

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Ferhat Abbas- Sétif 1

Institut : Optique et Mécanique de Précision

Département : Mécanique de précision

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Optique et Mécanique de Précision

Spécialité : Mécanique Fine

Mémoire de Master

Pronostic de défaillances basé sur l'analyse vibratoire pour la maintenance des systèmes mécaniques tournants

Présenté par : BENACHOUR Meryem

Dirigé Par : Dr.ZIANI Ridha

Devant le jury :

Pr.HAMOUDA Abdellatif	(Président)
Pr.SOUALEM Azedine	(Examineur)
Dr.BENMAHDI Dalila	(Examineur)
Dr.DRIDI Sara	(Examineur)

Soutenue le : 28/06/2022

LISTE DES FIGURES

Figure I.1 organigramme de la maintenance.....	3
Figure I.2 Schéma de surveillance vibratoire	6
Figure I.3 Types de désalignement. (A) angulaire ; (B) parallèle ; (C) les deux.....	7
Figure I.4 piquûres.....	7
Figure I.5 Défauts de roulements.....	8
Figure II.1 Causalité et modes de fonctionnement d'un système.....	13
Figure II.2 Classification des approches liées au pronostic.....	14
Figure II.3 Principe du pronostic basé sur un modèle physique.....	15
Figure II.4 Principe du pronostic guidé par les données	15
Figure II.5 Principe du pronostic hybride	16
Figure II.6 Architecture d'un réseau de neurone.....	19
Figure III.1 Montage du banc d'essai des roulements et placement des capteurs.....	22
Figure III.2 Organigramme présente la procédure de pronostic.....	24
Figure III.3 spectre de signale avec défaut (jour33).....	25
Figure III.4 exemple de lissage d'un indicateur (valeur crête).....	27
Figure III.5 l'évolution de 13 indicateurs.....	29
Figure III.6 représente la sélection des différents indicateurs.....	30
Figure III.7 Structure du modèle de réseau de neurone.....	32
Figure III.8 prédiction des temps par RNA	33
Figure III.9 l'évolution normale de l'indicateur sur l'ensemble de la base (état de dégradation).....	33
Figure III.10 prédiction des temps par RNA	34
Figure III.11 prédiction de RUL sur la bague intérieure en utilisant la valeur efficace comme indicateur de santé.....	35
Figure III.12 Spectre de signale avec défaut (jour18).....	36
Figure III.13 l'évolution des 3 indicateurs.....	37
Figure III.14 la sélection des différents indicateurs.....	37
Figure III.15 prédiction des temps par RNA	38
Figure III.16 prédiction des temps par RNA	39
Figure III.17 prédiction le RUL sur l'élément roulant en utilisant l'écart type comme indicateur de santé	40

LISTE DES TABLEAUX

Tableau II.1	Les approches de pronostic.....	18
Tableau III.1	Base de données IMS	22
Tableau III.2	les indicateurs utilisés.....	26
Tableau III.3	les résultats d'erreur RNA de la bague intérieur.....	34
Tableau III.4	les résultats d'erreur RNA de l'élément roulant.....	39

SOMMAIRE

Introduction générale.....	1
Chapitre I : Généralités sur la maintenance.....	2
I.1 Introduction.....	2
I.2 Stratégies de maintenance.....	2
I.2.1 Définition.....	2
I.2.2 Maintenance corrective.....	3
I.2.3 Maintenance préventive.....	4
I.3 La Maintenance Préventive par analyse vibratoire	6
I.4 Principaux défauts d'une machine tournante.....	6
I.4 1- Balourd.....	6
I.4 2- Le désalignement.....	7
I.4 3- Les engrenages.....	7
I.4 4 –Les défauts de roulements.....	7
I.4.4.1 Principaux défauts.....	8
I.4.4.2 Méthodes d'analyse des défauts de roulement.....	10
CONCLUSION	11
Chapitre II : Généralités sur le pronostic.....	12
II.1 Introduction.....	12
II.2 Définition.....	12
II.2.1 Causalité et diagnostic/pronostic.....	13
II.3 Les approches de pronostic.....	13
a) Approches basées sur les modèles physiques.....	14
b) Approche de pronostic basée sur les données	15
c) Approche hybride	16
II.4 .Méthodologie de choix d'une approche de pronostic.....	17
II. 4.1. Avantages et les inconvénients des approches de pronostic.....	17
II.4.2 Outils utilisés dans le pronostic guidé par les données	18
II.5 Les Réseaux de neurones artificiels	18
II.5.1 Architecture du réseau de neurone	19

CONCLUSION.....	20
Chapitre III: Pronostic des défauts de roulement.....	21
III.1 introduction	21
III.2 Présentation de la base de données de la NASA.....	21
III.2.1 Procédure de pronostic.....	23
III.3 Validation sur la base de données de NASA.....	24
III.3.1 Pronostic de défaut de bague intérieur.....	24
III.3.1.1 Signaux vibratoires.....	24
III.3.1.2 Préparation des bases de données.....	25
III.3.1.3 La sélection des indicateurs	29
III.4 Performance du réseau de neurones en pronostic des défauts de bague intérieur.....	31
III.4.1 L'apprentissage supervisé.....	31
III.4.2 Le test.....	31
III.4.3 RNA.....	32
III.4.4 Estimation de la RUL.....	35
III.5 Pronostic de défaut de l'élément roulant	35
III.5.1 Signaux vibratoires	35
III.5.2 Préparation des bases de données.....	36
III.5.3 Evolution des indicateurs.....	36
III.5.4 La sélection des indicateurs.....	37
III.6 Performance du réseau de neurones en pronostic des défauts de l'élément roulent.....	38
III.6.1 RNA.....	38
III.6.2 Estimation de la RUL.....	40
CONCLUSION.....	40
CONCLUSION GENERALE.....	41

Résumé

Le pronostic de défaillances est considéré comme un processus clef dans les stratégies modernes de la maintenance prévisionnelle. Cependant, dans la pratique, les outils de pronostic nécessitent encore des développements en termes de stabilité et de robustesse et de capacité de généralisation. L'objectif de ce projet de fin d'étude est de proposer un outil de pronostic guidé par les données vibratoires permettant de prédire la durée de vie résiduelle des roulements. L'approche proposée est basée sur l'analyse vibratoire et les réseaux de neurones artificiels. L'approche proposée est validée expérimentalement sur la base de données de la NASA : Bearing data set.

Mots Clefs : Défauts de roulements, pronostic des signaux vibratoires, réseaux de neurone artificiel.

Abstract

Failure prognosis is considered like a key process in modern predictive maintenance strategies. However, in practice, prognostic tools still require developments in terms of stability and robustness and generalizability. The objective of this end-of-study project is to propose a prognostic tool guided by vibration data to predict the remaining useful life of bearings. The proposed approach is based on vibration analysis and artificial neural networks. The proposed approach is experimentally validated on the NASA database: Bearing data set.

ملخص

يعتبر تشخيص الفشل بمثابة عملية رئيسية في استراتيجيات الصيانة التنبؤية الحديثة. ومع ذلك، من الناحية العملية، لا تزال أدوات الإنذار تتطلب تطورات من حيث الاستقرار والمتانة وقابلية التعميم. الهدف من مشروع نهاية الدراسة هذا هو اقتراح أداة تنبؤية تسترشد ببيانات الاهتزاز للتنبؤ بالعمر النافع المتبقي للمحامل. النهج المقترح يعتمد على تحليل الاهتزازات والشبكات العصبية الاصطناعية. تم التحقق من صحة النهج المقترح تجريبيًا في قاعدة بيانات ناسا: مجموعة البيانات التي تحمل.

INTRODUCTION GENERALE

Dans l'industrie, la maintenance fait partie des fonctions essentielles du système de production et des systèmes hautement automatisés, elle a une fonction capitale, d'une manière générale elle a pour but d'assurer la disponibilité maximale des équipements de production à un coût optimal, Dans ce projet de fin d'étude on s'intéresse plus particulièrement à la surveillance des machines tournantes.

Aujourd'hui, dans la surveillance des machines tournantes, il existe de nombreux travaux sur la détection de défaillance des roulements. L'activité de "pronostic de défaillances" est aujourd'hui considérée comme un processus clef dans les stratégies de maintenance moderne qui est basée sur l'estimation du temps de fonctionnement avant défaillance d'un équipement ou d'un système.

Nous proposons dans cette étude, l'utilisation d'une technique d'intelligence artificielle basées sur les réseaux de neurones dans le but de prédire le temps restant avant la défaillance des roulements, basés sur les signaux vibratoires. Il est à mentionner que l'ensemble des données utilisées dans ce mémoire sont des signaux réels issus d'un test d'endurance des roulements.

Tout d'abord, nous comptons poser le cadre conceptuel, nous exploiterons cette partie théorique de façon à mieux cerner certaines notions de bases en relation avec notre sujet, nous abordons donc dans le premier chapitre : la maintenance, les principaux défauts des machines tournant et la méthode d'analyse des défauts de roulement.

Le deuxième chapitre présentera des généralités sur le pronostic et ses trois approches appliquées dans le domaine industriel, nous expliquerons aussi la méthode de réseau de neurone RNA (outils d'Intelligence Artificielle), qui sera utilisé pour prédire la durée de vie résiduelle pour les défauts de roulement.

Le troisième chapitre qui est la partie expérimentale de notre travail, consistera à appliquer les réseaux de neurones artificiels afin de prédire la durée de vie résiduelle des défauts de roulement, enfin nous conclurons avec les résultats trouvés.