

1) Définition de la maintenance

Le mot *diagnostic* peut avoir plusieurs interprétations selon le contexte et le domaine d'application. Le diagnostic des procédés industriels a pour objet de trouver la cause d'une défaillance ou d'un défaut. La définition de ce dernier adoptée par les instances internationales de normalisation "AFNOR" (association française de normalisation) est la suivante:

le diagnostic est l'identification de la cause probable de là (ou des) défaillance(s) à l'aide d'un raisonnement logique fondé sur un ensemble d'informations provenant d'une inspection, d'un contrôle ou d'un test.

La responsabilité de garantir la disponibilité des systèmes repose sur la maintenance. D'après la norme AFNOR la maintenance est définie ainsi:

la maintenance: ensemble des activités destinées à maintenir ou à rétablir un bien dans un état ou dans des conditions données de sûreté de fonctionnement, pour accomplir une fonction requise.

2) Les différentes politiques de maintenance

On peut citer trois types de maintenance:

- ***maintenance corrective:*** intervient après la détection et la localisation d'un défaut;
- ***maintenance préventive:*** effectuée dans l'intention de réduire la probabilité de défaillance d'un bien ou la dégradation d'un service rendu. C'est une intervention de maintenance prévue, préparée et programmée avant la date probable d'apparition d'une défaillance.

Le plus souvent, elle est systématique, c'est-à-dire une maintenance préventive effectuée selon un échéancier établi suivant le temps ou le nombre d'unités d'usage;

- ***maintenance conditionnelle:*** alternative à la maintenance systématique, faite l'objet d'une demande croissante dans un grand nombre d'application industrielle. Elle est basée sur la surveillance en continu de l'évolution du système, afin de prévenir un dysfonctionnement avant qu'il n'arrive. Elle n'implique pas la connaissance de la loi de dégradation. La décision d'intervention préventive est prise lorsqu'il y a évidence expérimentale du défaut imminent, ou approche d'un seuil de dégradation prédéterminé. Elle impose donc des traitements en ligne, au moins une partie. La figure (1) représente le diagramme des différents concepts de maintenance et les évènements associés.

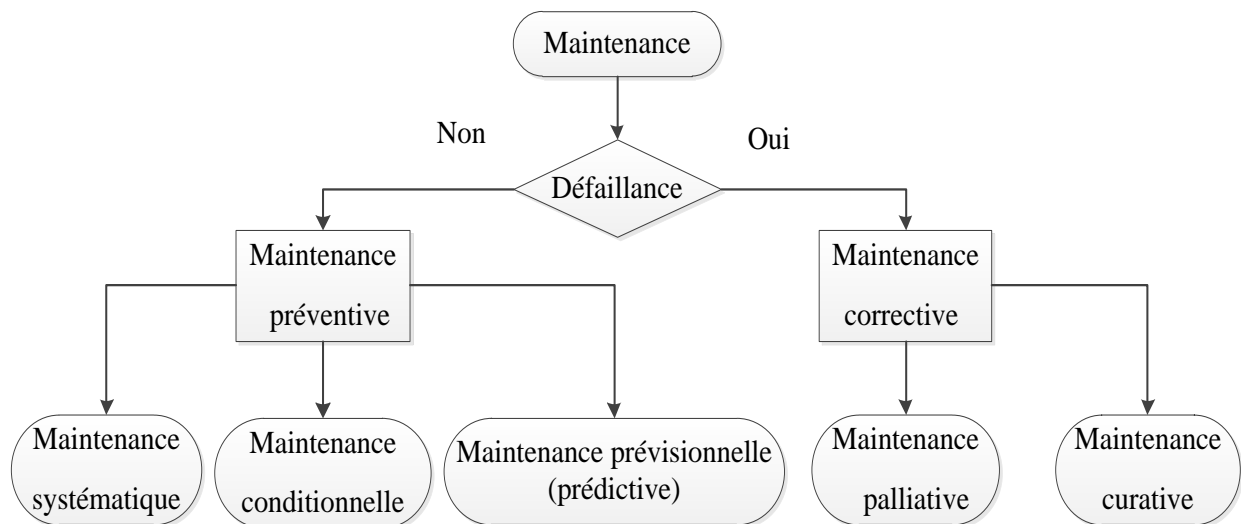


Figure 1: Diagramme des différents concepts de maintenance

Pour accomplir ces fonctions, la maintenance nécessite de connaître l'état de fonctionnement des systèmes.

La surveillance donne une réponse aux besoins d'information de la maintenance définie comme: un dispositif passif, informationnel qui analyse l'état du système et fournit des indicateurs.

La surveillance consiste notamment à détecter et à classer les défaillances en observant l'évolution du système puis à le diagnostiquer en localisant les éléments défaillants et en identifiant les causes premières. Elle se compose donc de deux fonctions principales qui sont la détection et le diagnostic, où la détection caractérisant le fonctionnement du système normal ou anormal.

3) Les techniques de surveillance

3.1) Mesure des vibrations

Toutes les machines, et particulièrement les machines tournantes, vibrent et l'image vibratoire de leurs vibrations a un profil très particulier lorsqu'elles sont en état de bon fonctionnement. Dès que des phénomènes d'usure, de fatigue, de vieillissement, de désalignement, de balourd, etc.. apparaissent, l'allure de cette image change, ce qui permet, de quantifier l'intervention. La plupart des défauts mécaniques peuvent être détectés par cette technique.

3.1.1) Définition d'une vibration

Un système mécanique est dit en vibration lorsqu'il est animé d'un mouvement de va-et-vient autour d'une position moyenne, dite position d'équilibre. Si l'on observe le mouvement d'une masse suspendue à un ressort (figure 2), on constate qu'il se traduit par :

- un déplacement : la position de la masse varie de part et d'autre du point d'équilibre ;
- une vitesse de déplacement : variation du déplacement par rapport au temps ;
- une accélération : variation de la vitesse par rapport au temps.

La vibration d'une machine soumise à une force périodique peut être décrite en termes de **déplacement**, de **vitesse** ou **d'accélération**. La vitesse du mouvement vibratoire correspond à la variation de son déplacement pour une unité de temps. L'accélération représente une variation de la vitesse par unité de temps.

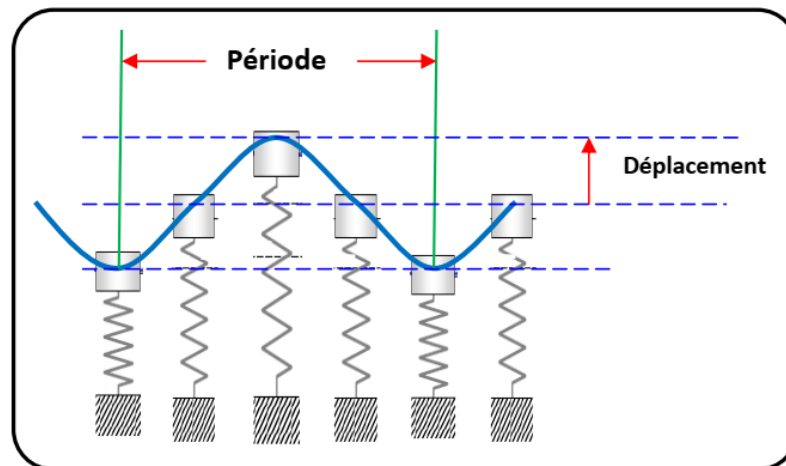


Figure 2 : Mouvement d'une masse suspendue à un ressort

3.1.2) Caractéristiques d'une vibration

Une vibration se caractérise principalement par sa **fréquence**, son **amplitude** et sa **nature**.

a. Fréquence

Définition

La fréquence est le nombre de fois qu'un phénomène se répète en un temps donné. Lorsque l'unité de temps choisie est la seconde, la fréquence s'exprime en **hertz [Hz]**. **1 hertz = 1 cycle/seconde**. Une vibration qui se produira 20 fois par seconde aura donc une fréquence f de 20 hertz. Si la fréquence f d'un phénomène est de 50 hertz, c'est-à-dire 50 cycles par seconde, la durée d'un cycle (ou **période T**) est de $1/50^{\text{ème}}$ de seconde. La fréquence f est l'inverse de la période T : $f = 1/T$.

Remarque

Si l'unité normalisée de la fréquence est l'hertz [Hz], on rencontre parfois des valeurs exprimées en CPM (cycle par minute) ou RPM (rotation par minute). D'où : $1 \text{ hertz} = 1 \text{ CPM}/60 = 1 \text{ RPM}/60$. Il est intéressant parfois d'exprimer des phénomènes liés à la rotation en multiple ou **ordre** de la fréquence de rotation.

b. Amplitude

Définition

On appelle amplitude d'une onde vibratoire la valeur de ses écarts par rapport au point d'équilibre et on peut définir :

- l'amplitude maximale par rapport au point d'équilibre appelée amplitude crête (**A_c**) ou niveau crête;
- l'amplitude double, aussi appelée l'amplitude crête à crête (**A_{cc}**) (*peak to peak*, en anglais) ou niveau crête-crête ;
- l'amplitude efficace (**A_{eff}**) , aussi appelée **RMS** (*Root Mean Square*) ou niveau efficace.

4) Nature d'une vibration

Une machine tournante quelconque en fonctionnement génère des vibrations que l'on peut classer de la façon suivante:

- Les vibrations périodiques de type sinusoïdal simple [figure 3.a] ou sinusoïdal complexe [figure 3.b] représentatives du fonctionnement normal ou anormal d'un certain nombre d'organes mécaniques (rotation de lignes d'arbres, engrènements,...) ou d'un certain nombre d'anomalies (déséquilibre, désalignement, déformations, instabilité de paliers fluides, déversement de bagues sur roulements, ...).
- Les vibrations périodiques de type impulsionnel [figure 3.c] sont appelées ainsi par référence aux forces qui les génèrent et à leur caractère brutal, bref et périodique. Ces chocs peuvent être produits par des événements normaux (presses automatiques, broyeurs à marteaux, compresseurs à pistons, ...) ou par des événements anormaux comme l'écaillage de roulements ou un défaut sur des engrenages, un jeu excessif, ...
- Les vibrations aléatoires de type impulsionnel [figure 3.d] peuvent, par exemple, être générées par un défaut de lubrification sur un roulement, la cavitation d'une pompe, ...

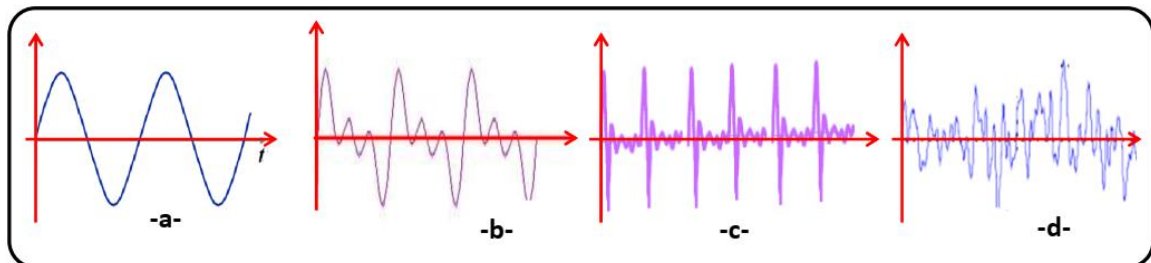


Figure 3 : Nature d'une vibration

5) Les capteurs de vibration

5.1) Définition

Le détecteur décrit ici permet de commander un appareil sur présence d'une détection de choc mécanique.

5.2) Comment fonctionne le détecteur de vibrations ?

Le détecteur de vibrations mesure les vibrations du support sur lequel il est fixé. Sa sensibilité est réglable. Lorsque le niveau de vibration atteint le seuil critique défini par la sensibilité du détecteur, ce dernier envoie un signal son à la centrale d'alarme.

5.3) Pourquoi choisir le détecteur de vibrations ?

Le détecteur de vibrations permet un déclenchement d'alarme rapide et dissuasive du système d'alarme avant intrusion. En effet, le déclenchement peut survenir alors que l'intrus n'a pas encore fracturé la porte ou fenêtre à laquelle il s'est attaqué.

5.4) Les avantages du détecteur de vibrations

- le détecteur de vibrations communique en sans-fil avec le système d'alarme.
- Afin de permettre une autonomie souvent supérieure à un an, le détecteur de vibrations fonctionne à l'aide d'une pile au Lithium 3V.
- La portée sans fil du détecteur de vibrations est d'environ 150m en champs libre, il convient parfaitement à la protection des toutes les ouvertures spécifiques d'un pavillon standard.
- L'installation du détecteur de vibrations est simple et rapide à l'aide de la bande adhésive fournie. En effet, il n'est pas nécessaire de percer les portes et les fenêtres (lieu d'emplacement du détecteur) pour fixer ce détecteur.

5.5) Conseils d'installation du détecteur de vibrations

Le détecteur de vibrations est un détecteur multi-usager pouvant servir dans de nombreux cas. Il peut à la fois de protéger certaines ouvertures spécifiques et toutes sortes d'objets de valeur. Le détecteur de vibrations fonctionne à l'aide d'un capteur de vibrations intégré dont la sensibilité est réglable. Il convient de régler la sensibilité du détecteur en fonction du type de support et de son environnement.

5.6) Comment installer le détecteur de vibrations ?

Le détecteur de vibrations se fixe à l'endroit où l'on souhaite détecter les vibrations. Par exemple pour une vitrine il pourra être fixé directement sur la vitre, pour une fenêtre il pourra être fixé sur l'encadrement. Il peut aussi être simplement posé dans un

objet. Afin d'éviter le perçage, le détecteur est fourni avec une bande adhésive permettant sa fixation. Il faut veiller à appliquer cette bande adhésive sur un support propre et sec afin de garantir une bonne adhérence. Le détecteur de vibrations peut également être fixé à l'aide de vis, dans ce cas il faudra veiller à ce que les têtes de vis n'entrent pas en contact avec le circuit imprimé.

Autres recommandations concernant le détecteur de vibrations. La sensibilité du détecteur peut être réglée par un réglage interne au détecteur. Le détecteur de vibrations doit être fixé à la verticale, la LED vers le haut. Une légère inclinaison du détecteur est possible, cela réduit la sensibilité aux vibrations.

6) Stratégies de surveillance vibratoire

a. Mesure vibratoire en niveau global

Cette stratégie de surveillance consiste à mesurer, à l'aide de capteurs, le niveau global d'un ou de plusieurs indicateurs (déplacement, vitesse ou accélération), à suivre son évolution dans le temps et à le comparer à des normes ou des mesures précédentes. Certes, toute évolution est due à une dégradation de la machine. Cela permet de mettre en évidence l'existence d'une anomalie à un stade précoce et de faire une première idée des types de défauts qui affectent la machine, mais ne permet pas d'établir un diagnostic précis.

b. Analyse temporelle

Cette stratégie consiste à suivre, au cours du temps, le comportement vibratoire d'une machine en fonction de ces paramètres de fonctionnement (étude de la vibration d'une turbine lors de son accélération ou sa décélération). Ce type de suivi est simple à exploiter lorsque le signal est simple mais il devient inexploitable lorsque le signal a pour origine des sollicitations multiples.

c. Analyse spectrale

L'analyse spectrale consiste à relever le signal vibratoire mesuré sur la machine et de procéder à une analyse systématique pour rechercher la présence d'images vibratoires de l'ensemble des défauts susceptibles d'affecter l'installation considérée. Cela permet d'accéder au diagnostic, c'est à dire, d'identifier avec précision la nature de l'anomalie et si possible en préciser la gravité.

Références bibliographiques

Références bibliographiques:

1. Mahdi Ismahane, « Analyse qualitative et quantitative de la sûreté de fonctionnement des convertisseurs statiques», Mémoire de Magister, 2012, Université M'hamed Bougara-Boumerdes.
2. Cours, « Introduction à la maintenance», ISET Nabeul 2013-2014.
3. Talhaoui Hicham, « Contrôle par mode glissant: Observation et estimation paramétrique d'une machine à induction avec défauts », Thèse doctorat en science, 2016, Université Mohamed Khider Biskra.
4. Landolsi Foued, « Cours de techniques de surveillance», ISET Nabeul.
5. Matthieu Desinde, «Contribution a la mise au point d'une approche integreeanalyse diagnostique / analyse de risques», Thèse doctorat, 2006, Université Joseph Fourier Grenoble 1.
6. Kedim Zouheyr ; Chebourou Abderrazzaq, «Etude et réalisation d'un détecteur de vibration mécanique», Master, 2016, Universite Abou Bakr Belkaid – Tlemcen.