

# LOIS D'USURE

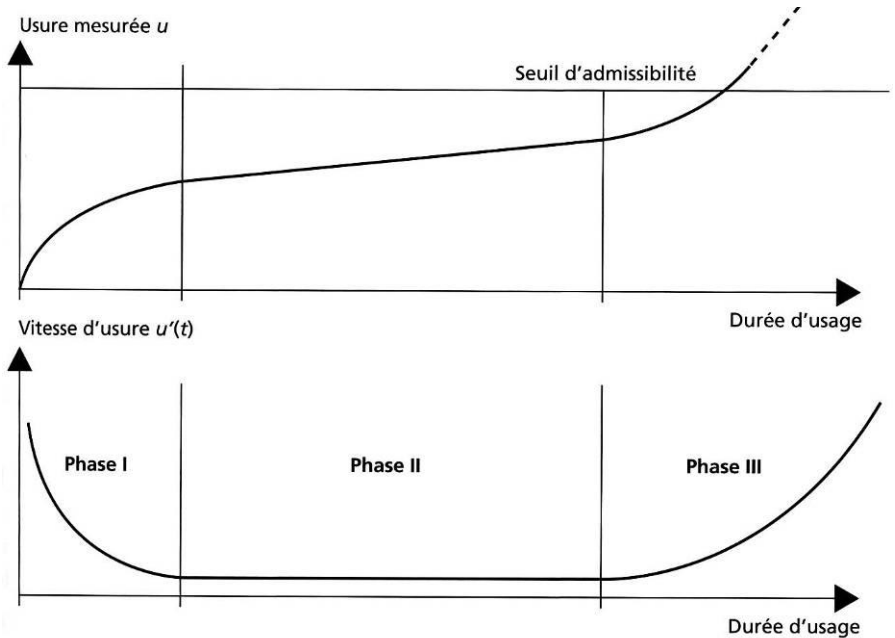
## I – LES LOIS DE DEGRADATION :

### 11 – Les mécanismes de l'usure :

L'usure est une conséquence du phénomène de « frottement » entraînant une émission de débris avec perte de cotes, de formes et de poids.

La défaillance inhérente à l'usure est une dégradation progressive dans le temps, comportant 3 phases distinctes :

- 1) **Le rodage** : Il correspond à un arasage des aspérités (pics) jusqu'à ce que la surface portante soit suffisante.
- 2) **L'usure normale** : l'usure devient une fonction linéaire du temps :  $\Delta\varphi = 0,5 \text{ mm} / 1000 \text{ heures}$ .
- 3) **Le vieillissement rapide** : il apparaît une dégradation rapide des 2 surfaces (grippage).



Il faut savoir que l'usure d'une surface ne se manifeste pas seulement sur le plan métrologique (cotes et Ra), mais aussi sur le plan métallurgique : dégradation des traitements thermiques, effets thermiques dégradant les constituants.

De façon simplifiée, on trouve 3 modes de défaillance différents :

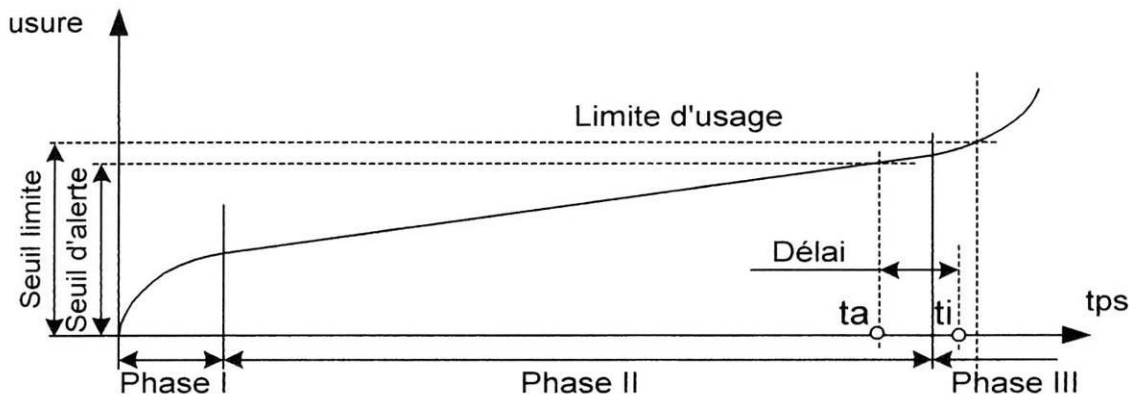
- ⇒ **Le grippage épidermique** : chaque arrachement met à nu la structure cristalline. Symptômes → sillons // au déplacement
- ⇒ **Le grippage profond** : dû à une surcontrainte ou une fatigue locale. Symptômes → écaillage
- ⇒ **L'abrasion** : il s'agit de l'action abrasive d'un corps étranger (ex : sable) ou d'un oxyde type  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . L'abrasion accélère la vitesse de dégradation.

### 12 – Les lois d'usure :

C'est la fonction « paramètres d'usure » =  $f(\text{temps})$ . Des relevés, observations et mesurent permettent de tracer une représentation graphique de l'évolution de l'usure.

La connaissance de la loi d'usure, pour un matériel donné, permet par anticipation d'intervenir avant un seuil prédéterminé afin d'éviter une défaillance.

Ce seuil, dit d'alerte et correspondant à «  $t_a$  », est antérieur au seuil limite d'un temps équivalent au délai nécessaire avant intervention en «  $t_i$  ». Ces niveaux sont fixés par des critères technologiques ou de sécurité (ex : plaquettes de freins).



## TDs – Lois d'usure

**13 – Paramètres de l'usure :**

- ⇒ **Directs** : l'usure étant une diminution de la quantité de matière, le 1<sup>er</sup> paramètre d'appréciation est la mesure dimensionnelle. C'est le principal paramètre direct permettant de tracer les lois de dégradation. Néanmoins, il est aussi possible d'évaluer directement un niveau d'usure par des mesures de rugosité (état de surface), de dureté superficielle, de % d'un constituant (analyse chimique), ou plus rarement par une mesure de la perte de masse.
- ⇒ **Induits** : Ce sont des paramètres dont l'évolution présente une forte corrélation avec un phénomène d'usure. Le recours à des paramètres induits pour l'évaluation de l'usure est permis grâce à l'amélioration de la technologie des capteurs. Ces paramètres induits, généralement moins précis, ont l'avantage appréciable de ne pas nécessiter de démontages, eux-mêmes générateurs d'usures. Ex : niveau vibratoire (paliers, roulements), élévation de température (huiles), analyse d'huile (moteurs, compresseurs), rendement (pompes, compresseurs, transmissions), débit (pompe à pistons), pression (taux de compression d'un moteur)

**II – L'USURE ET LES DIFFERENTES FORMES DE MAINTENANCE :****Maintenance corrective :**

Aucun suivi de matériel n'est mis en place puisque la défaillance est attendue et subie. Les symptômes d'un grippage inadmissible révèlent le degré d'usure (échauffement, chute de performances, vibration excessives, ruptures (cas extrême), etc.). La programmation de l'intervention s'effectue quand l'usure est devenue incompatible avec la sûreté de fonctionnement ou la qualité de la production. L'intervention corrective consiste bien souvent à des échanges, des reprises de surface, des rechargements de matière, des traitements de surface, etc.

**Maintenance préventive systématique :**

La loi d'usure est connue. Il est alors possible de déterminer à l'avance la date d'intervention en fonction du seuil limite et du délai de préparation de l'intervention. Le seuil limite et le seuil d'alerte sont déterminés par expérience ou d'après les préconisations du constructeur.

L'intervention est planifiée en fonction du nombre d'heures de fonctionnement ou d'unités d'usage.

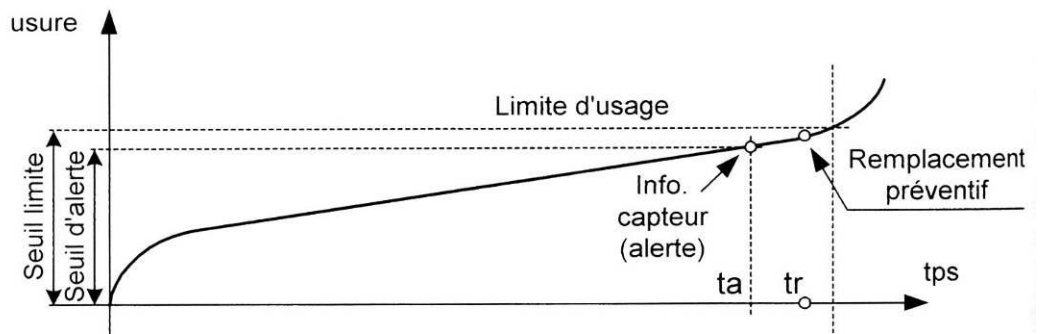
Il est souhaitable, après l'intervention préventive, de procéder à un examen des éléments remplacés afin d'évaluer leur niveau d'usure dans le but d'optimiser l'usage des composants et de situer la date de remplacement «  $tr$  » de manière la plus économique possible.

**Maintenance préventive conditionnelle :**

Un capteur ou un rapport de ronde de visite signale le franchissement du seuil d'alerte prédéterminé «  $ta$  ».

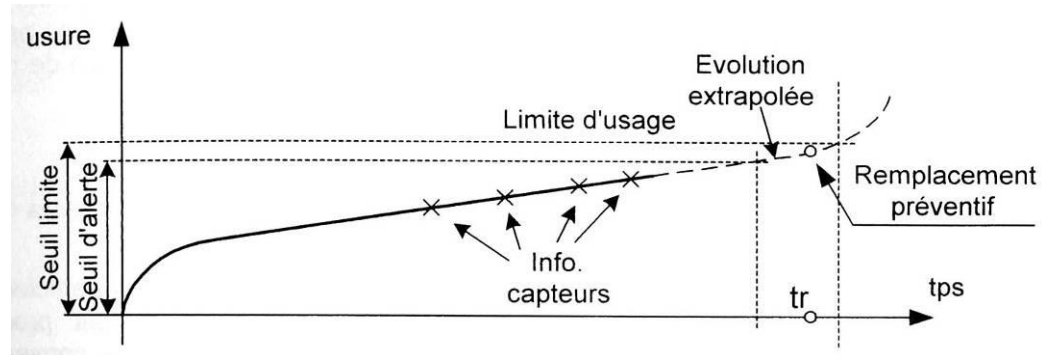
Cette opération déclenche le remplacement préventif en «  $tr$  ».

Un délai de sécurité est à prévoir afin de rassembler tous les moyens nécessaires à une intervention efficace.

**Maintenance préventive prévisionnelle :**

Des capteurs ou des rapports de visites préventives à intervalles variables renseignent de l'évolution de l'usure. Cela permet la construction de la loi d'usure par extrapolation.

Il est ainsi possible de prévoir la date optimale d'intervention à «  $tr$  ». Cette extrapolation doit permettre d'anticiper judicieusement l'intervention sans délai de sécurité.



**III – APPLICATION :**

Une entreprise spécialisée dans le traitement des eaux décide de reconsidérer sa politique de maintenance.

Sachant que le fonctionnement se fait en continu (24h / 24), l'étude se porte sur une série de pompes NEMO NE 015 qui fonctionnent dans ces conditions.

Il s'agit donc de suivre l'évolution d'une dégradation sur 3 points visités de ces pompes à partir de fichiers historiques.

Pour faire cette étude, on dispose :

- ⇒ De fichiers historiques concernant des pompes numérotées de 1 à 8 (cf. tableaux donnés en annexe)
- ⇒ Des informations suivantes :
  - Mise en service de l'installation : début 01/92
  - Mises à jour des fichiers historiques effectuées en fin de mois
  - Etude sur une période de 39 mois (début 01/92 à fin 04/95)

**Mise en place des lois d'usures :**

Les lois d'usures concernent les éléments suivants :

- ⇒ **Stator réf. 3005**
- ⇒ **Articulation (1) + (2)**
- ⇒ **Ensemble arbre / presse étoupe, ensemble (3) et réf. 1015**

**Travail demandé :**

- 1) **Etablir les tableaux concernant le relevé des usures**
- 2) **Tracer graphiquement les lois d'usure pour les 3 cas**
- 3) **Interpréter les résultats en conclure sur chaque cas**
- 4) **Analyser les fichiers historiques concernant le remplacement des roulements et conclure. Rem : durée de vie des roulements estimée à 10000 heures**

## TDs – Lois d'usure

Fichier historique					Annexe 1
Equipement : pompe NEMO NE015			marque : NETZSCH		N°1
Date	Désignation des travaux	TTR	réf pièce	usures en mm	pièces
03/92	Changement des 2 roulements	1 h	1 jeu 0020		150 F
08/92	remplacement de l'anneau 8070 écrasé Mesure de l'usure du stator réf 3005	1 h 30	1 réf 8070	0,35	100 F
03/93	remplacement du corps 2005 fendu Mesure de l'usure du stator réf 3005	1 h 30	1 réf 2005	0,75	1 900 F
12/93	Changement de l'articulation (1) + (2) goupille réf 5075 écrasée	1 h 30	1 ensemble (1) + (2)		1 200 F
10/94	Changement du stator Mesure de l'usure du stator réf 3005	1 h	1 réf 3005	1,6	1 200F

Fichier historique					Annexe 2
Equipement : pompe NEMO NE015			marque : NETZSCH		N°2
Date	Désignation des travaux	TTR	réf pièce	usures en mm	pièces
02/92	Changement de l'ensemble arbre / presse étoupe et mesure de l'usure de l'arbre	2 h	1 ensemble (3) et réf 1015	0,2	900 F
06/92	Fuite au niveau du joint 8005 Mesure de l'usure du stator réf 3005	0 h 30	1 réf 8005	0,3	10 F
10/92	remplacement de l'anneau 8070 écrasé Mesure du jeu d'articulation	1 h 30	1 réf 8070	0,1	100 F
07/93	Changement de l'ensemble stator 3005 rotor 1999 Mesure de l'usure du stator réf 3005	2 h 30	1 réf 3005 et 1999	0,85	1 700 F
12/93	Clavette cisailée - contrôle géométrique de l'arbre	1	1 réf 1010		20 F
8/94	Changement de la plaque chauffante Mesure de l'usure du stator réf 3005	1 h 30	1 réf 3025	0,75	500 F
03/95	Changement de l'ensemble stator 3005 rotor 1999 Mesure de l'usure du stator réf 3005	2 h 30	1 réf 3005 et 1999	0,95	1 700 F

Fichier historique					Annexe 3
Equipement : pompe NEMO NE015			marque : NETZSCH		N°3
Date	Désignation des travaux	TTR	réf pièce	usures en mm	pièces
06/92	Changement de l'ensemble arbre / presse étoupe et mesure de l'usure de l'arbre	2 h	1 ensemble (3) et réf 1015	0,2	900 F
12/92	Changement de l'articulation (1) + (2) Mesure du jeu d'articulation	1 h 30	1 ens (1) et (2)	0,2	1 200 F

Fichier historique					Annexe 4
Equipement : pompe NEMO NE015			marque : NETZSCH		N°4
Date	Désignation des travaux	TTR	réf pièce	usures en mm	pièces
08/92	Changement de l'ensemble arbre / presse étoupe et mesure de l'usure de l'arbre	2 h	1 ens (3) et R 1015	0,18	900 F
03/93	Changement des 2 roulements	1 h	1 jeu 0020		150 F
01/94	Changement du stator Mesure de l'usure du stator réf 3005	1 h	1 réf 3005	1,2	1 200F

## TDs – Lois d'usure

Fichier historique					Annexe 5
Equipement : pompe NEMO NE015			marque : NETZSCH		N°5
Date	Désignation des travaux	TTR	réf pièce	usures en mm	pièces
09/92	Changement du joint réf 8005	0 h 30	1 réf 8005		10 F
04/93	Changement de la plaque réf 3025 Mesure de l'usure du stator réf 3005	1 h 30	1 réf 3025	0,85	500 F
09/93	Changement du joint réf 8005	0 h 30	1 réf 8005		10 F
03/94	Changement du stator Mesure de l'usure du stator réf 3005	1 h 30	1 réf 3005	1,3	1 200 F
11/94	Changement de l'ensemble arbre / presse étoupe et mesure de l'usure de l'arbre	2 h	1 ens (3) et R 1015	0,1	900F

Fichier historique					Annexe 6
Equipement : pompe NEMO NE015			marque : NETZSCH		N°6
Date	Désignation des travaux	TTR	réf pièce	usures en mm	pièces
03/92	Changement des 2 roulements	1 h	1 jeu 0020		150 F
11/92	remplacement de l'anneau 8070 écrasé Mesure du jeu d'articulation	1 h 30	1 réf 8070	0,1	100 F
06/93	Changement de la plaque réf 3025	1 h 30	1 réf 3025		500 F
10/93	Changement du stator Mesure de l'usure du stator réf 3005	1 h 30	1 réf 3005	1,1	1 200 F

Fichier historique					Annexe 7
Equipement : pompe NEMO NE015			marque : NETZSCH		N°7
Date	Désignation des travaux	TTR	réf pièce	usures en mm	pièces
07/92	Changement de l'ensemble arbre / presse étoupe et mesure de l'usure de l'arbre	2 h	1 ens (3) et R 1015	0,15	900F
01/93	Changement des 2 roulements	1 h	1 jeu 0020		150 F
05/93	Changement de l'articulation (1) + (2) Mesure du jeu d'articulation	1 h 30	1 ens (1) et (2)	1,2	1 200 F

Fichier historique					Annexe 8
Equipement : pompe NEMO NE015			marque : NETZSCH		N°8
Date	Désignation des travaux	TTR	réf pièce	usures en mm	pièces
05/92	Changement de la plaque réf 3025 Mesure de l'usure du stator réf 3005	1 h 30	1 réf 3025	0,15	500F
10/92	Changement du stator Mesure de l'usure du stator réf 3005	1 h 30	1 réf 3005	0,5	1 200 F
04/93	Changement de l'articulation (1) + (2) Mesure du jeu d'articulation	1 h 30	1 ens (1) et (2)	1	1 200 F