

Application du kurtosis spectral pour la détection des défauts des roulements d'un moteur asynchrone

S. Fedala, H. Mahgoune, A. Felkaoui, R. Zegadi

Laboratoire de mécanique de précision appliquée, institut d'optique et mécanique de précision, Université de Sétif, 19000, Algérie. e-mail : semchedinef@yahoo.fr

Mots-clés : vibrations mécaniques ; traitement du signal ; diagnostic ; kurtosis spectral ; défauts des roulements, densité spectrale de puissance, spectre d'enveloppe.

Résumé :

La production industrielle est condamnée à la performance si elle veut survivre ; elle évolue dans un contexte de plus en plus sévère en ce qui concerne les coûts, les cadences, la qualité, la sécurité et les nuisances ; de ce fait, l'outil de production doit faire l'objet d'une maintenance efficace. C'est pourquoi la surveillance et le diagnostic des systèmes mécaniques sont passés au rang des préoccupations majeures des industriels. La tendance actuelle est de rechercher des outils capables de révéler de manière précoce l'apparition de dysfonctionnements dans le but de remplacer progressivement la maintenance systématique par une maintenance conditionnelle moins coûteuse.

Parmi les différentes méthodes de diagnostic possibles (analyse d'huile, analyse de température...), celles qui reposent sur l'analyse vibratoire occupent une place de plus en plus importante en raison des performances croissantes du traitement du signal. Les signaux vibratoires sont composés de signaux aléatoires correspondant au bruit et des signaux provenant de sa constitution. Ces derniers ne sont pas exactement stationnaires.

Pour détecter le défaut à un stade précoce, la méthode la plus utilisée est le calcul de l'enveloppe et son spectre, mais pour calculer l'enveloppe nous devons connaître avec précision les fréquences de résonances qui contiennent les informations nécessaires sur le défaut. Pour déterminer cette bande de fréquence, **J. Antoni** et **al** ont proposé d'utiliser le kurtogramme basé principalement sur le calcul du Kurtosis spectrale, afin de détecter et de caractériser des non-stationnarités dans un signal.

Dans ce travail, nous proposons d'utiliser le Kurtosis spectrale pour la détection d'un défaut variable sur la bague intérieure d'un roulement à billes. Les signaux vibratoires que nous proposons d'étudier sont disponibles sur le site web de l'université américaine ; The Case Western Reserve University - Bearing Data Center. Cleveland, Ohio. USA ; c'est une base de données des essais des roulements à billes sains et défectueux.

Application du kurtosis spectral

Cas sans défaut :

Cette partie illustre l'utilisation du kurtogramme pour le diagnostic de défaut de la bague intérieure d'un roulement qui se manifeste sur les mesures vibratoires par une série d'impulsions généralisées de

faible amplitude par rapport au bruit de fond environnant. Afin de les détecter, il est d'usage de moduler le signal dans différentes bandes de fréquences jusqu'à trouver celle qui maximise le rapport signal-bruit. Le kurtogramme permet de substituer cette procédure empirique une méthodologie rigoureuse pour rapidement trouver la bande de modulation optimale. Ceci est illustré sur le signal vibratoire de la figure 1 auquel on fait correspondre le kurtogramme de la figure 2

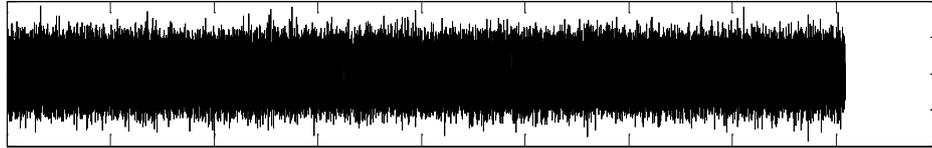


Fig. 1 signal vibratoire sans défaut

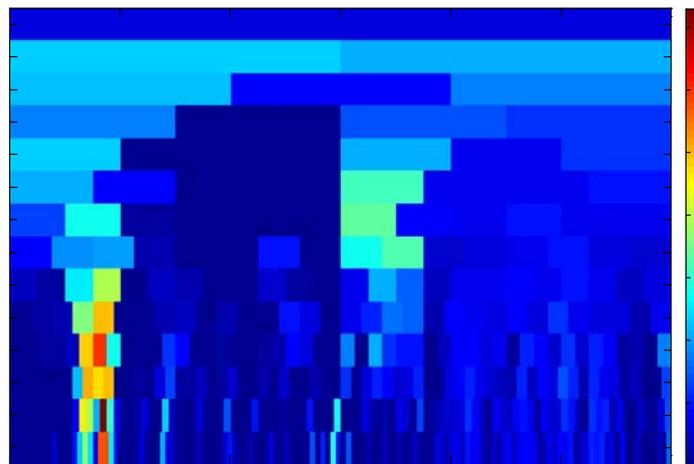


Fig. 2 kurtogramme du signal sans défaut

Ce dernier indique un kurtosis spectral maximum sur la dyade $\{f_c = 843.75\text{Hz}, \Delta f = 62,5\text{Hz}\}$ la partie réelle de l'enveloppe dans la bande de fréquence correspondante est représenté sur la figure 3 Il faut apprécier le fait que le signal de défaut dont le rapport signal-bruit initial était seulement de -30dB a été parfaitement détecté et extraite du bruit de fond.

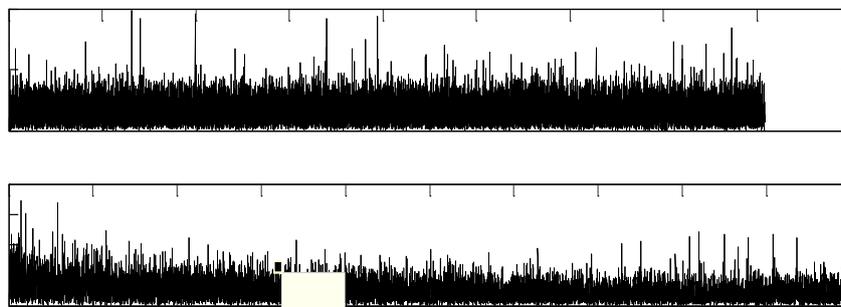


Fig. 3 Partie réelle de l'enveloppe complexe et son spectre d'enveloppe

Cas avec défaut « de diamètre 0,1778mm » :

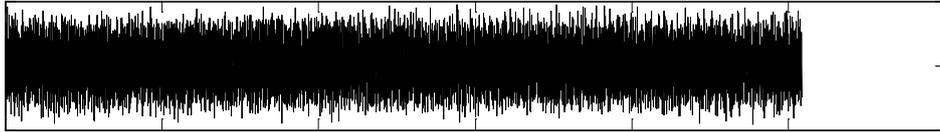


Fig. 4 signal vibratoire avec défaut \varnothing 0.1778mm

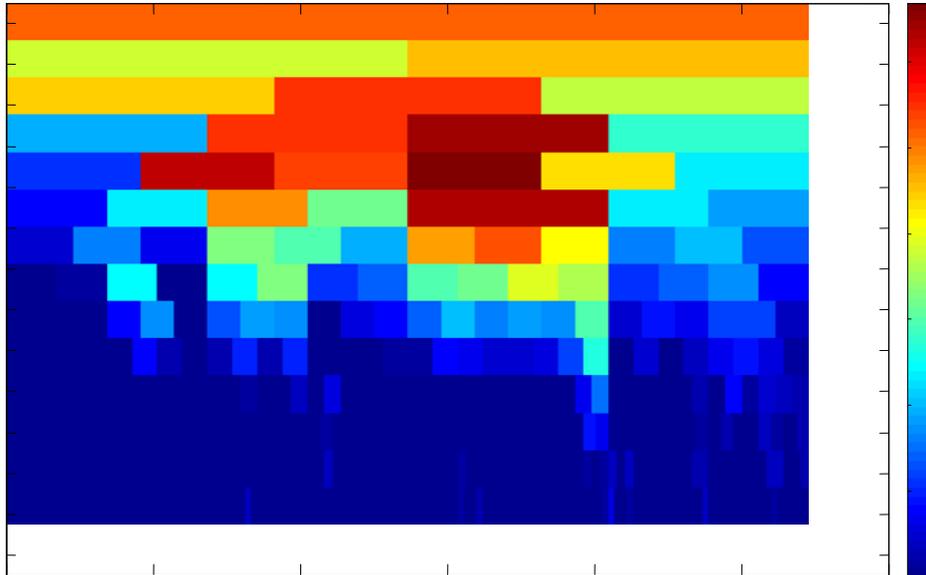


Fig. 5 kurtogramme de signal avec défaut \varnothing 0.1778 mm

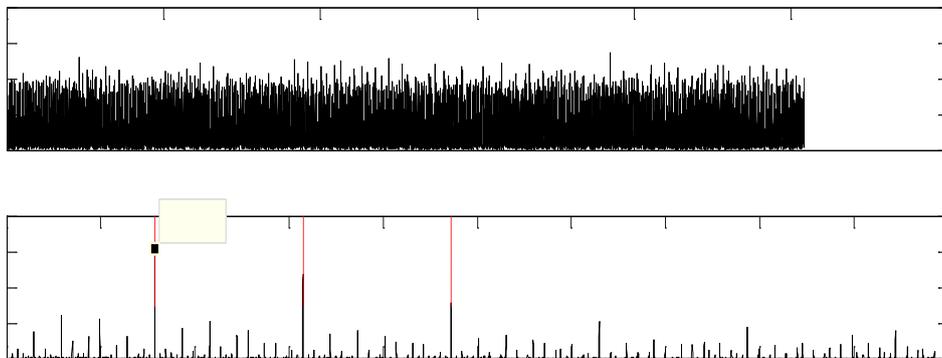


Fig. 6 Partie réelle de l'enveloppe complexe et son spectre d'enveloppe

Le spectre d'enveloppe calculé pour les différents cas de fonctionnement (avec et sans défaut) permet d'extraire les signaux périodiques de très faibles amplitudes qui se trouvent à haute fréquence et permet de ressortir du bruit de fond du signal les signaux représentatifs d'impacts réguliers dues aux défauts de la bague intérieure et d'éliminer les impacts aléatoires.

Etude de l'influence du phénomène gyroscopique, la dissymétrie des paliers et l'amortissement interne sur le comportement vibratoire d'un rotor flexible : application sur un rotor d'une turbine à gaz

Résumé

Cette étude s'inscrit dans le cadre d'étude du comportement vibratoire des rotors flexibles industriels dont l'étude est limitée dans le domaine linéaire. À partir d'une étude analytique et à travers des hypothèses qui nous ont permis de simplifier le modèle mathématique élaboré à partir d'un modèle réel d'une turbine à gaz, nous avons traité l'influence des différents phénomènes sur le comportement vibratoire d'un rotor flexible. Ces phénomènes incluent le phénomène gyroscopique, la dissymétrie des paliers et l'amortissement interne structurel de l'arbre du rotor, la principale influence que nous avons traitée est la variation des vitesses critiques en fonction de variation de ces paramètres. Notre contribution principale dans ce travail est de transcrire une étude théorique et expérimentale sur des prototypes qui ont été étudiés par plusieurs chercheurs sur un modèle réel industriel.

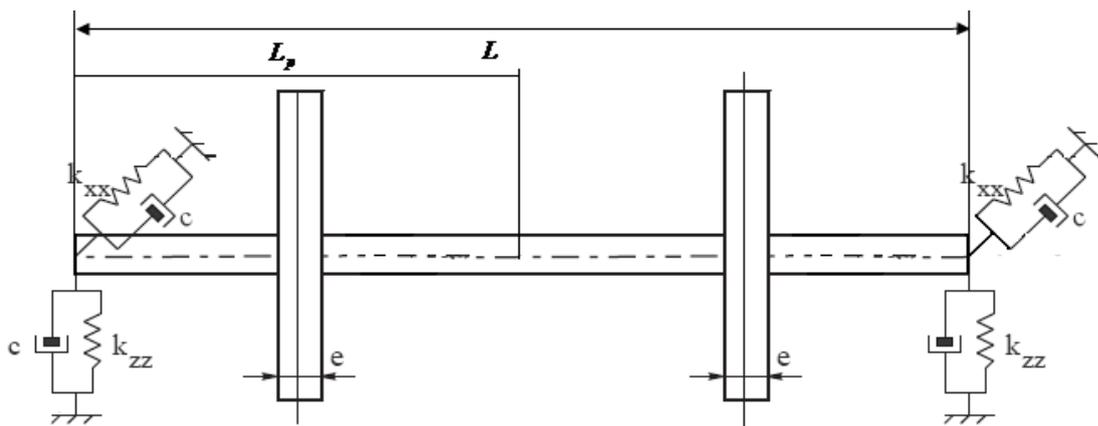
Les étapes d'étude

Pour atteindre notre objectif nous avons suivi les étapes suivantes :

I. La modélisation

1. Construction du modèle géométrique

L'ensemble des composantes du rotor principal de la turbine à gaz sont assimilés comme un arbre porte deux disques et repose sur deux paliers disposés à l'extrémité de l'arbre comme indiqué sur la figure :



2. Construction du modèle mathématique

Le modèle mathématique consiste à déterminer les équations du mouvement du rotor, il comprend les étapes suivantes :

- Les hypothèses de mouvement
- Les équations de mouvement

- Application au notre modèle relatif propos en d terminant les différents paramètres géométrique et mécanique

3. Résolution les équations de mouvement

Dans cette tapes nous avons traité la solution des équations de mouvement en introduisant les différents phénomènes mise en jeu telque le phénomène gyroscopique, l'effet de dissymétrie des paliers et l'influence de l'amortissement structurel.

II. La simulation

4. Interprétation des résultats

Dans cette partie nous avons étudié l'influence des phénomènes sur les vitesses critiques, en traçant la variation de l'amplitude de vibration en fonction de vitesse de rotation et en vérifiant l'aide de diagramme de Campbell les vitesses obtenues ainsi que leurs variations.