

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

Transformée en ondelettes empirique (EWT) : Application en traitement de signal de défaut de machines tournantes

Etudié par : Atallah Bouthaina

Encadré Par : Pr. Felkaoui

Devant le jury :

Pr. FELKAOUI Ahmed

Dr. FEDALA Semcheddine

Dr. OURAHMOUN Abbes (Président)

Soutenue le : 11/09/2023

Résumé :

Ce mémoire se concentre sur l'utilisation de la Transformée en Ondelettes Empirique (EWT), une méthode d'analyse temps-fréquence, pour la détection de défauts de roulement et d'engrenage dans les machines tournantes. Après une présentation générale sur les signaux en mécanique, les avantages et les inconvénients des méthodes d'analyse des signaux stationnaires non stationnaires, nous avons présenté les principes de base et les avantages de l'EWT par rapport à d'autres techniques d'analyse temporelle, fréquentielle et temps fréquence. L'application du périodogramme et spectrogramme sur des signaux stationnaires et non stationnaire montrent les différentes possibilités d'analyse a permis de comparer la méthode de l'EWT aux autres méthodes. Enfin, les résultats obtenus sont synthétisés et l'importance de l'EWT dans le suivi des fréquences et amplitudes est soulignée.

Mots clés : Transformée en Ondelettes Empiriques (EWT), analyse temps-fréquence

ملخص:

تركز هذه الأطروحة على استخدام التحويل الموجي التجريبي (EWT)، وهي طريقة لتحليل التردد الزمني، للكشف عن أخطاء المحمل والعناد في الآلات الدوارة. بعد عرض عام عن الإشارات في الميكانيكا، مزايا وعيوب طرق تحليل الإشارات الثابتة غير الثابتة، قدمنا المبادئ الأساسية ومزايا EWT مقارنة بتقنيات التحليل الأخرى: التردد الزمني والتردد والتردد الزمني. إن تطبيق المخطط الدوري والطيفي على الإشارات الثابتة وغير الثابتة يوضح الإمكانات المختلفة للتحليل مما جعل من الممكن مقارنة طريقة EWT مع الطرق الأخرى وأخيراً، تم تجميع النتائج التي تم الحصول عليها وأهمية EWT في مراقبة يتم التأكيد على الترددات والسعات.

الكلمات المفتاحية: التحويل الموجي التجريبي (EWT)، تحليل التردد الزمني.

Summary: This dissertation focuses on the use of Empirical Wavelet Transform (EWT), a time-frequency analysis method, for the detection of bearing and gear faults in rotating machines. After a general presentation on signals in mechanics, the advantages and disadvantages of non-stationary stationary signal analysis methods, we presented the basic principles and advantages of EWT compared to other analysis techniques time, frequency and time frequency. The application of the periodogram and spectrogram on stationary and non-stationary signals shows the different analysis possibilities, making it possible to compare the EWT method to other methods. Finally, the results obtained are synthesized and the importance of the EWT in monitoring of frequencies and amplitudes is emphasized.

Keywords: Empirical Wavelet Transform (EWT), time-frequency analysis.

Table des matières

Remerciements	2
Dédicaces	3
Résumé :	4
Liste des figures	7
Liste des tableaux	7
Introduction générale	9
Chapitre 1 : Signaux en mécanique	11
Introduction	11
1. Types des signaux	11
2. Caractéristiques des signaux stationnaires et non stationnaires	13
2-1- Signaux stationnaires	13
2-2- Signaux non stationnaires	16
3. Non stationnarité en mécanique	20
4. Cas de Non stationnarité dans d'autres domaines	22
Conclusion	23
CHAPITRE 2 : Les méthodes utilisées dans l'analyse des signaux vibratoires non stationnaires	24
Introduction	24
1. Représentation temporelle	24
2. Représentation fréquentielle	25
2.1 Séries de Fourier (signaux périodiques)	26
2.2 Transformée de Fourier	27
2.3 Spectre	28
2.4 Inconvénients majeurs de la Transformée de Fourier	29
3. Représentation tempe-fréquence	29
3.1 Transformée de Fourier à court terme (STFT)	30
3.2 Distribution de Wigner-Ville	31
3.2.1 Distribution de Wigner-Ville	31
3.2.2 Transformée de pseudo Wigner-Ville lissée	32
3.3 Transformation en ondelettes (WT) :	33
3.4 Décomposition en modes empirique (EMD)	34
3.5 La transformation de Hilbert-Huang (HHT)	36
Conclusion	37
CHAPITRE 3 : Transformée en ondelette empirique	38

Introduction	38
1 Description de la transformée en ondelettes empiriques (EWT)	38
2 Axe de Fourier normalisé	39
2.1 Fonction échelle empirique	40
2.2 Fonction ondelette empirique	41
3 Segmentation du spectre de Fourier	42
4 Transformation en ondelettes empiriques.....	43
Conclusion	45
CHAPITRE 4 : Application du spectre et du spectrogramme	46
Introduction.....	46
1 Signal Stationnaire	46
2 Signal non stationnaire modulé en fréquence	48
3 Signal non stationnaire modulé en amplitude	50
4 Signal non stationnaire modulé en amplitude et en fréquence	53
Conclusion	58
CHAPITRE 5 : Application de l'EWT	59
Introduction.....	59
1 Signal Stationnaire	59
2 Signal non stationnaire modulé en amplitude	60
3 Signal non stationnaire modulé en fréquence	64
4 Signal non stationnaire modulé en amplitude et en fréquence	69
5 Exemples de différents chirps	71
Conclusion	76
Conclusion générale	77
Bibliographie.....	78

Liste des figures

Figure 1. 1: Classifications des signaux observés dans le domaine temporel	11
Figure 1. 2 : Exemples des allures de signaux stationnaires et non stationnaires	14
Figure 1. 3 : Exemple d'allures de signaux non stationnaires	14
Figure 1. 4 : Signal non-stationnaire en fréquence	18
Figure 1. 5 : RTF d'une somme de deux sinusoïdes décalées dans le temps	19
Figure 1. 6 : RTF d'une somme de deux sinusoïdes décalées dans le temps	19
Figure 2. 1 : Exemple d'un Spectre d'amplitude, le tracé de $a_i = fonction(\omega_i)$	27
Figure 2. 2: Transformée Wigner-ville du signal simulé d'engrenage sans défaut au régime stationnaire.	32
Figure 2. 3 : a. La transformée de pseudo Wigner-Ville lissé,	33
Figure 2. 4 : Algorithme de la méthode de EMD.	35
Figure 2. 5 : Exemple de décomposition en EMD.....	35
Figure 3. 1: Partition de l'axe de Fourier	40
Figure 3. 2 : Spectre de la fonction échelle	40
Figure 3. 3 : Exemple de Partition du spectre d'un banc de filtre empirique	41
Figure 3. 4 : Organigramme de la transformée en ondelettes empirique (EWT)	44

Liste des tableaux

Tableau 4. 1: Signal Stationnaire.....	47
Tableau 4. 2 : Signal non stationnaire en fréquence.	49
Tableau 4. 3 : Signal non stationnaire en amplitude.	52
Tableau 4. 4 : Signal non stationnaire en amplitude et en fréquence.	54
Tableau 4. 5: somme d'un signal stationnaire et d'un signal non Stationnaire.	Error! Bookmark not defined.
Tableau 4. 6 : Chirp linéaire.....	55
Tableau 4. 7: exemple Chirp Quadratique.	56
Tableau 4. 8 : Chirp logarithmique.....	57
Tableau 5. 1: Signal Stationnaire.....	60
Tableau 5. 2 : Signal non stationnaire en amplitude pour beta=1.	62
Tableau 5. 3: Signal non stationnaire en amplitude pour beta=5.	63
Tableau 5. 4 : Signal non stationnaire en fréquence pour beta=1.....	66
Tableau 5. 5 : Signal non stationnaire en fréquence pour beta=5.....	Error! Bookmark not defined.
Tableau 5. 6 : Signal non stationnaire en amplitude et en fréquence.	70
Tableau 5. 7 : Chirp linéaire.....	72
Tableau 5. 8 : exemple Chirp Quadratique.	74
Tableau 5. 9 : chirp concave.	75