

**IV.1.Introduction:**

Dans ce chapitre, on a offert un aperçue sur les méthodes de suivi et de diagnostic des défauts d'un turbo-alternateur qui sont : « L'analyse vibratoire, l'analyse des huiles, la thermographie (mesure de température), l'ultrason. », pour apprécier l'état du turbo-alternateur, et prévenir les défaillances et assurer une disponibilité optimale de ces machines.

**IV.2.Les méthodes de suivi et de diagnostic:****IV.2.1.La thermographie:****IV.2.1.1.Notions de température:**

La température d'un corps est une grandeur physique qui caractérise le niveau énergétique de ce corps : celle-ci s'exprime en degrés Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ) ou en Kelvin (K). L'échelle en Kelvin est référencée au zéro absolu qui vaut  $-273,15^{\circ}\text{C}$  : à cette température, tout corps à une valeur énergétique nulle.

**IV.2.1.2.Mesure de température et thermographie infrarouge:**

La température se mesure à l'aide de thermomètres, par contact ou par rayonnement.

La mesure par contact nécessite comme l'indique la définition, un contact entre l'élément dont on veut mesurer la température et l'appareil de mesure. La mesure au moyen de thermomètres à rayonnement ne nécessite aucun contact : ces appareils mesurent des rayonnements émis par tout corps dont la  $T^{\circ}$  est supérieure à  $-273,15^{\circ}\text{C}$  ou zéro K : ces rayonnements ont des longueurs d'onde qui se situent dans l'infrarouge et sont proportionnels à la température des corps. Un calculateur intégré au thermomètre convertit les rayonnements en températures sur base d'un étalonnage référentiel spécifique réalisé en laboratoire.

Le thermomètre à rayonnement se compose en fait d'un radiomètre et d'un calculateur :Le radiomètre mesure la puissance de rayonnement émis et le calculateur la transcrit en températures.

Pour les hautes températures, on parle de pyromètres. Si on associe à l'observation d'une même scène thermique un système radiométrique de captation spatiale adjoint à un calculateur qui à la fois convertit les rayonnements infrarouges en points lumineux et en températures, on obtient une caméra infrarouge.

Cet équipement permet de visualiser et de quantifier les températures d'une scène thermique : cette technique est appelée "Thermographie infrarouge". [40]

### IV.2.1.3.Applications de la thermographie infrarouge :

La thermographie infrarouge classique est principalement utilisée dans l'industrie en tant que maintenance. Son avantage décisif est de permettre l'estimation de la qualité d'un équipement ou d'une installation en exploitation normale, et de prévenir les irrégularités de fonctionnement bien avant les pannes effectives.

La thermographie infrarouge peut-être également utilisée dans des applications R&D (recherche et développement), pour le contrôle de procédés de fabrication, pour la surveillance continue de systèmes. Dans ces applications, la thermographie n'est plus classique mais bien spécifique : celle-ci conduit à la mise en œuvre d'appareillages plus adaptés aux conditions d'analyse, donc requière des connaissances bien plus approfondies sur le sujet. Chaque utilisateur de caméra infrarouge ou autres systèmes radiométriques de mesure de températures doit connaître impérativement les limites physiques de son matériel ainsi que les limites de ses connaissances afin de préserver au mieux sa crédibilité à l'égard d'une clientèle de plus en plus avertie. Il n'est pas honteux de reconnaître une "certaine incompetence" face à une demande spécifique qui nécessitera l'intervention d'un spécialiste garanti.

### IV.2.1.4.La caméra infrarouge :

#### Fonctionnement :

La caméra infrarouge capte au travers d'un milieu transmetteur (ex : l'atmosphère) les rayonnements émis par une scène thermique. Le système radiométrique convertit la puissance de rayonnement en signaux numériques ou analogiques : ceux-ci sont transcrits en température par le calculateur et transformés en points lumineux sur un écran. [40]

L'image ainsi obtenue s'appelle "Thermogramme".



**Fig IV.1:** Caméra infrarouge.

#### IV.2.1.5. Contrôle sur des équipements mécaniques :

Les pièces mécaniques en mouvement peuvent s'échauffer anormalement par manque de lubrification, usure ou encore déformation dynamique des pièces (alignement incorrect par exemple).

- **Image thermique d'un compresseur :**

Cette image était prise pour des raisons entièrement préventives, pour contrôler son efficacité.



Fig IV.2: Image thermique d'un compresseur

#### IV.2.2. Analyse des huiles :

Les résultats d'analyse d'un lubrifiant permettent de détecter des anomalies caractéristiques telles que :

- Sur moteur thermique : problèmes d'étanchéité de la filtration d'air, infiltration de liquide de refroidissement ...
- Sur multiplicateurs, réducteurs et engrenages : mauvais état d'un roulement ou d'un palier, transmission défectueuse (engrenages endommagés) ...
- Sur les systèmes hydrauliques : pollution interne telle que la cavitation, défaut d'étanchéité, défaut de filtration. [17]

#### IV.2.2.1. La mise en place des méthodes d'analyse des huiles:

- **Sur site industriel :**

Par prélèvement d'échantillons et examens visuels (transparence, couleur, dépôts) des lubrifiants en service. Par un suivi continu de l'évolution des paramètres techniques tels que température, débit, pression de fonctionnement et les historiques des vidanges d'huile.

- **En laboratoire :**

Par analyses physico-chimiques évaluant la qualité lubrifiante de l'huile, par la détermination de la teneur en produits d'usure, par examen microscopique et comptage de particules en suspension dans l'huile, la maintenance conditionnelle par l'analyse des huiles représentera un outil de progrès à la disposition des responsables de service maintenance. [40]

De nombreux systèmes de lubrification turbine MS5001 les huiles Mobil DTE Série 700 sont conçues pour respecter, voire dépasser, les exigences des systèmes de circulation de cette turbine.

Mobil DTE Série 700	732	746	768
ISO VG	32	46	68
Viscosité, ASTM D445			
cSt à 40°C	30	44	64
cSt à 100°C	5.5	6.8	8.6
Indice de viscosité, ASTM D2270	117	113	110
Point d'écoulement, °C, ASTM D97	-30	-30	-30
Point d'éclair, °C, ASTM D92	228	230	242

**Tableau IV.1:** Caractéristiques d'huile Mobil DTE Série 700. [27]

Les utilisations spécifiques comprennent:

- Production d'énergie électrique à haut rendement permanent.
- Centrales électriques à turbine à gaz à cycle combiné fonctionnant en régime permanent ou en production de pointe.
- Turbine à gaz dans des centrales électriques de secours.
- Générateurs de mouvement par turbine à gaz ou à vapeur.
- Application avec turbines hydroélectriques.

### IV.2.3.Mesure par ultrason:

La détection de défauts par ultrasons peut être utilisée en complément de la thermographie infrarouge dans ses applications électriques et mécaniques.

Elle peut aussi être utilisée seule, par exemple pour la recherche de fuites de gaz ou d'air comprimé.

- **L'utilisation des ultrasons pour la mécanique:**

Les défauts généralement détectés par ultrasons sont les suivants :

- usure générale,
- roulement défectueux,
- mauvais graissage des roulements,
- défaut de coaxialité ou hyperstatisme.

- **Inspection/surveillance des paliers :**

Le détecteur à ultrasons permet de repérer le stade préliminaire de défaillance des paliers d'un moteur. Par l'application d'une sonde de contact au niveau des paliers, il est possible d'entendre les ultrasons générés par celui-ci. L'opérateur fait la différence entre un palier défectueux et un palier en « bonne santé ». On peut noter les tendances, rechercher les causes de pannes et confirmer les problèmes potentiels du palier.

- **Inspection mécanique générale :**

A l'aide du détecteur à ultrasons il est possible d'inspecter les pompes, moteurs, compresseurs, engrenages et boîtes de vitesse.

On peut déterminer les problèmes de deux façons :

- **par comparaison** : en analysant les sons émis par des appareils similaires,
- **par évolution** : en analysant le signal ultrasonique d'un équipement au cours de son usage (cela suppose un suivi historique de l'appareil). Cette inspection est particulièrement recommandée pour les ensembles mécaniques ayant un rôle clé dans la chaîne de production. [40]

- **Matériel utilisé :**

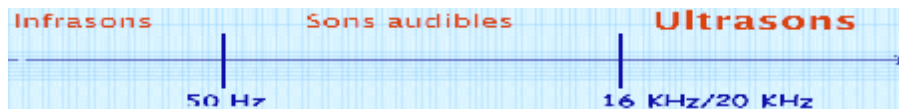
Système d'inspection ultrasonique détectant les fréquences entre 20KHz et 100KHz ; celles-ci sont converties en fréquences audibles 50Hz à 3KHz. Deux indicateurs sont utilisés : un microcasque isolé contre les bruits et un compteur de sortie. Un réglage en modulation de fréquence permet d'obtenir une réponse extrêmement étroite

L'inspection par ultrasons nécessite que les appareils soient sous tension mais ils ne doivent pas être nécessairement en charge comme dans le cas de la thermographie infrarouge. [40]

- ✓ Mise en route rapide
- ✓ Répétitivité des mesures
- ✓ Mémoire & transfert vers PC
- ✓ Upgradable
- ✓ Simple à utiliser & robuste.
- ✓ Localisation très précise de défauts naissants
- ✓ Chaque défaut est repéré par son bruit caractéristique (bruissement, crépitement, bourdonnement).

- **Caractéristiques d'ultrason :**

Ultrasons = vibration (son) : Avec une fréquence inaudible pour l'homme.



**Fig IV.3:** Caractéristiques d'ultrason. [40]

- **Différentes sources:**

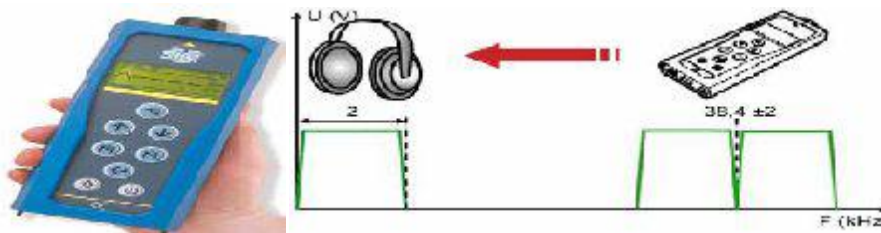
- ✓ Turbulences dues aux problèmes pneumatiques ou hydrauliques
- ✓ Fuites de pression ou de vide Systèmes hydrauliques
- ✓ Systèmes vapeur
- ✓ Problèmes électriques :
- ✓ Formations d'arcs
- ✓ Des cheminements électriques d'effets de couronne d'interférences radio/TV

- **Détecteur d'Ultrasons :**

Les ondes ultrasonores se situent au-delà du seuil de perception de l'oreille humaine (+20 kHz). Pour les détecter, il faut un équipement ayant la capacité de recevoir les fréquences ultrasonores et les convertir en sons audibles. [40]

Un détecteur d'Ultrasons est capable de :

- ✓ Détecter les hautes fréquences
- ✓ Ignorer les basses ou les audibles
- ✓ Convertir les signaux en sons audibles
- ✓ Mesurer les signaux
- ✓ Enregistrer les mesures pour un suivi
- ✓ Transférer les datas vers un PC.



**Fig IV.4:** Détecteur d'ultrasons [41]

#### IV.2.4.L'analyse vibratoire:

##### IV.2.4.1.Un contrôle des vibrations:

Toute machine en fonctionnement produit un degré de vibration généré par ses mouvements rotatifs ou linéaires. Des petits niveaux de vibration ambiante sont parfaitement acceptables.

Cependant des plus hauts niveaux et une tendance croissante sont symptomatiques d'une anomalie de fonctionnement.

##### IV.2.4.2.Vibration:

On désigne par vibration la variation dans le temps d'une grandeur quelconque. Il existe de nombreux exemples, qu'ils soient artificiels ou naturels, pour lesquels on observe un tel phénomène de va-et-vient autour d'une position de repos.

III.2.4.3.Naissance d'une vibration:

Dans l'exemple de la figure (IV.5), une vibration est créée lorsque l'on déplace la masse de sa position d'équilibre à une position maximale ou minimale. Si l'on considère que le mouvement n'est pas amorti, la masse vibrera indéfiniment entre ses deux positions maximale et minimale.

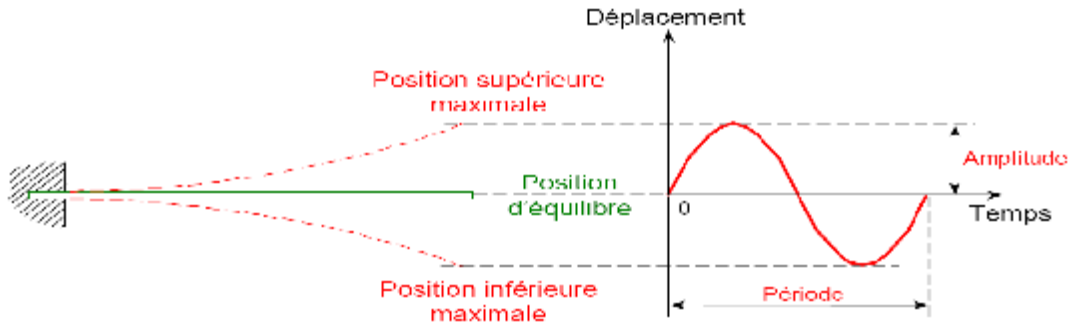


Fig VI.5: Naissance d'une vibration [8]

IV.2.4.4.Importance des vibrations:

L'organigramme suivant indique l'importance des vibrations pour relever l'état de fonctionnement de la machine

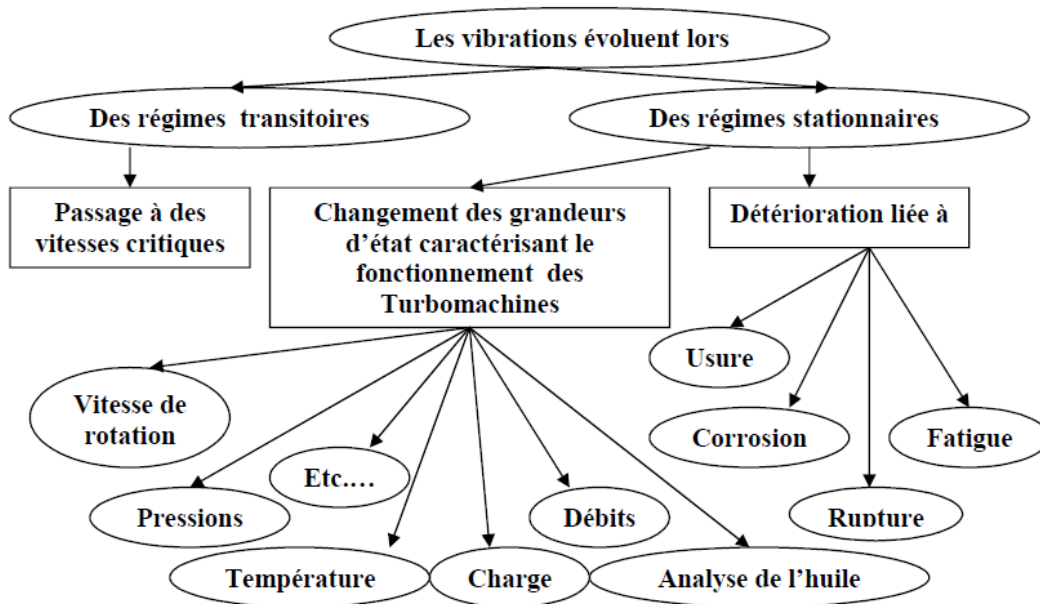
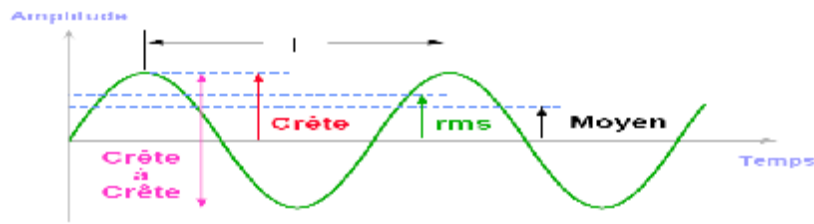


Fig IV.6: Importance des vibrations. [40]



#### IV.2.4.5. Les méthodes d'analyse des vibrations:



**Figure IV.7:** Les différents outils d'analyse vibratoire [33]

Il existe différents outils d'analyse vibratoire permettant de détecter et de diagnostiquer l'apparition des défauts dans les roulements. De nombreuses publications synthétisent ces différentes méthodes ou outils. Elles sont généralement classées en deux grandes familles.

- **Les méthodes temporelles:**

Les méthodes temporelles sont basées sur l'analyse statistique du signal recueilli, elles s'appliquent à des machines simples et consistent à effectuer des mesures de vitesse dans des gammes de fréquences faibles et des mesures d'accélération dans des gammes de fréquences élevées. Le but est de minimiser l'influence des vibrations induites par la rotation des arbres. Cette méthode utilise des indicateurs scalaires qui permettent de suivre l'évolution d'une grandeur dérivant de la puissance ou de l'amplitude crête du signal. Sa valeur peut ne pas avoir de signification intrinsèque, mais c'est son évolution dans le temps qui est significative du défaut.

- **Les méthodes fréquentielles :**

Les méthodes fréquentielles sont basées sur la transformée de Fourier. La connaissance des fréquences caractéristiques permet d'identifier et de localiser les défauts issus des composants mécaniques en analysant leur spectre. Elles sont souvent utilisées pour les machines complexes comportant beaucoup de composants mécaniques. [40]

#### IV.3. Conclusion:

Les méthodes de diagnostic ont obligé de faire appel à des interventions efficaces en vue de rendre le groupe turbo-alternateur en état de bon fonctionnement. Ceci permet au futur d'améliorer les compétences pratiques, de gagner du temps et de rentabiliser l'unité de production.