme de défaillance

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)

Faiencage : 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

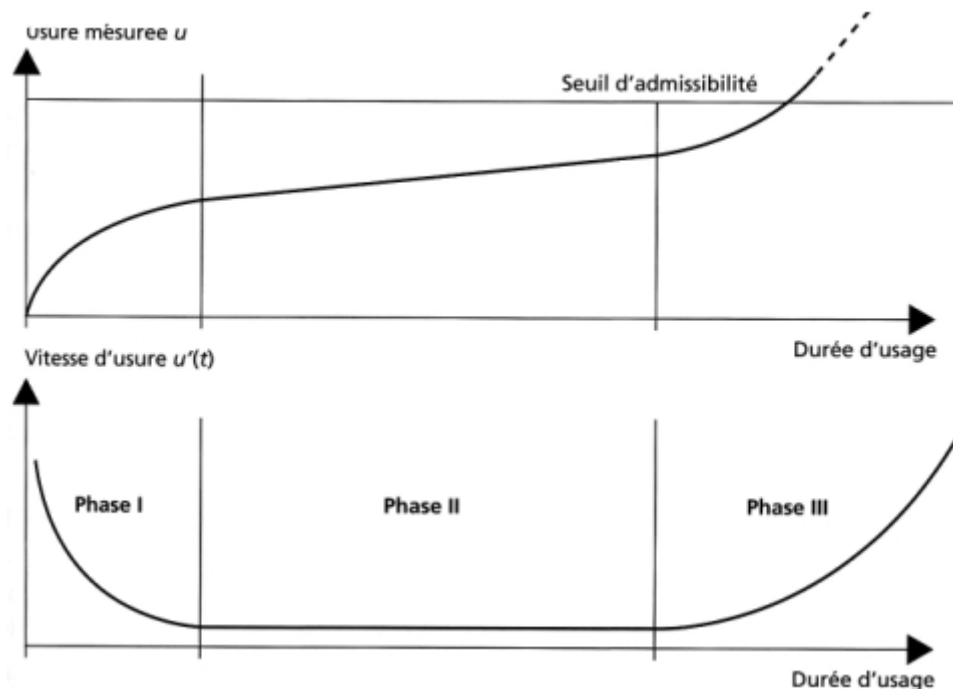
Roulement et fatigue de contact : roulements à billes et à aiguilles se détériorent intrinsèquement par fatigue de contact. La pression de Hertz au contact bille / chemin de

roulement fait apparaître des contraintes de cisaillement sur les bagues entraînant des fissures en surface puis débouchantes (piqûres).

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.

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.

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.

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.