

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Abderrahmane MIRA de Bejaia

Faculté des Sciences et des Sciences de l'Ingénieur  
*Département d'Electronique*

# Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de Magister en  
Automatique et Traitement du Signal

Option : Systèmes

Présenté par :

**Abdelkrim HAMASSE**

*Thème :*

**Détection des Défauts dans les  
Entraînements Electriques**

Soutenu le : 12 mai 2005

## Jury

**Zebboudj Youcef**  
**Mokrani karim**  
**Chicouche Djamel**  
**Mendil boubkeur**

Pr. à l'université de Bejaia  
M. C à l'université de Bejaia  
M. C à l'université de Sétif  
M. C à l'université de Bejaia

Président,  
Rapporteur,  
Examineur,  
Examineur.

# *Sommaire*

# TABLE DES MATIERES

Introduction générale.....	1
<b>Chapitre I : Etat de l'art</b>	
I-1. Introduction .....	3
I-2. Contexte de l'étude.....	3
I-2-1. Description de la machine asynchrone.....	3
a) Définition .....	3
b) Constitution de la machine asynchrone .....	3
c) Principe de fonctionnement.....	4
I-3. Défauts dans la machine asynchrone.....	5
I-3-1. Défauts au stator.....	6
I-3-2. Défauts au rotor.....	6
I-3-3. Défauts roulement .....	6
a) Origine et manifestation des défauts roulement.....	7
b) Sources de l'usure .....	7
I-4. Méthodes de surveillance de la machine asynchrone.....	8
a) Surveillance des vibrations.....	8
b) Surveillance des fluctuations de la vitesse.....	8
c) Surveillance du couple électromagnétique.....	8
d) Surveillance du champ magnétique .....	9
e) Puissance du stator instantanée .....	9
f) Utilisation de thermocouples et de thermistances .....	9
g) Surveillance visuelle .....	9
h) Mesure des décharges partielles.....	9
I-5. Détection et localisation des défauts .....	9
I-5.1. Méthodes reposant sur une approche modèle.....	10
I-5.2. Méthodes reposant sur l'approche signal .....	10
I-6. Choix des méthodes de détection et localisation des défauts .....	11
I-7. Conclusion.....	11

## ***Chapitre II : Techniques de détection et caractérisation des défauts roulement***

II-1. Introduction.....	12
II-2-1.Effets des défauts roulement sur le spectre du courant statorique.....	12
a) Défaut bille.....	13
b) Défaut bague interne et externe.....	13
II-2-2. Effets d'un défaut d'excentricité sur le spectre du courant statorique.....	14
II-3. Analyse spectrale du courant statorique.....	14
II-3-1. Description du système de surveillance.....	14
II-3-2. Caractérisation spectrale des défauts roulement.....	15
a) Défaut bague externe.....	16
b) Défaut bague interne.....	17
c) Défaut bille.....	19
II-4. Analyse de l'enveloppe du courant statorique.....	20
a) Définition de la transformée de Hilbert.....	21
b) Détermination de l'enveloppe.....	21
II-4-1. Analyse temporelle de l'enveloppe du courant statorique.....	21
II-4-2. Analyse spectrale de l'enveloppe.....	22
a) Défaut bague externe.....	22
b) Défaut bague interne.....	24
c) Défaut bille.....	25
II-5. Conclusion.....	26

## ***Chapitre III : Classifications des défauts roulement***

III-1. Introduction.....	28
III-2. Paramétrisation des signaux.....	28
III-2-1. Définition d'un signal autorégressif.....	29
III-2-2. Prédiction linéaire.....	29
III-2-3. Estimation des paramètres du modèle AR.....	30

Application.....	31
III-3. Classification par l'approche distance .....	32
III-3.1. Détermination des classes et de leurs centres .....	32
III-3.2. Mise en œuvre de la classification par l'approche distance.....	34
III-4. Classification par réseaux de neurones.....	35
III-4-1. Aptitude des réseaux de neurones à la classification.....	35
III-4-2. Avantages et inconvénients de la classification par réseaux de neurones.....	35
III-4-3. Choix du réseau de neurones.....	36
III-4-4. Neurone élémentaire.....	36
III-4-5. Réseaux de neurones MLP.....	36
III-4-6. Approches de classification par réseaux de neurones .....	37
a) Approche globale.....	37
b) Approche par partition.....	37
III-4-7. Mise en œuvre de la classification par réseaux de neurones.....	38
a) Classificateur.....	38
b) Entrées .....	39
c) Codage .....	39
d) Apprentissage.....	39
e) Exploitation.....	39
III-4-8. Résultats .....	39
a) Approche globale.....	39
b) Approche par partition.....	41
III-5-1. Kurtosis et Skewness d'un signal.....	43
III-5-2. Modélisation AR en utilisant les statistiques d'ordre supérieur.....	44
a) Détermination des classes et de leurs centres.....	44
III-6. Classification par les SVM linéaires .....	46
III-6-1. Machines à Vecteurs de Support (SVM).....	46
III-6-2. Utilisation des SVM pour la classification.....	46
III-6-3. Maximisation de la marge .....	48
III-6-4. Vecteurs de support : Mémorisation des données d'apprentissage.....	50
a) Cas des données non séparables.....	51
III-6-5. Extension du SVM à plusieurs classes.....	51
a) Un contre tous.....	51

b) Codes de correction d'erreurs.....	52
III-7. Application.....	52
III-8. Conclusion.....	54
Conclusion générale et perspectives .....	55
Références bibliographiques	

## ملخص

إن تشخيص و حصر نقائص الآلات الكهربائية غير المتوافقة يعد مجالاً أولوياً. لذا فإن الصناعيين معنيون بتأمين الآتهم و استمرارية إنتاجهم. إن التشخيص الآني للعيوب يسمح بوضع إستراتيجية للصيانة الوقائية. عادة ما تتعرض الآلة إلى عيب مدرجة الكريات لذا فإننا ملزمون بتحديدده و حصره. إن تحليل العيوب باستعمال تيارات التغذية وسيلة و اعدة لمراقبة حدوثه.

إن أعمال شون بينت أن كل عيب يتميز بظهور خطوط جديدة في طيف تيار التغذية لكن سعتها ضعيفة مما يصعب ملاحظتها و استخلاصها. ينتج عن كل عيب انزياح تواتري لطيف التيار إذن هذا الأخير عدل سعويًا لذا اقترحنا تحليل ظرفه لتحسين مميزات كل عيب. بينا أيضا في بحثنا أن التحليل الطيفي لظرف التيار يسمح بتمييز العيوب أفضل من التحليل الطيفي المباشر له.

في المرحلة الثانية قمنا بتصنيف مختلف الأنماط للعيوب المدرجة للكريات باعتماد نموذج لظرف التيار و قد استعملنا ثلاث تقنيات (حساب المسافة, الشبكة العصبونية و آلة حاملة الأشعة ) و تحصلنا على نتائج مرضية. استعملنا أيضا النموذج الذي يعتمد على الإحصاءات من الدرجة العالية لكن نتائجه بينت عدم قدرتها على القيام بعملية التصنيف.

## RESUME

La détection et la localisation de défauts dans la machine asynchrone constituent un domaine prioritaire, les industriels étant sensibilisés par la sûreté de fonctionnement de leurs équipements et des impératifs de production. Le diagnostic précoce de défauts doit permettre la mise en place d'une stratégie de maintenance prédictive. Les défauts roulement étant les plus fréquents, on s'intéresse à leurs détection et localisation. L'analyse des défauts utilisant les courants d'alimentation (MCSA) est un moyen prometteur pour la surveillance de défauts.

Les travaux de R. Schoen ont montré qu'un défaut est caractérisé par de nouvelles raies dans le spectre du courant statorique, mais ces raies ont des amplitudes très faibles, rendant les défauts difficiles à observer. Un défaut crée un décalage fréquentiel du spectre, le courant statorique est donc modulé en amplitude. Nous proposons d'analyser l'enveloppe du courant statorique pour la caractérisation d'un défaut. Nous avons montré que l'analyse spectrale de l'enveloppe du courant statorique par rapport à l'analyse directe du courant permet une meilleure caractérisation du défaut.

Dans la seconde étape pour classer les différents types de défauts roulement, nous avons modélisé par un modèle AR l'enveloppe du courant. En utilisant trois techniques de classification (approche distance, réseau neuronal MLP, et SVM) les résultats obtenus sont prometteurs. La modélisation AR basée sur les HOS n'a pas permis de classer les défauts.