

# Analyse des signaux de surveillance d'engrenage pour la prédiction de leur dégradation

Lina BOUHAFS<sup>1</sup>, Salah TAMALOUZT<sup>1</sup>, Ahcen BOUZIDA

<sup>1</sup>Laboratoire de Technologie Industrielle et de l'Information (LTII), Faculté de Technologie, Université de Bejaia, 06000 Bejaia, Algérie'

<sup>2</sup>Département de Génie Electrique, Faculté des sciences et des sciences appliquées, Université de Bouira, 10000, Algérie'

**RESUME** – La fiabilité des engrenages est cruciale car les défauts peuvent entraîner des arrêts de production coûteux et des dommages matériels importants. C'est pour ces raisons, qu'il est important de procéder à un diagnostic de ces composants. Dans ce contexte, cet article propose une technique innovante pour l'analyse des signaux, elle est basée sur un opérateur dérivé d'enveloppe (ODE), qui vise à améliorer la correspondance entre l'amplitude et la fréquence de l'énergie des signaux. Cela, permet de détecter les comportements impulsifs liés aux défauts dans les engrenages. La méthode ODE offre une précision accrue pour l'analyse des signaux complexes, en séparant les composants de signaux associés aux défauts. Les résultats expérimentaux montrent que l'opérateur proposé est efficace pour le diagnostic des défauts d'engrenages, ce qui est vérifié dans de multiples conditions. Elle est donc considérée comme une solution plus performante, efficace et économique pour la détection des défauts d'engrenages.

**Mots-clés**—Défaut d'engrenage, Démodulation, Opérateur Dérivé d'Enveloppe, Signal Vibratoire.

## 1. INTRODUCTION

Les engrenages sont des composants cruciaux dans de nombreux systèmes industriels [1]. Ces composants sont soumis à de diverses contraintes, ce qui peut engendrer des défauts de fonctionnement. La détection précoce de ces défauts est primordiale pour assurer la continuité de service et la prolongation de la durée de vie des engrenages [2]. Plusieurs méthodes existent dans la détection des défauts d'engrenages, entre autres, le traitement du signal dans le domaine fréquentiel. Dans [3] les auteurs ont proposé comment utiliser la décomposition modale empirique (DME) pour améliorer la démodulation des signaux acoustiques en utilisant la transformée de Hilbert afin de détecter les défauts d'engrenages dans le spectre d'enveloppe. Cependant, l'DME souffre d'un problème majeur lié au mélange des modes, donc il est difficile de reconstituer le signal original. Une autre méthode est proposée dans [4] qui utilise un réseau de neurones convolutifs (RNC) pour fusionner les signaux de vibration pour détecter les défauts d'engrenage. Mais, cette méthode peut donner des modèles complexes et difficiles à interpréter, de plus cette méthode nécessite beaucoup de données d'entraînement pour fonctionner efficacement. Cela rend l'évaluation de ce modèle très coûteux en termes de ressources informatiques et de temps de calcul. L'utilisation de la méthode de démodulation 1.5D-ODE est proposée dans [5] pour identifier les défauts émergents des roulements sans avoir besoin d'intervenir manuellement. Une aubaine certaine pour diagnostiquer les défauts des engrenages.

Ce document traite et examine les performances de l'opérateur dérivé d'enveloppe (ODE) sur les signaux expérimentaux de vibration d'engrenage pour améliorer la précision et la fiabilité des inspections.

## 2. BANC EXPERIMENTALE

La figure 1 décrit le test expérimental de Peter Rig (Université de Nouvelle Galles du Sud, Kensington, Australie et LASPI, Senlis, Fr [6]). Nous intéressons à la première campagne de tests où le nombre de dents est de 32 :32 avec une dent défectueuse sur la roue entraînée. Différents capteurs sont utilisés pour enregistrer les signaux sur le réducteur de vitesse.

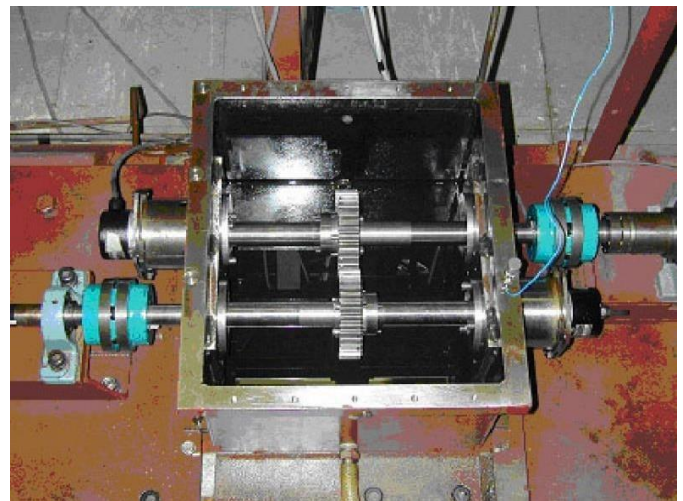


Fig. 1. Experimental test of Peter Rig [6].

Dans cette étude, une simulation sous MATLAB a été réalisée pour étudier le comportement des états sains et défectueux d'une dent de roue en se basant sur les signaux de vibrations issues des tests expérimentaux effectués par Peter Rig.

Les signaux obtenus sont démodulés à l'aide de la transformation de Hilbert et ODE afin d'analyser les caractéristiques fréquence-amplitude et identifier le défaut.

## 3. EXPLOITATION DES RESULTATS EXPERIMENTAUX

Les résultats d'analyse des signaux sont présentés dans les figures 2 et 3 pour le signal sain, et dans les figures 4 et 5 pour

un signal défectueux, en utilisant l'enveloppe (figure 2 et 4) et la transformation ODE (figure 3 et 5).

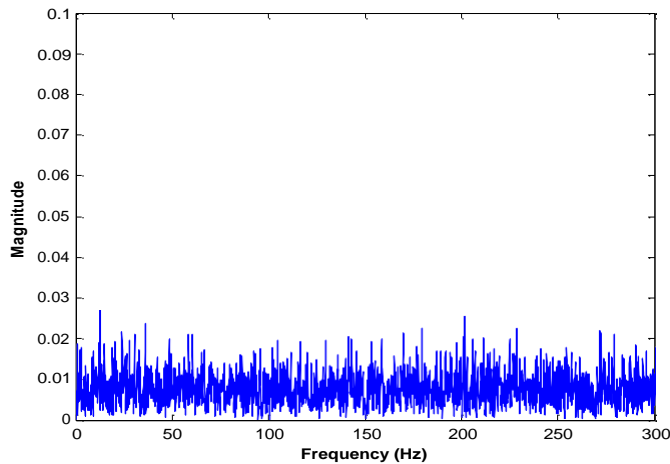


Fig. 2. Spectre d'enveloppe de signal vibratoire sain.

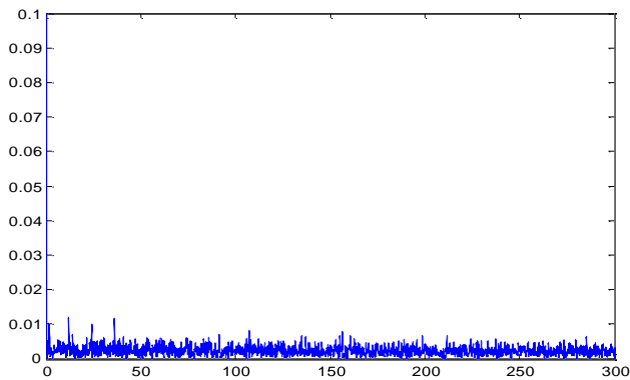


Fig. 3. Spectre de la transformation ODE de signal vibratoire sain.

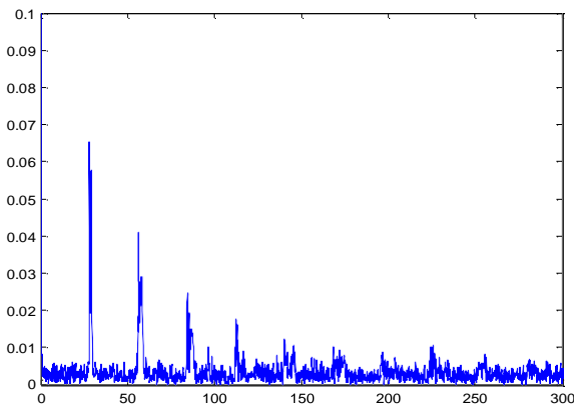


Fig.4. Spectre de l'enveloppe de signal vibratoire défectueux

Il est important de noter que la transformation ODE permet de clarifier les harmoniques de la fréquence caractéristique de défaut dans le signal, comme cela est visible en comparant les figures 5 et 3. Cela montre que la méthode ODE est efficace

pour supprimer les bruits de fond et améliorer la précision de la détection des défauts au même temps.

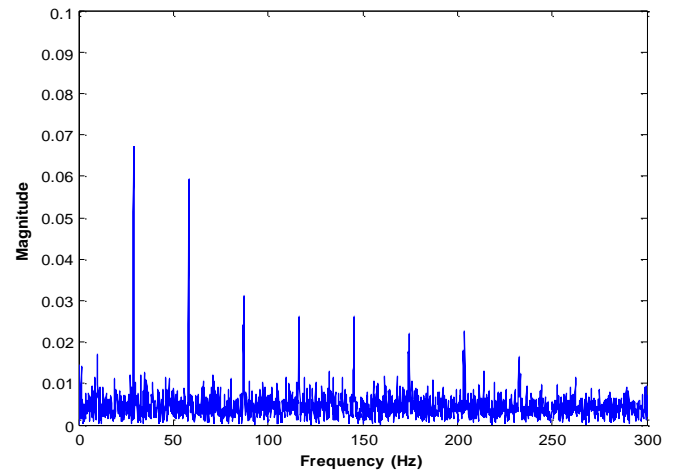


Fig. 5. Spectre de la transformation ODE de Signal vibratoire défectueux.

#### 4. CONCLUSIONS

Dans cet article, une nouvelle approche pour la détection et l'identification des défauts d'engrenage est proposée. L'application de l'opérateur dérivé d'enveloppe (ODE) dans l'analyse des signaux de surveillance des engrenages a montré une capacité efficace à supprimer les bruits de fond et améliorer la précision de détection des défauts sans l'utilisation d'un pré-filtrage. En résumé, ODE est un outil performant et précieux pour garantir un fonctionnement fiable et éviter des défaillances coûteuses. Les perspectives futures pourraient inclure l'application de cette méthode à des données réelles de l'application industrielle pour évaluer ses performances, ainsi que l'optimisation de la méthode pour une utilisation plus efficace avec d'autres types de défauts spécifiques.

#### 5. REFERENCES

- [1] A. Alaoui Belghiti, « Prédiction de Situation anormales par Apprentissage Automatique pour la Maintenance Prédictive: Approche en Transport Optimal pour la Détection d'anomalies », Thèse de doctorat, Université Paris-Saclay, 2021.
- [2] R. Fourar, S. Difaoui et M. Guemana, « Diagnostic d'une turbin à gaz V94. 3A par Analyse d'huile », 2020.
- [3] F. Leaman, C. M. Clausen, E. Clausen, « Potentiel de décomposition en mode empirique pour la démodulation de Hilbert des signaux d'émission acoustique dans les diagnostics de boîte de vitesses », *Vibration Engineering and Technologies*, V. 10, P. 621-637, 2022.
- [4] X. Zhu, X. Ye, R. Wang, W. Zhao, X. Luo, J. Zhao, X. Gao, « Enquête et étude expérimentale sur la méthode de diagnostic des défauts de vibration de la boîte de vitesses basée sur le réseau d'apprentissage convolutif de fonctionnalités de fusion, techniques expérimentales », P. 1-12, 2022.
- [5] K. Wu, D. Xiang, Y. Y. Xu et Z. Jiang, « Extraction des caractéristiques de défaut naissant du roulement basé sur la démodulation CWSSMD et 1.5D-EDEO », *Measurement Science and Technology*, 2023.
- [6] N. Sawalhi N. et R. B. Randall, « Simulation des interactions engrenages et roulements en présence de défauts partie II : Simulation des vibrations produites par des défauts étendus », *Mechanical System and Signal Processing*, V. 22, P. 1952-1966, 2008.