

Détection des défauts des roulements par analyse spectrale

M. Bouamama, K. Reffasi, A. Elmeiche, A.El hennani

Laboratoire de mécanique des structures et des solides (LMSS)

*Département de génie mécanique, faculté de technologie
université DJILALLI Liabes SIDI BEL ABESS*

bou_mohad@yahoo.fr

Résumé:

Les roulements sont parmi les composants les plus sollicités ces machines et représentent une source de panne fréquente. Les défauts que l'on peut rencontrer sont les suivants : écaillage, grippage, corrosion (qui entraîne l'écaillage), faux effet de Brinell, etc. tous ces défauts ont un point commun : ils se traduisent tôt ou tard par une perte de fragments de métal. Ce travail présente une étude sur la surveillance des roulements par analyse vibratoire. Les vibrations sont des phénomènes physiques utilisés pour mettre en évidence des défauts de fonctionnement ou de dégradation d'une machine tournante et donnent une meilleure mesure de son état. La détection de la détérioration précoce d'un roulement est mise en évidence par l'utilisation d'un indicateur de défaut statistique fréquentielle qui est le spectre. Cette approche permet de développer une nouvelle forme de maintenance conditionnelle.

Mots clés: Analyse vibratoire, Défauts des roulements, fréquences, spectre

1 Introduction

Les roulements sont des éléments clés de toute machines tournantes, ils sont souvent sujets à des dégradations qui peuvent provoquer l'arrêt du processus de production. Dans certains cas ils peuvent causer des accidents de fonctionnement graves.

Les vibrations de roulements génèrent souvent des signaux relativement complexes qui varient en fonction de plusieurs facteurs : la charge, la présence de défauts et la géométrie du roulement. Quand des défauts ponctuels surviennent, des chocs sont générés et créent des vibrations qui peuvent être soit analysées dans le domaine temporel (niveau crête, efficace, facteur de crête, Kurtosis, Cepstre) ou bien dans le domaine fréquentiel (analyse spectrale ou d'enveloppe, transformées de Hilbert, etc.) [1].

2 Cause de dégradation des roulements :

Les incidents de roulements se classent en deux catégories principales suivantes qu'ils sont dus à des défauts de fabrication, des erreurs de montage ou une lubrification insuffisante.

2.1 Les défauts de fabrication :

Les détériorations au niveau de la fabrication peuvent être classées en différents types :

-Les écaillages (voir les figures 1et 2) : les phénomènes de fatigue des surfaces qui roulent l'une sur l'autre sont complexes. ils résultent de multiples paramètres liés au mouvement lui-même d'une part, aux caractéristiques des matériaux en présence et du lubrifiant d'autre part.les écaillages sont soit superficiels, soit en profondeur. Dans l'un ou l'autre cas les causes de détériorations sont multiples : défaut de lubrification ,épaisseur du film d'huile insuffisante ,défaut métallurgique, formation d'oxyde

qui facilite l'amorce d'une fissure qui se développe ensuite etc... compte tenu de la complexité du problème des expertises sont généralement faites par le fabricant du roulement : ce qui permet dans nombre de cas de relier l'effet à la cause [2] .

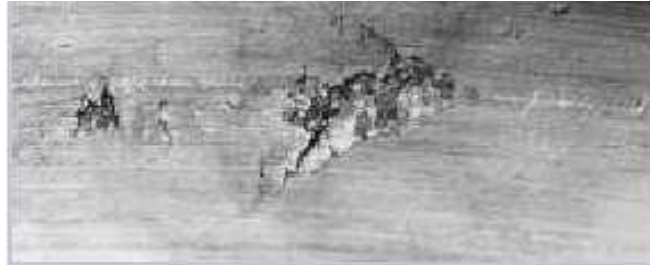


Figure 1 : Ecaillage

superficiel

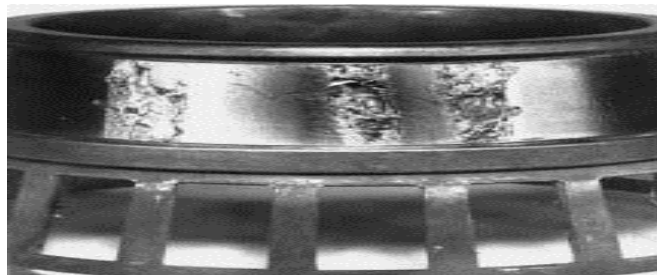


Figure 2 : Ecaillage de fatigue

-Les fissures profondes : Ces fissures profondes sont la conséquence d'un écaillage profond. Elles peuvent résulter :

De chocs au montage, De chocs brutaux en service, De traitements thermiques défectueux, De jeu trop serré et de jeu trop grand sur la bague tournante provoquant des glissements des phénomènes de corrosion

2.2 Les défauts de montages :

-La propreté : toute intrusion de particules étrangères entraîne des détériorations qui évoluent inéluctablement vers l'écaillage.

-la chauffe : il est impératif d'éviter les chauffes à plus de 120 degrés qui peuvent provoquer des modifications des caractéristiques métallurgiques lorsque la température dépasse 150 degrés, il y a alors destructions de la graisse avec tous les ennuis qui en résultent.

-les chocs : les roulements sont très sensibles au choc. Une bague mal engagée sur l'arbre ne doit pas recevoir de coups pour sortir. Un rapide passage au séchoir permettra de la sortir aisément.

-la géométrie : il faut éviter des ovalisations, les conicités, les désalignements, les jeux trop faibles ou trop forts, etc...

-la vaseline de protection : l'épaisse couche de vaseline qui couvre certains roulements doit être éliminée.

3 Techniques de détection des défauts des roulements :

L'étude théorique sur les roulements montre les différentes anomalies et la détermination de la durée de vie des roulements. Le diagnostic vibratoire des machines, basé sur la connaissance des images vibratoires où se manifestent les défauts afin de regrouper et déterminer les seuils de jugements [3].

La reconnaissance de la nature de ces vibrations est un élément précieux pour la détermination de l'origine d'une anomalie. En mettant en évidence la répétition de cette impulsion, on définit ainsi les fréquences cinématiques caractéristiques des défauts de chaque élément du roulement, Il existe différents outils d'analyse vibratoire permettant de détecter et de diagnostiquer l'apparition des défauts, parmi ces différentes méthodes on a :

3.1 Méthodes temporelles :

Les méthodes temporelles sont basées sur l'analyse statistique du signal recueilli. Ces méthodes utilisent des indicateurs scalaires qui permettent de suivre l'évolution d'une grandeur dérivant de la puissance ou de l'amplitude crête du signal.

L'indicateur le plus courant est sans doute la valeur efficace ou couramment appelée RMS (Root Mean Square). Elle est donnée par

$$v_{ef} = v_{Rms} = \sqrt{\frac{1}{N_e} [X(n)]^2}$$

Notons également l'utilisation des indicateurs crêtes qui sont issus des valeurs crêtes du signal temporel mesuré, il est possible de distinguer principalement entre :

- Le facteur de crête qui est défini comme étant le rapport entre la valeur crête et la valeur efficace, il est signe d'une éventuelle dégradation si sa valeur dépasse six.

$$F_{crête} = \frac{\sup |X(n)|}{\sqrt{\frac{1}{N_e} \sum_{n=1}^{N_e} [X(n)]^2}}$$

- Le kurtosis qui représente le rapport entre le moment statistique d'ordre quatre et le moment statistique d'ordre deux au carré. Pour une distribution gaussienne le kurtosis est égale à 3 (cas d'un roulement sain). Lorsque le signal devient non gaussien (présence d'évènements dus au défaut) le kurtosis devient supérieur à 3.

$$kurtosis = \frac{\frac{1}{N_e} \sum_{n=1}^{N_e} (X(n) - \bar{X})^4}{\left[\frac{1}{N_e} \sum_{n=1}^{N_e} (X(n) - \bar{X})^2 \right]^2}$$

4 Fréquences caractéristiques d'un roulement [4] :

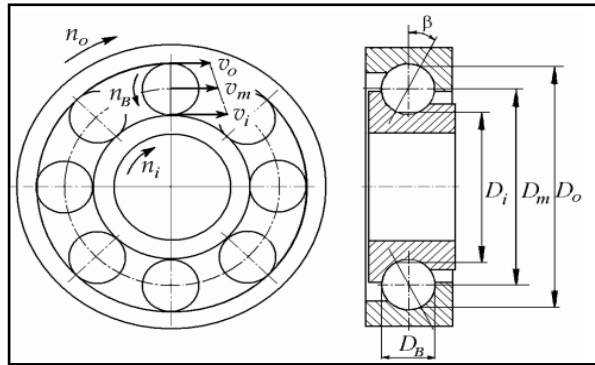


Figure 3 : Roulement à contact oblique

La fréquence de passage des billes sur la bague externe : $f_o = \frac{Z}{2} f_r \left(1 - \frac{D_B}{D_m} \cos \beta \right)$

La fréquence de passage des billes sur la bague interne : $f_i = \frac{Z}{2} f_r \left(1 + \frac{D_B}{D_m} \cos \beta \right)$

La fréquence de défaut d'une bille : $f_B = f_r \frac{D_m}{D_B} \left[1 - \left(\frac{D_B}{D_m} \cos \beta \right)^2 \right]$

la fréquence de la cage: $f_c = \frac{1}{2} \left[\frac{n_o}{60} \left(1 + \frac{D_B}{D_m} \cos \beta \right) + \frac{n_i}{60} \left(1 - \frac{D_B}{D_m} \cos \beta \right) \right]$

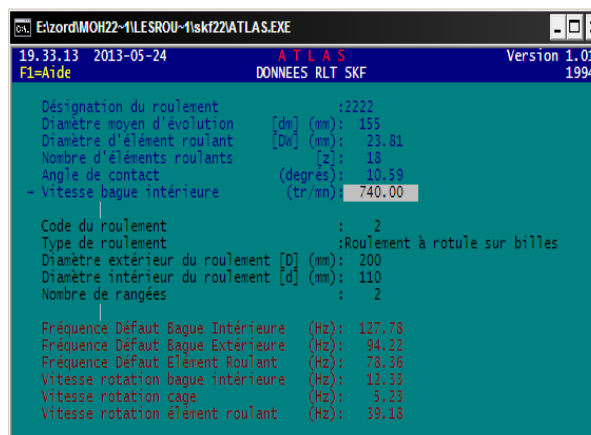


Figure 4 : Exemple de bases de données de défauts de roulements

Les fréquences caractéristiques calculées peuvent être trouvées à partir des formules données par l'intermédiaire du logiciel «ATLAS » [5]. (voir la figure si dessous)

5 Moyen de mesure et d'analyse vibratoire :

Nous avons mis en œuvre pour cette campagne de mesure :

Collecteur de données et analyseur de dernière génération: MVP 2C (01dbvib), Capteur accélérométrique et son câble : ASH201, sensibilité 0.1mV/g (Metravib Technologie) et logiciel d'analyse vibratoire associé : DIVADIAG (S'Tell Diagnostic)

5.1 Le collecteur de données :

C'est un appareil portable qui mesure les vibrations. notamment en informatique et en électronique de pointe [6].

Les équipements sur lesquels les prélèvements de mesures vibratoires ont été réalisés sur l'atelier de la ligne de production EA1(atelier de tirage CRUEA1)

5.2 Ventilateur de tirage EP1 :

a). Schéma cinématique et ponts de mesure de la machine : Les points énumérés de « 01 à 04 » sur le schéma cinématique sont les points de prélèvement des mesures de vibrations.

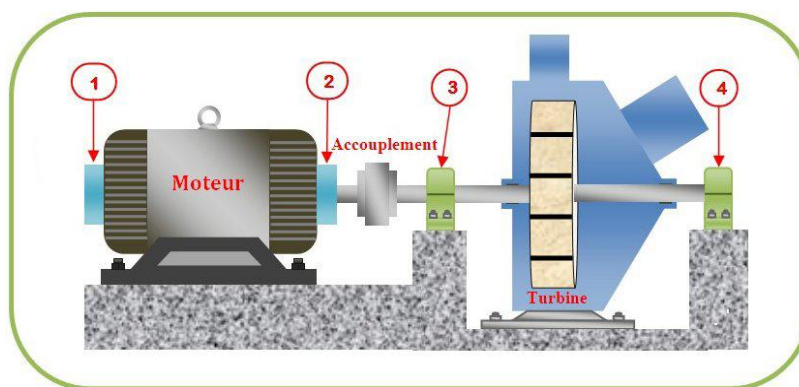
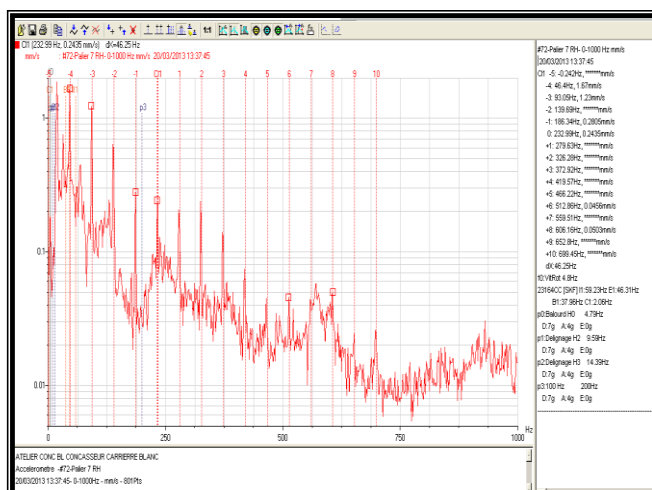
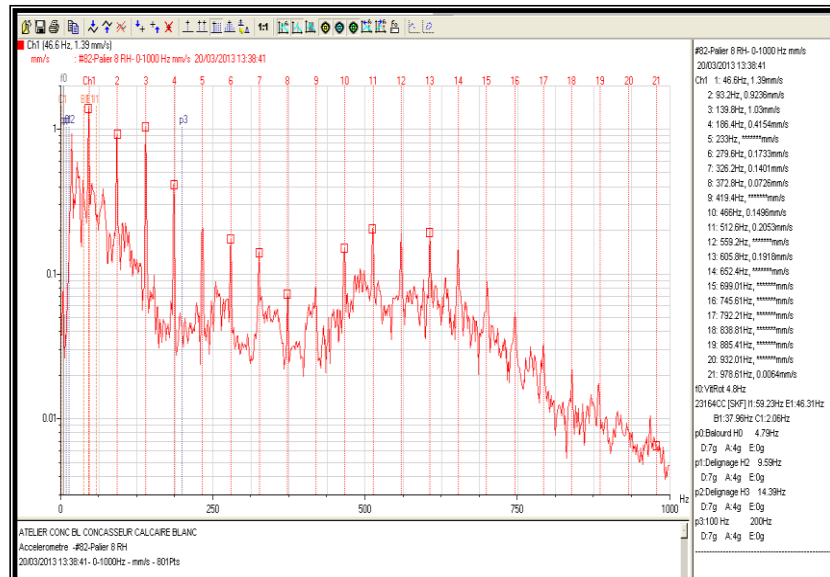


Figure 4 : Schéma cinématique du ventilateur EP1



Spectres du défaut de la bague externe du roulement type 22232 CC/W33-C3 (palier fixe 03)

On constate un pic à 135.28 Hz égal à la fréquence BPFO ; les deux premières harmoniques présentent (271.29 Hz et 436.26 Hz). Avec ces seules informations, la présence du défaut est détectée (défaut d'écaillage). Cependant, on constate toute une série de pics entourant ces fréquences. Il s'agit en fait de la modulation de la fréquence BPFO par la fréquence de rotation. Ceci provient du fait que lorsque l'arbre tourne. On peut conclure que ces résonances sont réellement excitées par des chocs aléatoires.



Spectre du défaut de type écaillage de la bague externe du roulement type 22232 CC/W33-C3 (palier libre N04)

On constate un pic à 135.28 Hz égal à la fréquence BPFO ; les deux premières harmoniques présentent (271.29 Hz et 436.26 Hz). Avec ces seules informations, la présence du défaut est détectée (défaut d'écaillage). Cependant, on constate toute une série de pics entourant ces fréquences. Il s'agit en fait de la modulation de la fréquence BPFO par la fréquence de rotation. Ceci provient du fait que lorsque l'arbre tourne. On peut conclure que ces résonances sont réellement excitées par des chocs aléatoires.

Actions à entreprendre :

Nous préconisons de procéder au contrôle du jeu fonctionnel des deux roulements portant la turbine.

6 Conclusion

une présentation des roulements, de leurs processus de dégradation ainsi que des effets vibratoires associés, nous a permis de souligner l'importance de la mise en place de la surveillance pour détecter les possibles pannes. Les méthodes basées sur des mesures vibratoires nous ont montré plusieurs approches de traitement du signal, les techniques utilisées actuellement, basées sur l'analyse de Fourier, ne sont pas efficaces lorsque le signal analysé est de courte durée ou non stationnaire.

Une analyse spectrale par décomposition harmonique (méthode d'enveloppe) est une méthode qui se base sur l'excitation de la fréquence de résonance et la recherche de

l'information à travers la modulation d'amplitude de cette fréquence de résonance pour détecter ce type de défauts caractérisés à l'état précoce.

Référence :

[1] Marie-Line Zani , les roulements, des composants a surveiller de prés, MESURES 754 - AVRIL 2003

[2] L.Bourgain, R.Dart, J.bourgain, machines tournantes et circuit pulsés, DUOD, bordas,paris,1988

[3] G.Zwingelstein, Diagnostic des défaillances, théorie et pratique pour les systèmes industriels", Hermes, Paris. 1995

[4] MERCIA.R, Dynamics of machinery III, edition drinteck, 2008

[5] F.Landolsi . Cours de technique de surveillance

[6] H. Heguib, R. Chaïb, Diagnostic de l'état des machines tournantes par l'analyse vibratoire, 1er Congrès International de Mécanique, Constantine, CIMC'02, 14,15 et 16 décembre 2002