



وزارة البحث العلمي والتعليم العالي
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
جامعة عبد الحميد بن باديس مستغانم
Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem
كلية العلوم والتكنولوجيا
Faculté des Sciences et de la Technologie
DEPARTEMENT DE GENIE ELECTRIQUE



N° d'ordre : M...../GE/2022

MEMOIRE

Présenté pour obtenir le diplôme de

MASTER EN GENIE ELECTRIQUE

Filière : Electrotechnique

Spécialité : Electrotechnique Industrielle

Par

BENNABI ABOUBAKER ESSEDIK

et

BENANI ABDERRAZEK

**Préparation d'un banc d'essai dédié au diagnostic des défauts
des machines électriques**

Soutenu le 18 /09/ 2022 devant le jury composé de :

Président :	Azzedine Mohamed	MAA	Université de Mostaganem.
Examineur :	Missoum Ibrahim	MCB	Université de Mostaganem
Rapporteur :	Chaouch Abdellah	MCA	Université de Mostaganem

Année Universitaire 2021/2022

Remerciements

Nous remercions en premier lieu notre grand Dieu le tout puissant qui nous a éclairé le bon sentier et de nous avoir accordé la puissance, la volonté et la patience pour terminer ce modeste travail.

Nous tenons à adresser nos sincères remerciements à notre encadreur Monsieur Chaouch Abdallah , Maitre de conférences à l'université de Mostaganem, en acceptant de diriger ce mémoire, nous lui exprimons toute nos sincères reconnaissances pour ses suggestions tout au long de ces mois de travail ainsi pour le temps et l'intérêt qu'elle a apporté à ce travail, notamment, ces critiques constructives, son savoir scientifique, son soutien permanent qu'elle nous a témoigné nous a permis d'obtenir des riches connaissances en sciences et de conduire ce travail vers le bon sens.

Nous exprimons nos remerciements les plus chaleureux à Azzedine Mohamed , Maitre de conférences à l'Université de Mostaganem, pour l'honneur qu'elle nous a fait en acceptant de présider ce jury.

Toute notre gratitude va à Missoum Ibrahim, Maitre de assistante à l'université de Mostaganem pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Un grand merci à tous les enseignants du laboratoire De l'Université de Mostaganem qui nous ont soutenu de près ou de loin pour la réalisation de ce mémoire.



Je dédie ce travail :

A mes parents qui mes sont très chers et dont le soutien m'ont toujours aidé à réussir dans la vie J'espère qu'ils sont fières de moi et de mon travail, car je suis fier d'avoir des tels parents.

A mes chers frères Walid, Abderahime.

A tous mes amis et mes collègues.

A mon ami et binôme de travail Abdou.

A tous ceux qui m'ont aidé, de près ou de loin, même avec un mot d'encouragement et de gentillesse.

Ce que d'autres ont réussi, on peut toujours le réussir

Bennabi Aboubaker Essedik.



Je dédie ce travail :

A ma mère qui est très chers et dont le soutien m'ont toujours aidé à réussir dans la vie J'espère qu'ils sont fières de moi et de mon travail, car je suis fier d'avoir des tels parents.

A tous mes amis et mes collègues.

A mon ami et binôme de travail Aboubaker EL Sedik.

A tous ceux qui m'ont aidé, de près ou de loin, même avec un mot d'encouragement et de gentillesse.

Ce que d'autres ont réussi, on peut toujours le réussir.

Bennani Abdarazak.

Résumé :

Les entraînements électriques utilisent de plus en plus les moteurs asynchrones à cause de leur robustesse, de puissance massique et de coût. La maintenance et le diagnostic deviennent donc un enjeu économique. Il est important de détecter de manière précoce les défauts qui peuvent apparaître dans ces moteurs et donc de développer des méthodes de surveillance de fonctionnement ou de maintenance préventive.

Dans ce mémoire, on s'intéresse à la détection et la localisation de défauts dans la machine asynchrone. Concernant ceux dans la machine, la majorité des travaux réalisés considèrent que la machine est alimentée par une source sinusoïdale, or, l'originalité de ce travail, consiste à reconsidérer la détection et la localisation des défauts de rupture de barres, anneaux et de défauts d'excentricités lorsque la machine est alimentée par un onduleur de tension.

Mot clés : moteur asynchrone, analyse vibratoire, diagnostic.

Abstract:

Electric drives are increasingly using asynchronous motors because of their robustness, their power-to-weight ratio and their cost. Their maintenance and diagnosis therefore become an economic issue. It is important to detect in an early manner the faults that may appear in these motors and therefore to develop methods for monitoring operation or preventive maintenance.

In this thesis, we are interested in the detection and location of defect in the asynchronous machine. Concerning those in the machine, the majority of the works carried out consider that the machine is powered by a sinusoidal source, however, the originality of this work, consists in reconsidering the detection and localization of bar and ring breakage faults and eccentricity faults when the machine is powered by a voltage inverter.

Keywords: asynchronous motor, vibration analysis, diagnosis.

ملخص :

تستخدم المحركات الكهربائية بشكل متزايد محركات غير متزامنة بسبب قوتها ونسبة قوتها إلى وزنها وتكلفتها. لذلك أصبحت صيانتها وتشخيصها قضية اقتصادية. من المهم اكتشاف الأخطاء التي قد تظهر في هذه المحركات بطريقة مبكرة وبالتالي تطوير طرق لمراقبة التشغيل أو الصيانة الوقائية.

في هذه الأطروحة ، نحن مهتمون باكتشاف وتحديد الأعطال في الآلة غير المتزامنة فيما يتعلق بتلك الموجودة في الجهاز ، فإن غالبية الأعمال التي تم تنفيذها تعتبر أن الآلة تعمل بواسطة مصدر جيبي ، ومع ذلك ، فإن أصالة هذا العمل ، تتمثل في إعادة النظر في اكتشاف وتحديد أخطاء كسر القضبان والحلقة وأخطاء الانحراف عندما يتم تشغيل الآلة بواسطة عاكس للجهد.

الكلمات المفتاحية: محرك غير متزامن ، تحليل اهتزاز ، تشخيص .

SOMMAIRE

Liste des figures

INTRODUCTION GENERALE	1
------------------------------------	----------

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I: LE DIAGNOSTIC DES DEFAUTS DANS LES MACHINES

I.1.INTRODUCTION	2
-------------------------------	----------

I.2. CONSTITUTION DE LA MACHINE ASYNCHRONE	2
---	----------

I .2.1.Le stator	3
------------------------	---

I .2.2.Le rotor à cage	5
------------------------------	---

I .2.3.Etude statistique des défaillances de la machine asynchrone	5
--	---

I.3. LES PRINCIPAUX DEFAUTS DANS LA MACHINE ASYNCHRONE	6
---	----------

I.3.1.Triphasée a cage	6
------------------------------	---

I. 3 .2. Défauts statoriques	7
------------------------------------	---

I.3.3. Défauts rotoriques	7
---------------------------------	---

I.3.4.Défauts d'isolant dans les enroulements	8
---	---

I.3.5.Court-circuit entre spires	8
--	---

1 .Court-circuit entre phases	9
--	----------

2.Défauts de circuit magnétique	9
--	----------

I.4. Défaillances au rotor	10
---	-----------

1.Rupture de barres dans les machines	10
---	----

2.Rupture d'une portion d'anneau de court-circuit	11
---	----

3.Excentricité statique et dynamique	11
--	----

I.5.Les défauts mécaniques	11
---	-----------

1.Défauts du flasque	11
----------------------------	----

2. Défauts de l'arbre	11
-----------------------------	----

I.6.LES DEFFERENTS TYPE DE DIAGNOSTIC	12
--	-----------

I.6.1.La surveillance	12
-----------------------------	----

I.6.2.La détection	12
--------------------------	----

I.6.3.Diagnostic	12
------------------------	----

I.7.1.Méthodes internes	13
-------------------------------	----

A-Modèle de simulation	13
-------------------------------------	-----------

B-Equations de parité	13
C-Observateurs	13
I.7.2.Méthodes externes	14
I.7.3.Les méthodes inductives	14
I.7.4.Les méthodes déductives	14
I.8.RAPELLE SUR LA MACHINE ASYNCHORONE MONOPHASEE	
I.8.1.Machines électriques monophasées	15
I.8.2.Principe de fonctionnement	15
Conclusion	15
CHAPITRE II:L'ANALYSE VIBRATOIRE DANS LES ROULEMENTS	
II.1.Introduction.....	16
II.2. Conception d'un roulement :	16
1. La bague extérieure	17
2. La bague intérieure	17
3. La cage	17
4. Les éléments roulants	18
II.3.Caractéristiques des roulements.....	19
II.4.Types de roulement	19
II.5.Critères de choix d'un roulement	21
II.6. Les défauts de roulements.....	21
1. Ecaillage de fatigue	22
2.Corrosion	22
3. L'usure.....	23
4. Déformation des cages	23
5. Jeu de roulement.....	24
II.7.Fréquences caractéristiques des défauts de roulements.....	24
II.8. Lubrification de roulements	24
II.9. Avantage et inconvénients des roulements	25
1. Avantages	25
2. Inconvénients	25
II.10.Analyse vibratoire	25
II.11. Définition d'une vibration	25
II.11.1. Principe de l'analyse vibratoire.....	26
II.11.2.Objectif de l'analyse vibratoire.....	27
II.11.3. Techniques d'analyse	27
II.12.Les avantages et inconvénients l'analyse vibratoire	28

II.13.domaine d'applications analyse vibratoire.....	28
II.14.Caractéristiques d'une vibration.....	28
II.14.1.Frequence	28
II.14.2. Nature des vibrations	29
II.14.3. Les grandeurs de mesure d'une vibration	29
II.15. Méthodes d'analyse	29
II.16. Les points de mesure vibration.....	29
Conclusion	31

SYNTHESE EXPERIMENTALE

III.1 Introduction	32
III.2 Les éléments principaux dans la maquette.....	32
III.2.1 Le moteur Monophasé	32
III.2.2 Alternateur triphasé	33
III.2.3 Système de transmission de puissance	34
III.2.3.1Type de transmissions dans la maquette :	34
2- Les poulies crantées :	35
III.2.4 Batteries	35
III.2.5 la charge.....	36
III.3 Le schéma électrique d'installation	37
Conclusion	38
Conclusion générale	389
REFERENCE.....	40.41.42

LISTE DES FIGURES

Figure I.1 : Eléments de constitution d'une machine asynchrone à cage d'écureuil.....	2
--	----------

Figure I.2 : Vue schématique en perspective du stator (circuit magnétique, conducteurs d'encoches, tête de bobines). (Enroulement statorique d'une machine a 4 pôles).....	4
Figure I.3 : stator d'un machine asynchrone.....	4
Figure I.4 : vue schématique en perspective du stator (circuit magnétique, Conducteurs d'encoches, tête de bobines).....	4
Figure. I.5 : Vue schématique en perspective du rotor (tôles magnétiques, conductrices d'encoches (barres) et anneaux de court-circuit.....	4
Figure I.6 : Proportion des défauts.....	5
Figure I.7 : Répartition des défauts pour des machines de faibles et moyennes puissances.....	6
Figure I.8: Répartition des défauts pour des machines de grandes puissances.....	6
Figure I.9 : court-circuit entre spires.....	9
Figure I.10 : court-circuit entre phases.....	9
Figure I.11: défaut rupture des barres de rotor.....	10
Figure II.1 : Eléments d'un roulement.....	17
Figure II.2: Cages de séparation des éléments tournants : moulées, agrafées, embouties.....	18
Figure II.3: Eléments tournants ; billes, rouleaux : cylindriques, coniques, sphériques.....	19
Figure II.4 : Types de roulements.....	20
Figure II.5: types de charge de roulements.....	21
Figure II.6: Photos Ecaillage de fatigue sur la d'un roulement dans la BE.....	22
Figure II.7: Corrosion de contact sur la bague Intérieur d'un roulement à rouleaux Sphérique..	22
Figure II.8: usure à billes.....	23
Figure II.9: Déformation de cage d'un roulement à billes de contact angulaire.....	23
Figure II.10 : Jeu de roulement (axial et radial).....	24
Figure II.11: Mouvement d'une masse suspendue a un ressort.....	26

Figure II.12: Différentes méthodes d'analyse.....	27
Figure II.13: points de mesure de vibrations.....	30
Figure III.3 : schéma synoptique Système de transmission.....	34
Figure III.4 : principe Système de transmission.....	35

Introduction générale

Dans divers secteurs industriels, la disponibilité et le coût sont des facteurs clés pour assurer une continuité optimale de la production. Tout changement indésirable ou un arrêt inattendu provoque des pertes économiques considérables. Pour éviter ce genre de problèmes,

Les chaînes de production doivent être équipées de systèmes de diagnostic fiables permettant de détecter tout défaut ou changement dans l'état de fonctionnement avant la défaillance totale.

De tous les types de surveillance, l'analyse vibratoire est la méthode la plus largement utilisée pour une surveillance et un diagnostic fiable et pour détecter l'apparition et le développement de la plupart des défauts d'origines diverses. (Mécanique, électrique, hydraulique...etc.).

Le principe de l'analyse vibratoire est que toutes les machines tournantes (moteurs électriques, pompes, compresseurs, turbines ...) basée sur l'idée qu'en fonctionnement elles génèrent des vibrations, qui sont causées par des défauts : balourd, désalignement, défaut de rotor, défauts de roulements denture d'engrenage, ... qui génèrent des vibrations. Ceux-ci émettent des signaux vibrants très complexes.

Notre travail est limité à réaliser le banc d'essai pour le préparer à la détection des défauts de roulement par analyse vibratoire, dans cet ordre d'idées nous avons subdivisé notre mémoire en trois chapitres :

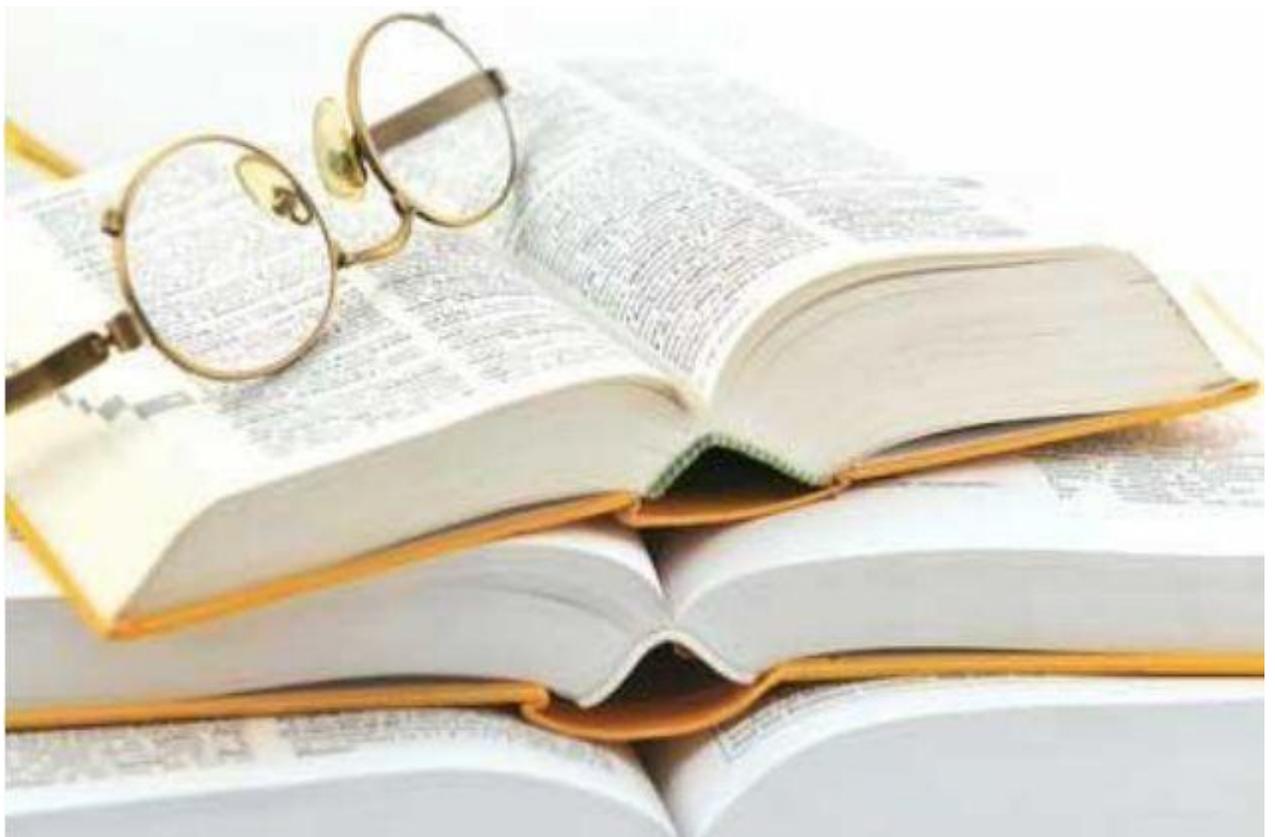
Le premier chapitre présentera les différents éléments du moteur asynchrone, ces défauts électriques et mécaniques puis leurs méthodes de diagnostics.

Le deuxième chapitre discutera la technique d'analyse vibratoire pour le diagnostic des défauts de roulement.

Notre réalisation pratique sera présentée dans le troisième chapitre.

Enfin nos conclusions générales et perspectives seront présentées.

PARTIE I :



Synthèse Bibliographique

Chapitre I :

LE DIAGNOSTIC DES DEFAUTS DANS LES MACHINES

CHAPITRE I : LE DIAGNOSTIC DES DEFAUTS DANS LES MACHINES

I.1.INTRODUCTION :

Dans ce chapitre, nous allons commencer par présenter certaines notions de base concernant la constitution de la machine asynchrone et les différents types de défauts électriques ou mécanique, et les activités de maintenance. A la fin nous présentons les différentes méthodes de diagnostic actuellement utilisés dans l'industrie et appliqué à la machine asynchrone.

I.2. CONSTITUTION DE LA MACHINE ASYNCHRONE :

La machine asynchrone, souvent appelée machine à induction, comprend une partie fixe appelée stator et une partie tournante appelée rotor (Figure I. 1). Contrairement aux machines synchrones classiques et à courant continu, seuls les enroulements statoriques sont couplés à un réseau d'alimentation. Les enroulements du rotor sont raccordés sur eux mêmes. La machine asynchrone ne possède donc ni enroulement d'excitation, ni aimants permanents. Le flux rotorique nécessaire pour la création du couple électromagnétique est produit à partir de la variation de flux magnétique statorique. Les circuits magnétiques statorique et rotorique sont réalisés a partir d'un empilement de tôles ferromagnétiques fines et découpées Fig. (I.1) [1].

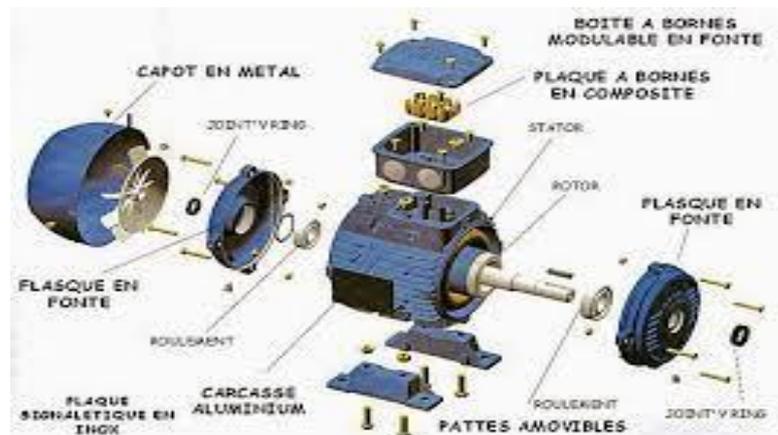


Fig. I.1 : Eléments de constitution d'une machine asynchrone à cage d'écureuil.

Le bobinage statorique peut se décomposer en deux parties (Figure I. 2) et (Figure I. 3) [1]:

Les conducteurs d'encoches et les têtes de bobines. Il est réalisé par la mise en série et parallèle de spires élémentaires. L'organisation des spires est faite en fonction de la vitesse, du couple et

distensions d'alimentation désirées de la machine. Les conducteurs d'encoches permettent de créer dans l'entrefer le champ magnétique à l'origine de la conversion électromagnétique de l'énergie. Les têtes de bobines permettent, quant à elles, la fermeture des courants en organisant la circulation judicieuse des courants d'un conducteur d'encoche à l'autre. L'objectif est d'obtenir dans l'entrefer une distribution de courant la plus sinusoïdale possible, afin de limiter les ondulations du couple électromagnétique [1].

Dans le cas des rotors à cage d'écureuil (Figure I. 4), les conducteurs sont réalisés par coulage d'un alliage d'aluminium, ou par des barres massives de cuivre préformées et frettés dans les tôles du rotor. Il n'y a généralement pas, ou très peu, d'isolation entre les barres rétorques et les tôles magnétiques. La résistance électrique de ces barres est suffisamment faible pour que les courants ne circulent pas dans les tôles. Les anneaux de court-circuit permettent la circulation des courants d'une barre rétorque à l'autre. Si ce type de réalisation ne permet pas véritablement d'obtenir une distribution sinusoïdale de courant à sa surface, il est par contre extrêmement robuste, peu couteux, et donc très répandu [1].

I .2.1.Le stator :

Il est constitué d'un enroulement bobiné réparti dans les encoches du circuit magnétique. Ce circuit magnétique est constitué d'un empilage de tôles dans lesquelles sont découpées des encoches parallèles à l'axe de la machine (figure I.2).

Le bobinage statorique peut se décomposer en deux parties : les conducteurs d'encoches et les têtes de bobines.

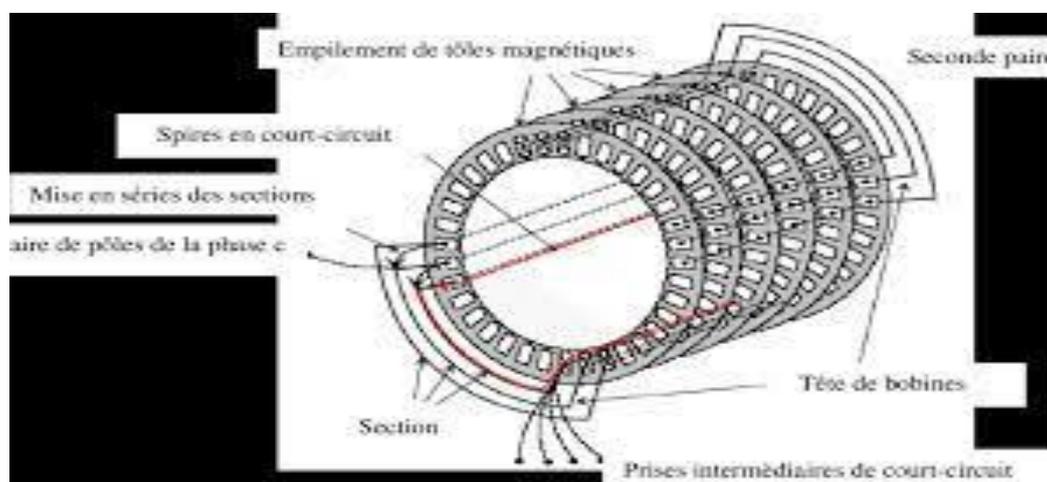


Fig. I.2. Vue schématique en perspective du stator (circuit magnétique, conducteurs d'encoches, tête de bobines). (Enroulement statorique d'une machine a 4 pôles) [1].



Figure I.3 : stator d`un machine asynchrone.

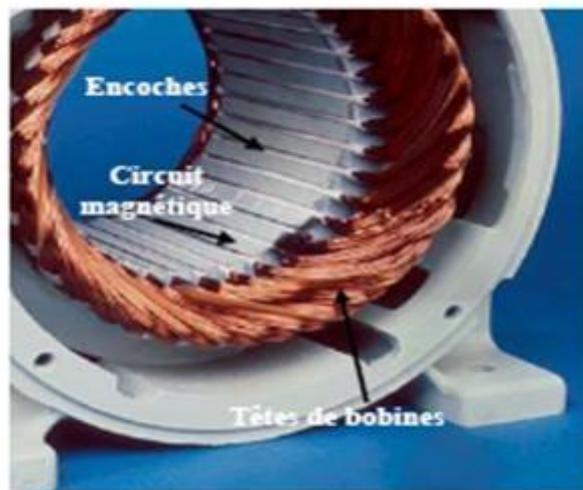


Figure I.4 : vue schématique en perspective du stator (circuit magnétique, Conducteurs d'encoches, tête de bobines).

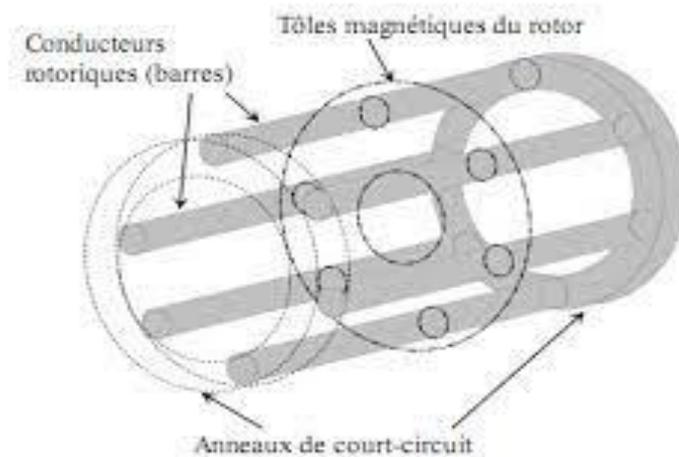


Figure. I.5. Vue schématique en perspective du rotor (tôles magnétiques, conductrices d'encoches (barres) et anneaux de court-circuit [1].

I .2.2.Le rotor à cage :

Dans le rotor à cage, les anneaux de court-circuit permettent la circulation des courants d'un conducteur d'encoche (barre rotoriques) à l'autre. Ces barres conductrices sont régulièrement réparties, et constituent le circuit du rotor (figure I.5).

Cette cage est insérée à l'intérieur d'un circuit magnétique constitué de disques en tôles empilés sur l'arbre de la machine analogue à celui du moteur à rotor bobiné.

I .2.3.Etude statistique des défaillances de la machine asynchrone :

Les défaillances peuvent être d'origines diverses, électriques, mécaniques ou bien encore magnétiques. Leurs causes sont multiples et peuvent se classer en trois groupes [O'Do 85] : $\frac{3}{4}$ les générateurs de pannes ou initiateurs de défauts : surchauffe du moteur, défaut électrique (court-circuit), survoltage d'alimentation, problème d'isolation électrique, usure des éléments mécaniques (roulements à billes), rupture de fixations, etc. $\frac{1}{4}$ les amplificateurs de défauts : surcharge fréquente, vibrations mécaniques, environnement humide, échauffement permanent, mauvais graissage, vieillissement, etc. $\frac{1}{4}$ les vices de fabrication et les erreurs humaines : défauts de fabrication, composants défectueux, protections inadaptées, mauvais dimensionnement de la machine, etc.

Une étude statistique, effectuée en 1988 par une compagnie d'assurance allemande de systèmes industriels [All 88] sur les pannes des machines asynchrones de moyenne puissance (de 50 kW à 200kW) a donné les résultats suivants (figure I.6)

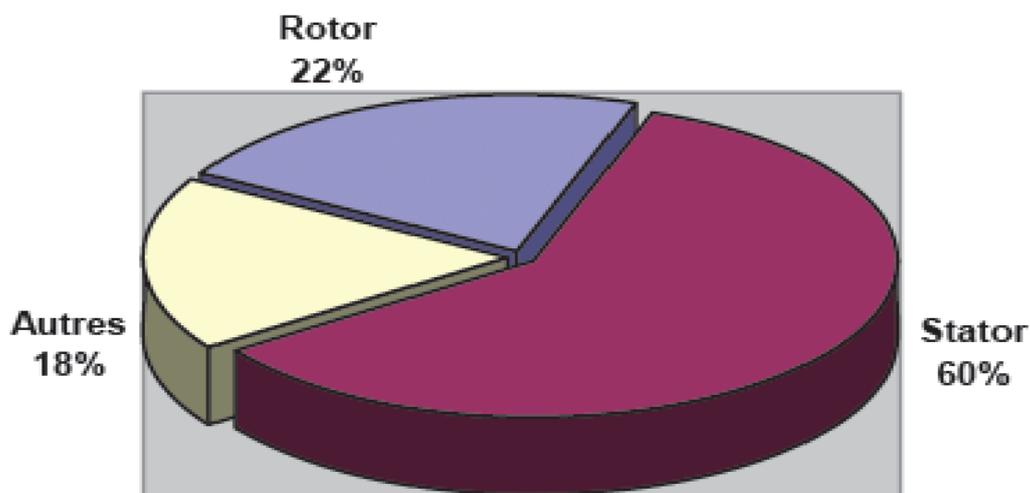


Figure 1.6. Proportion des défauts.

I.3. LES PRINCIPAUX DEFAUTS DANS LA MACHINE ASYNCHRONE :

I.3.1. Triphasée a cage :

Dans la littérature, plusieurs études statistiques ont été émises concernant les défauts qui peuvent affecter la machine. Une étude statistique est effectuée en 1988, par une compagnie d'assurance allemande de systèmes industriels, sur les pannes des machines asynchrones de moyenne puissance (de 50kW à 200kW) a donné les résultats suivants [1] :

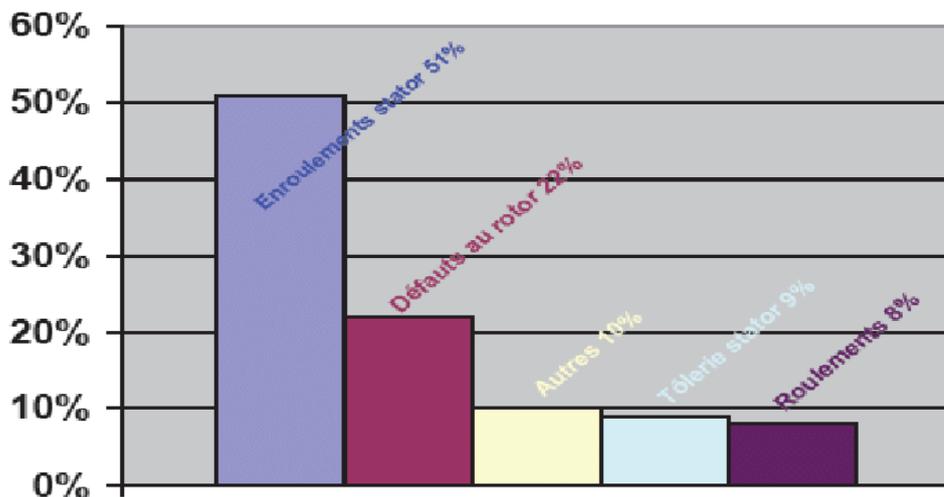


Figure I.7. Répartition des défauts pour des machines de faibles et moyennes puissances [1].

Une autre étude statistique a été faite sur les machines de grande puissance (de 100kW à 1MW) a donnée les résultats suivants [1] :

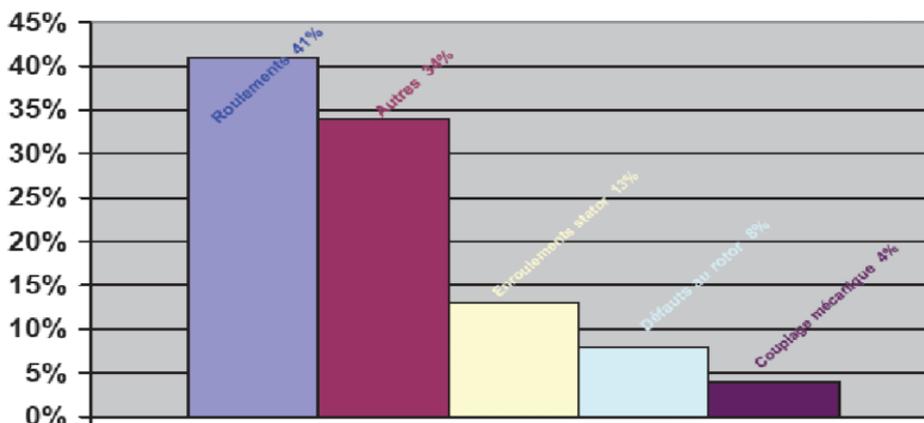


Figure I.8: Répartition des défauts pour des machines de grandes puissances [1].

D'après les statistiques données par la figure I.7, on remarque que la probabilité d'occurrence des défauts rotoriques (sans prendre en considération les défauts de roulements) est plus faible que la probabilité d'occurrence des défauts de roulements, cependant, la vitesse de propagation et l'évolution rapide de ces défauts conduisant aux autres problèmes majeurs dans l'installation globale. Il est donc logique, du point de vue scientifique et industriel, d'augmenter les efforts sur la surveillance et le diagnostic de ces défauts. Si on élimine les pannes dues à des causes intrinsèques, c'est-à-dire, résultant d'une mauvaise conception (mauvais choix des matériaux), d'une mauvaise fabrication (défauts d'usinage) ou d'un mauvais montage (serrage, désalignement) du moteur, les défauts usuelles d'une machine asynchrone sont les suivantes [1].

I. 3 .2. Défauts statoriques :

- a) Court-circuit entre phases statoriques ou entre spires d'une même phase.
- b) Ouverture d'une phase.
- c) Défaut du circuit magnétique (ruptures de tôles)

I.3.3. Défauts rotoriques :

- a) Rupture de barres ou d'anneaux de court-circuit.
- b) Défaut du circuit magnétique (ruptures de tôles).
- c) Défaut de roulements.
- d) Excentricité statique et/ou dynamique [2].

Ces dégâts peuvent avoir pour origines des problèmes de nature très différentes, souvent reliés les uns aux autres :

- a) Causes thermiques : balourds, points chauds, température ambiantes élevée, ...
- b) Causes électriques : transitoire d'alimentation, déséquilibres, ...
- c) Causes mécaniques : chocs en service, vibrations, jeux, ...
- d) Causes chimiques : corrosion, humidité [2].

La diversité des défauts et des causes possibles entraînant une panne dans la machine asynchrone, facilite les erreurs sur la nature et la localisation de cette panne. Un diagnostic

fiable, nécessite donc une bonne connaissance des mécanismes des défauts à surveiller, ainsi que leurs conséquences sur les signaux issus de la machine [2].

I.3.4.Défauts d'isolant dans les enroulements :

La dégradation des isolants dans les enroulements peut provoquer des courts circuits. En effet, les différentes pertes (joule, fer, mécanique) engendrent des phénomènes thermiques qui se traduisant par une augmentation de la température des différents constituants du moteur. or les matériaux d'isolation ont une limite de température et de tension [3]. De ce fait si l'environnement de travail d'un matériau d'isolation dépasse une de ces limites, il se dégrade de manière prématurée à l'accélérée, puis finit par ne plus assurer sa fonction, les différentes causes pour ce type de défaut sont :

- Dégradation de l'isolant a la fabrication.
- Tension de l'enroulement supérieure la limite du matériau d'isolation
- Vibration mécanique
- Courant élevé dans l'enroulement du au court-circuit, une surcharge, ceci entraine une élévation de la température qui dégradant le matériau d'isolation
- Vieillessement naturel des isolants

I.3.5.Court-circuit entre spires :

Un court-circuit entre spires des mêmes phases est un défaut assez fréquent, cette défaillance a pour origine une ou plusieurs défauts d'isolement dans l'enroulement concerne. Il entraine une augmentation des courant statoriques dans la phase effectuée, une légère variation de l'amplitude sur les autres phases, modifie le facteur de puissance et amplifie les courants dans le circuit rotoriques. Ceci a pour conséquence une augmentation de la température au niveau du bobinage et de ce fait, une dégradation accélérée [4,5].

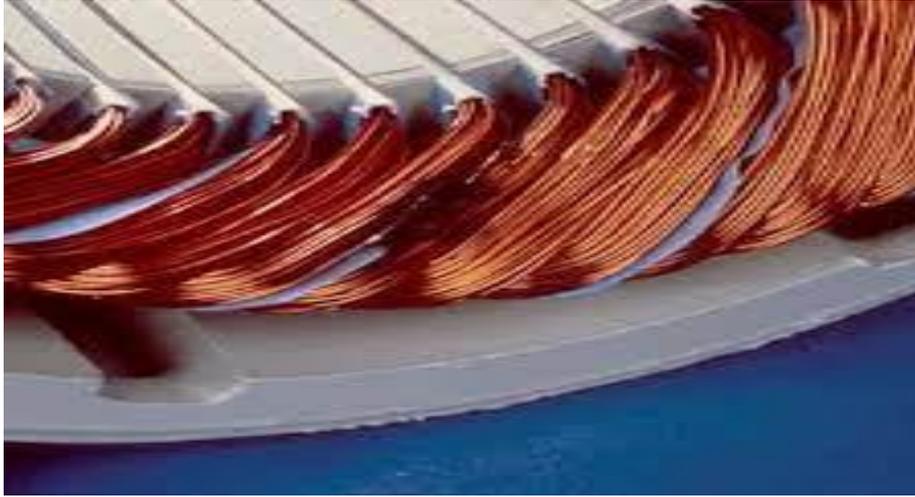


Figure I.9 : court-circuit entre spires.

A .Court-circuit entre phases :

Ce type de défaillance peut arriver entre tout point du bobinage. L'apparition d'un court-circuit proche de l'alimentation entre phase, induirait des courants très élevés qui conduirait la fusion des conducteurs d'alimentation. Les courants statoriques sont totalement déséquilibrés et ce déséquilibre est proportionnel au défaut qui apparaît [6].



Figure I.10 : court-circuit entre phases.

B.Défauts de circuit magnétique :

Ces défauts aboutissent dans la plupart des cas à une dissymétrie au niveau du fonctionnement de la machine, qui à son tour peut accentuer le problème par des phénomènes de surchauffe, de surtension [1].

I.4. Défaillances au rotor :

Pour le rotor, les défaillances sont essentiellement dues à un problème [1, 4, 7]:

- thermique (surcharge,...)
- électromagnétique (force en $B^2(t)$...)
- résiduel (déformation,...)
- dynamique (arbre de transmission,...)
- environnemental (agression,...)

Les défauts qui sont les plus récurrents, localisés au niveau du rotor, peuvent être définis

Comme suit :

Rupture de barres dans les machines :

La cassure ou rupture de barre est un des défauts les plus fréquents au rotor. Elle peut se situer soit au niveau de son encoche soit à l'extrémité qui la relie à l'anneau rotorique. La détérioration des barres réduit la valeur moyenne du couple électromagnétique et augmente l'amplitude des oscillations, qui elles-mêmes provoquent des oscillations de la vitesse de rotation, ce qui engendre des vibrations mécaniques et donc, un fonctionnement anormal de la machine. La grande amplitude de ces oscillations accélère la détérioration du machin, Ainsi, le couple diminue sensiblement avec le nombre de barres cassées induisant un effet cumulatif de la défaillance. L'effet d'une cassure de barre croît rapidement avec le nombre de barres cassées [8,9].



Figurer I.11: défaut rupture des barres de rotor.

Rupture d'une portion d'anneau de court-circuit :

La rupture de portion d'anneau est un défaut qui apparaît aussi fréquemment que la cassure de barres. Ces ruptures sont dues soit à des bulles de coulées ou aux dilatations Différentielles entre les barres et les anneaux. Comme il est difficile de le détecter, ce défaut est généralement groupé, voire confondu, avec la rupture de barres dans les études statistiques.

Ces portions d'anneaux de court-circuit véhiculent des courants plus importants que ceux des barres rotoriques. De ce fait, un mauvais dimensionnement des anneaux, une détérioration des conditions de fonctionnement (température, humidité,...) ou une surcharge de couple et donc de courants, peuvent entraîner leur cassure. La rupture d'une portion d'anneau déséquilibre la répartition des courants dans les barres rotoriques et de ce fait, engendre un effet de modulation d'amplitude sur les courants statoriques similaire à celui provoqué par la cassure de barres [5,10].

Excentricité statique et dynamique :

Parfois, la machine électrique peut être soumise à un décentrement du rotor, se traduisant par des oscillations de couple (décalage entre le centre de rotation de l'arbre et le centre du rotor). Ce phénomène est appelé excentricité (statique et dynamique) dont l'origine peut être liée à un positionnement incorrect des paliers lors de l'assemblage, à un défaut roulement (usure), à un défaut de charge, ou à un défaut de fabrication (usinage) [5,1].

I.5. Les défauts mécaniques :

Défauts du flasque :

Les défauts créés par les flasques de la machine asynchrone sont le plus généralement causés à l'étape de fabrication. En effet, un mauvais positionnement des flasques provoque un désalignement. Il est possible de détecter ce type de défaillance par une analyse vibratoire où analyse harmonique des courants absorbés par la machine [11].

Défauts de l'arbre :

L'arbre de la machine peut laisser apparaître une fissure due à l'utilisation d'un mauvais matériau lors de sa construction. A court ou à long terme, cette fissure peut mener à une fracture nette de l'arbre provoquant ainsi un arrêt irrémédiable de la machine asynchrone. Les milieux corrosifs peuvent aussi affaiblir la robustesse de l'arbre de la machine [11].

I.6.LES DEFFERENTS TYPE DE DIAGNOSTIC :

Au cours de ces dernier année-là, la maintenance prédictive s'est imposée dans l'industrie, puisque les chercheurs ont très rapidement compris qu'elle pourrait, grâce à lui, réduire les pannes ,éviter les imprévus et anticiper le moindre arrêt de production.

Plus concrètement, ce type de maintenance va permettre de gagner en fiabilité et de surveiller le plus précisément possible les performances de la machine.

Alors pour cela il faut faire appel à des méthodes ou des techniques pour rendre ce type de maintenance efficace et répond à l'exigence de l'industrie.

I.6.1.La surveillance :

Est un processus passif, informationnel qui analyse l'état du système et fournie des indications. La surveillance consiste à détecter et classer les défaillances en observant l'évaluation du système puis à diagnostiquer en localisant les éléments défaillants et en identifiant les causes premières [12].

La surveillance se compose donc de deux fonctions principales qui sont les détections et le diagnostic

I.6.2.La détection :

Pour détecter les défaillances du système, il faut être capable de classer les situations observables comme étant normales ou anormales [12].

I.6.3.Diagnostic :

Le diagnostic est l'identification des causes probables de la défaillance à l'aide d'un raisonnement logique fonde sur un ensemble d'informations provenant d'une inspection, d'un contrôle ou d'un test [13].

Deux tâches essentielles en diagnostic

- Observer les symptômes de défaillance.
- Identifier la cause de la défaillance à l'aide d'un raisonnement logique.

I.7.les différentes méthodes de diagnostic :

I.7.1.Méthodes internes :

Ces méthodes reposent sur la comparaison des mesures réelles sur le système à surveiller et des informations qui fournissent le modèle.

Les écarts caractérisent le fonctionnement du système :

- A un écart nul, le fonctionnement de type normal
- A un écart non nul, le fonctionnement de type défaillant

Ces méthodes internes se classent en deux grandes catégories ; les méthodes de redondance analytique qui utilisent les techniques d'estimation d'état et les techniques d'estimation paramétrique qui ont pour but d'estimer des paramètres de modèles [13].

Les méthodes internes de diagnostic se distinguent selon les modèles utilisés.

Modèle de simulation :

C'est une description de la structure physique et du comportement du système. Les modèles analytiques utilisés dans ce mode de diagnostic sont représentés Par des équations d'état ou des fonctions de transfert. Les perturbations sont prises en Compte de manière additive à travers des matrices, les défauts sont pris en compte soit de La même manière soit en modifiant la structure même du modèle. C'est dans cet esprit que Nous avons développé notre modèle de simulation [13].

Equations de parité :

Une relation ou équation qui génère un résidu est appelée relation ou équation de parité. Les équations de parité primaires peuvent être obtenues à partir des équations qui décrivent la structure et le comportement du système et les équations de parité additionnelles sont obtenues par l'intermédiaire de transformations afin d'améliorer la tâche de diagnostic [1,13].

Observateurs :

Un module capable d'engendrer une approximation du vecteur d'état est Appelé estimateur d'état ou observateur d'état. Le modèle est décrit sous une Représentation de variables d'état. L'analyse du comportement des estimations des états qui ont un sens physique permet la réalisation du diagnostic [14].

I.7.2.Méthodes externes :

Face à la difficulté liée à la génération de modèles physiques représentatifs du fonctionnement d'un système et de ses différents composants, les méthodes externes ont souvent prouvé leur efficacité. Ces méthodes exploitent les informations délivrées par les signaux des capteurs installés sur les machines, tels que les signaux vibratoires pour le cas des machines tournantes, pour construire une image représentative « instance, observation » et l'assigner à son mode de fonctionnement. Tout ceci est réalisé sur plusieurs étapes, en premier lieu l'information la plus complète possible est extraite à partir des signaux délivrés par les capteurs, sous forme d'indicateurs ; cette information est traitée ensuite via des techniques de transformation et de sélection d'indicateurs, pour la rendre plus robuste et plus pertinente ; l'ensemble d'indicateurs pertinents est utilisé par la suite comme vecteur d'entrée aux classifieurs permettant d'assigner les différentes instances et observations aux modes de fonctionnement. Ces méthodes semblent les plus adaptées au diagnostic des défauts des machines tournantes exploitant au mieux les informations issues des capteurs, installés sur les machines et ne nécessitant pas le développement de modèles élaborés, difficile dans ce cas complexe. Les différentes étapes permettant le développement de cette méthode de diagnostic sont détaillées dans les sections suivantes [3].

I.7.3.Les méthodes inductives :

Ces méthodes de diagnostic correspondent à une approche montante ou recherche en avant. Il s'agit de trouver le défaut à partir de ses effets sur le système. Ces méthodes utilisent un mécanisme de raisonnement en avant qui a pour objectif d'interpréter les symptômes ainsi que leurs combinaisons afin de trouver le défaut [15].

I.7.4.Les méthodes déductives :

Le raisonnement en arrière est la principale caractéristique de ces méthodes. A partir d'une connaissance a priori du défaut, la méthode déductive doit trouver quels sont les effets dans le système. Une vérification des « effets trouvés » par rapport aux « effets possibles » permet de confirmer ou d'infirmer l'existence du défaut, ce qui justifie notre raisonnement [15].

Le diagnostic peut utiliser soit un seul type de raisonnement (avant ou arrière) soit une combinaison de raisonnements (avant et arrière). Dans ce dernier cas, le raisonnement est appelé raisonnement mixte ou avant-arrière. La connaissance «a priori» de la cause (défaut) implique la connaissance de certains effets (symptômes) [15].

I.8.RAPALLE SUR LA MACHINE ASYNCHORONE MONOPHASEE :

I.8.1.Machines électriques monophasées :

La machine asynchrone monophasée est constituée d'un rotor identique à celui de la machine asynchrone triphasée et un stator ayant deux enroulements au stator. Ces deux enroulements sont différents et sont placés en quadrature.

I.8.2.Principe de fonctionnement :

Le principe de fonctionnement des machines asynchrone est basé sur la production d'un champ tournant qui provoque la variation de la f.é.m., [16], induite produisant des courants induits dans les enroulements du rotor. Ces courants d'après la loi de Lenz, s'opposent par leurs effets à la cause qui lui a donné naissance par la création d'un couple électromagnétique entraînant la rotation du moteur à sa vitesse nominale.

Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons parlé des principales notions de la machine et diagnostic tels que les défauts peuvent affecter la machine asynchrone, nous avons parlé aussi des causes des défauts, nous avons indiqué aussi les différentes méthodes utiliser pour le diagnostic.

Chapitre II :

L`ANALYSE VIBRATOIRE DANS LES ROULEMENTS

CHAPITRE II: L'ANALYSE VIBRATOIRE DANS LE ROULEMENTS

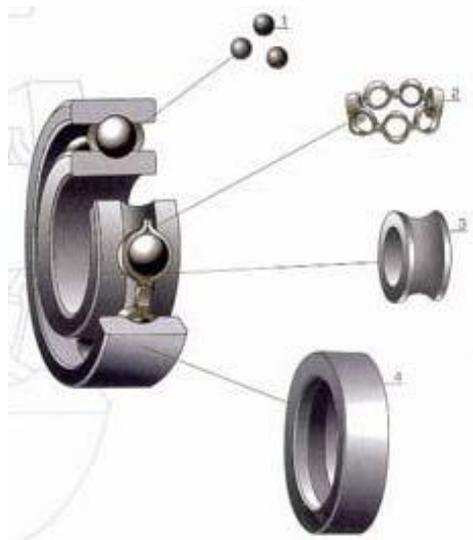
II.1.Introduction:

Dans ce chapitre, nous allons essayer de faire une étude assez détaillée sur l'analyse vibratoire par rapport de la machine à induction et surtout sur de roulement mécanique en raison des problèmes D'entre eux (fractures, fissures, érosion, etc.) et qui y sont exposés et de la raison de sa présence partout.

II.2. Conception d'un roulement :

La performance des roulements est directement liée à la qualité du matériau utilisé en particulier sa propreté (qualité). En effet les concentrations de contraintes liées à la géométrie du contact sont considérablement amplifiées par la présence de défauts de type inclusions non métalliques dans la zone mécaniquement sollicitée (zone de charge). On verra ainsi dans la suite que la durée de vie du roulement est totalement dépendante de la nature, la répartition et la forme de ces inclusions. Il est donc absolument indispensable de sélectionner soigneusement les fournisseurs qui fabriquent des roulements de qualité.

Quelque soit le type, un roulement est constitue (composé) de quatre éléments fondamentaux, C'est comme montré dans figure(II.1) suivante [17]



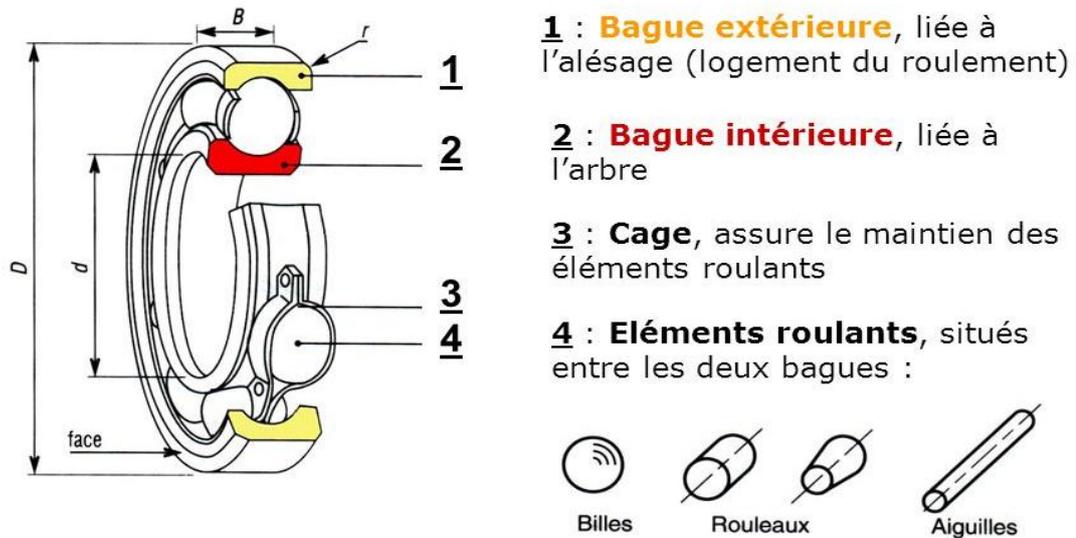


Figure II.1 : Éléments d'un roulement [18].

- La bague extérieure.
- La bague intérieure.
- La cage.
- Les éléments roulants.

A. La bague extérieure :

C'est l'élément qui limite les dimensions extérieures du roulement, Elle sera monter dans un logement fixe (bague extérieure fixe) ou dans un moyeu tournant (bague extérieure tournante).

B. La bague intérieure :

Elle est montée sur un arbre fixe ou mobile. C'est-à-dire, elle est fixe si la bague extérieure est mobile, et le contraire.

C. La cage :

Les cages à billes ou à rouleaux ne participent jamais à la transmission de la charge sur le roulement. Elles peuvent cependant être soumises à des forces d'inertie, centrifuges, des secousses, etc. Les cages sont centrées

- soit sur les éléments roulantes .
- soit sur l'une ou l'autre des bagues.

Elles peuvent être obtenues par emboutissage ; dans ce cas, elles sont exécutées en tôle d'acier. Dans certains cas, surtout pour de petits roulements, on utilise des cages en laiton. Les cages massives obtenues par tournage, perçage ou autre façonnage, sont en matières variées acier doux, fonte de première qualité, laiton, alliage léger et quelquefois tissu bak élise ou nylon.



Figure II.2:Cages de séparation des éléments tournants : moulées, agrafées, embouties.

D. Les éléments roulants :

Les éléments roulant se présentent sous deux types principaux :

- * Les billes ;
- * Les rouleaux.

Les rouleaux peuvent avoir différentes formes : rouleaux cylindriques, rouleaux coniques, rouleaux tonneaux, aiguilles.

Ils sont souvent exécutés dans la même matière que celle employée pour la fabrication des bagues [19].



Figure II.3:Eléments tournants ; billes, rouleaux : cylindriques, coniques, sphériques [19].

II.3.Caractéristiques des roulements:

Les roulements sont produits sous de diverses formes et variantes ayant chacune des caractéristiques distinctes. En comparaison avec les paliers lisses, les roulements ont les avantages suivants :

- ❖ Le couple de frottement au démarrage est plus faible et de plus n'est que légèrement supérieur au couple de frottement dynamique.
- ❖ Ils sont fabriqués suivant des normes internationales, sont interchangeables et facilement disponibles.
- ❖ Le graissage est simple et la quantité de graisse consommée très faible.
- ❖ En règle générale, ils acceptent à la fois des charges radiales et des charges axiales.
- ❖ Leur utilisation à basse comme à haute température est possible.
- ❖ La rigidité des roulements peut être augmentée par un pré charge [20].

II.4.Types de roulement:

En pratique pour chaque application existe un roulement approprié, le roulement à billes offre un faible frottement grâce au contact ponctuel mais n'est utilisé que pour des charges limitées.

Le roulement à rouleaux offre une plus grande capacité de chargement grâce au contact linéaire provoquant aussi un frottement plus important.

Les rouleaux peuvent prendre différentes formes cylindriques, coniques ou sphériques. Les roulements à aiguilles sont quant à eux utilisés lorsqu'un rapport charge encombrement important est requis [21].

Les principaux types de roulements sont illustrés dans la figure (II.4).

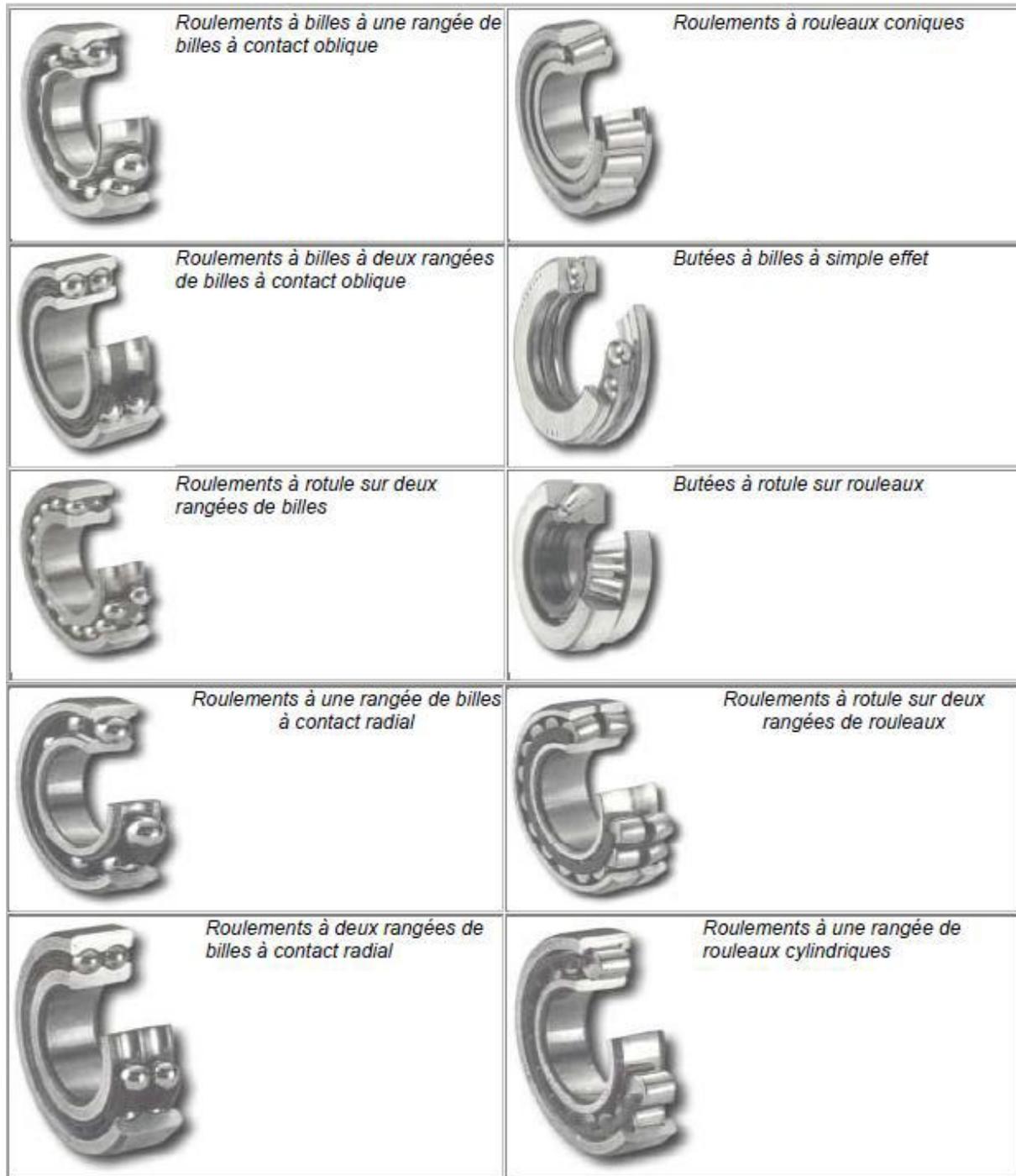


Figure II.4 : Types de roulements.

Ces types sont divisés en fonction des charges qu'elles peuvent supporter, comme l'indiqué dans la figure ci-dessous.

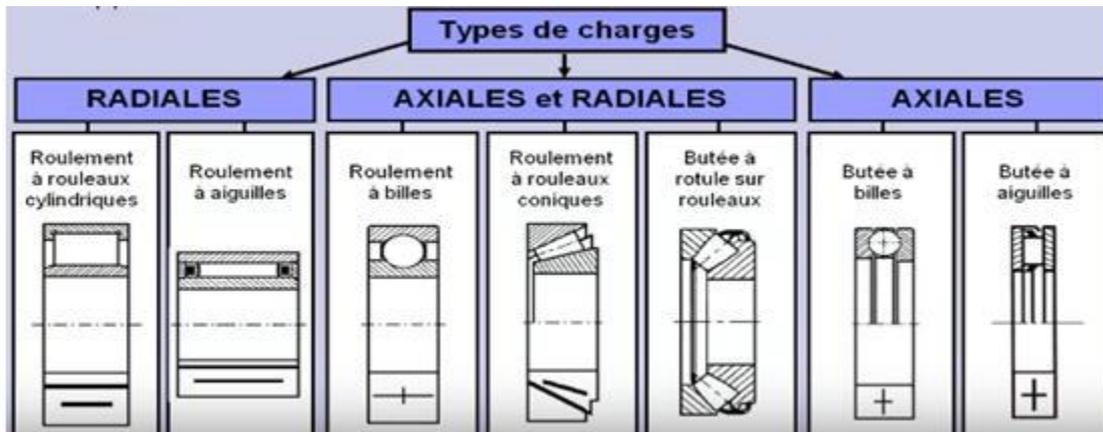


Figure II.5: types de charge de roulements.

II.5. Critères de choix d'un roulement:

Nous devons veiller à:

- ✓ La direction des charges que supporteront les roulements (axiales, radiales ou les deux).
- ✓ L'intensité de ces charges.
- ✓ La fréquence de rotation.
- ✓ La durée de vie.
- ✓ L'encombrement.
- ✓ La précision du guidage en rotation à obtenir.
- ✓ Son futur environnement [22].

II.6. Les défauts de roulements:

Les roulements sont parmi les composants les plus sollicités des machines et représentent une source de panne fréquente. Les défauts que l'on peut y rencontrer sont les suivants : écaillage, grippage, corrosion (qui entraîne l'écaillage), faux effet Brinell, etc.

Tous ces défauts se traduisent par une perte de métal et provoquent des chocs répétés des billes sur la cage de roulement. Nous allons mentionner les défauts les plus importants qui sont dangereux pour les roulements comme suit [23].

Ecaillage de fatigue :

C'est un écaillage unilatéral, il est caractérisé par des petites fissures et arrachement De fragments de matière .il se produit lors de l'application d'une surcharge, un désalignement Ou lors d'un défaut sur les logements ou les portées voir Figure(II.6).



Figure II.6: Photos Ecaillage de fatigue sur la d'un roulement dans la BE [18].

Corrosion :

Causée par la présence de l'humidité aux points de contact des éléments roulants avec Les chemins. La figure représente une corrosion sur bague intérieure d'un roulement à Rouleaux conique (voir la figure II.7).



Figure II.7: Corrosion de contact sur la bague Intérieure d'un roulement à rouleaux Sphérique [18].

L'usure:

Le glissement des différents éléments, progresse avec l'introduction de Particules contaminant au montage ou pendant le fonctionnement. Il est vrai que l'usure d'un roulement à billes peut être une source de contamination.



Figure II.8: usure à billes [24].

Déformation des cages :

La vibration inadmissible ainsi que les coups durant le montage sont responsable de la déformation et de la détérioration des cages. Il se agit même de la déformation et de la rupture de la cage du roulement figure(II.9).



Figure II.9:Déformation de cage d'un roulement à billes de contact angulaire [18].

Jeu de roulement:

Comme indiqué sur la figure ci-dessous, on peut distinguer plusieurs positions des vides bagues intérieure ou extérieure, billes ou cage, le jeu est très dangereux puisqu'il aggrave l'état de roulement rapidement (ex. écaillage) et fait une dégradation des contacts mécaniques surtout dans un milieu pollué.

Le jeu radial ou axial au niveau de roulement peut provoquer l'usure [24].

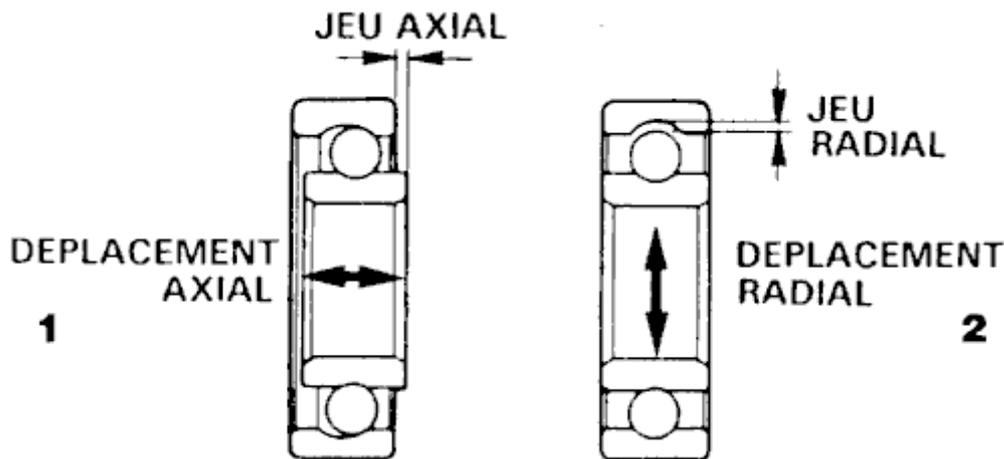


Figure II.10 : Jeu de roulement (axial et radial) [24].

II.7.Fréquences caractéristiques des défauts de roulements:

On trouve pour les formules des fréquences caractéristiques des défauts de roulement Des formules théoriques et autres approximatives, ces formules sont expliquées en détail dans cette partie. La relation entre les vibrations des roulements à billes et le spectre du courant statorique est basée sur le fait que toutes les excentricités interfèrent sur le champ dans l'entrefer de la machine asynchrone. Un défaut de roulement à billes se manifeste par la répétition continue du contact défectueux avec la cage de roulement extérieur comme intérieur La fréquence de répétition sera pour la cage intérieure et extérieure [23].

II.8. Lubrification de roulements:

Une bonne lubrification évite 55% des dommages prématurés sur les roulements et augmente significativement la durée de vie des roulements, nous montrons les méthodes de lubrification et les quantités appropriées du processus de lubrification comme suit:

Les avantages de la lubrification:

- ✓ diminution de l'usure et du grippage des éléments en contact.
- ✓ protection contre la corrosion.
- ✓ étanchéité aux liquides et à la pollution extérieure.
- ✓ évacuation des impuretés créées par le mouvement des pièces.
- ✓ réalisation d'économies d'énergie grâce à la diminution des frottements entraînant ainsi une baisse de la puissance consommée par la machine.
- ✓ maintien de l'équilibre thermique de la machine grâce à l'évacuation des calories dans les configurations de circulation d'huile.

II.9. Avantage et inconvénients des roulements :

Avantages :

- Remplace les frottements par du roulement et donc un gain de puissance, par conséquent Moins d'échauffement et donc moins d'usure.
- Permet des fréquences de rotation plus élevées.

Inconvénients :

- ❖ L'encombrement est augmenté.
- ❖ Le prix est plus élevé qu'une liaison de conception moindre (palier lisse).
- ❖ Mise en oeuvre plus complexe. La conception d'une telle liaison doit tenir compte de paramètres précis [19].

II.10. Analyse vibratoire:

L'analyse vibratoire est une technique de maintenance conditionnelle Particulièrement adaptée aux machines tournantes (les roulements). Son objectif est de détecter des dysfonctionnements mécaniques à travers des relevés d'accélération pour certaines plages de fréquences afin de suivre l'état de dégradation d'un système. Elle pourra également être utilisée pour réaliser un diagnostic par interprétation de la forme du signal vibratoire.

II.11. Définition d'une vibration :

La norme ISO 2041 « Vibrations et chocs - Vocabulaire (Août 1990) » définit la notion de vibration : Variation avec le temps de l'intensité d'une grandeur caractéristique du mouvement ou de la position d'un système mécanique, lorsque l'intensité est alternativement plus grande et plus petite qu'une certaine valeur moyenne ou de référence.

En fait, un corps est dit en vibration lorsqu'il est animé d'un mouvement oscillatoire autour d'une Position d'équilibre ou de référence.

Les textes de normalisation AFNOR relatifs aux vibrations sont :

NF E 90-001, NF E 90 002[25].

La vibration d'une machine soumise a une force périodique peut être décrite en termes de déplacement, de vitesse ou d'accélération.

La vitesse du mouvement vibratoire correspond a la variation de son déplacement pour une unité de temps.

L'accélération représente une variation de la vitesse par unité de temps [26].

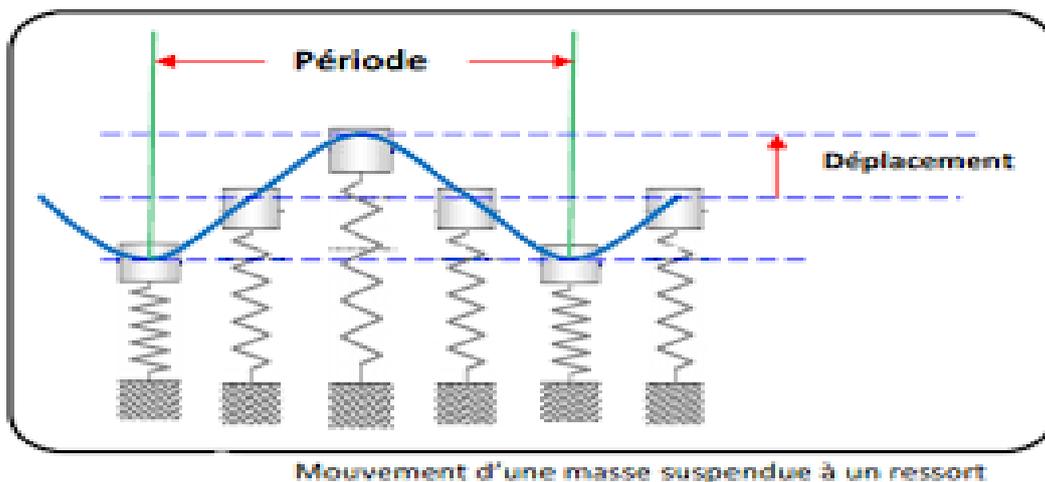


Figure II.11: Mouvement d'une masse suspendue a un ressort.

II.11.1. Principe de l'analyse vibratoire:

Les éléments tournants d'une machine, lors du fonctionnement, engendrent des Efforts internes et des déformations au sein de la structure. Ces déformations et efforts varient en fonction de la fréquence de rotation et des défauts de l'élément (roulement à billes, ...).

Ces déformations et ces efforts entraînent le déplacement de la structure par rapport à elle même, ce qui constitue la vibration.

La vibration est un mouvement d'oscillation autour d'une position d'équilibre stable ou d'une trajectoire moyenne.

L'analyse vibratoire a pour but de déterminer les forces internes et externes qui sont appliquées à une installation et de statuer sur la gravité de leurs présences et de leurs amplitudes.

L'analyse vibratoire se fait avec un capteur accéléromètre de type piézoélectrique.

II.11.2. Objectif de l'analyse vibratoire:

Les objectifs d'une telle démarche sont de :

- La détection des défauts .
- L'analyse détaillée des défauts ;
- Réduire le nombre d'arrêts sur casse .
- Fiabiliser l'outil de production .
- Augmenter son taux de disponibilité ;
- Mieux gérer le stock de pièces détachées, etc.

II.11.3. Techniques d'analyse :

La surveillance d'un équipement de machine est assurée en relevant périodiquement un indicateur d'état de dégradation ou de performance, il existe différentes techniques d'analyse (figure II.12) tels que l'analyse vibratoire, l'émission acoustique, la thermographie, l'analyse des huiles et des lubrifiants, la variation de résistance dans un circuit électrique, etc.

Le choix de l'indicateur dépend du type de machine à étudier et du type de défaillance que l'on souhaite détecter. Pour les machines tournantes, un indicateur de type vibratoire permet de détecter la plupart des défauts, on établit une courbe d'évolution de l'indicateur au cours du temps. Sur cette courbe, on définit différents seuils correspondant à un niveau d'alerte, à une alarme, à un niveau de défaillance, ces niveaux sont établis soit par expérience soit en appliquant une norme pour les roulements, on utilise des abaques de sévérité vibratoire pour définir les différents seuils. D'utilisation de différentes méthodes dans le monde. [21]

Comme montre la figure(II.12) :

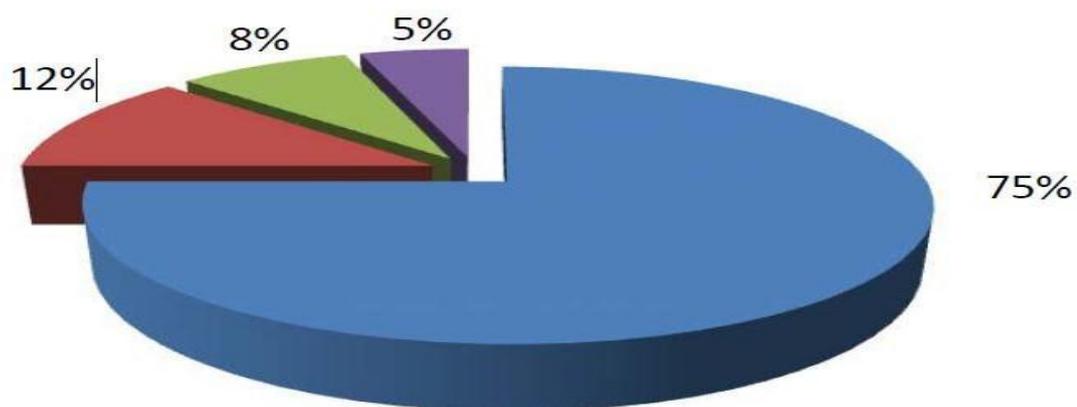


Figure II.12: Différentes méthodes d'analyse [21].

❖ L'analyse vibratoire :

Il est la plus connue et la plus largement utilisée car il est adaptée aux composants mécaniques et aux machines industrielles en fonctionnement. Elle permet de détecter la majorité des défauts susceptibles d'apparaître dans les machines tournantes.

❖ L'analyse d'huile:

Est appliquée à toutes les machines contenant des fluides de lubrification (réducteurs, motoréducteurs, moteurs thermiques...). Elle consiste à prélever un échantillon d'huile et de l'analyser (particules d'usure) pour déduire l'état de l'équipement.

❖ Le contrôle par ultrasons :

Elle permet de détecter des défauts de faibles amplitudes à hautes fréquences tels que l'initiation de la dégradation d'un roulement [26].

II.12. Les avantages et inconvénients l'analyse vibratoire:

A. Les avantages:

- ❖ Détection de défauts à un stade précoce.
- ❖ Possibilités de réaliser un diagnostic approfondi.
- ❖ Permet de surveiller.
- ❖ L'équipement à distance.
- ❖ autorise une surveillance continue.

B. Les inconvénients:

- ❖ Spectres parfois difficile interpréter [21].
- ❖ Dans le cas de la surveillance continue, installations relativement coûteuses

II.13. domaine d'applications analyse vibratoire:

Découverte des défauts de tous les éléments cinématiques de la machine (balourd, défauts d'alignement, jeux, etc.) et de sa structure [27].

II.14. Caractéristiques d'une vibration:

II.14.1. Fréquence:

A. Définition :

La fréquence est le nombre de fois qu'un phénomène se répète en un temps donné.

Lorsque l'unité de temps choisie est la seconde, la fréquence s'exprime en hertz (Hz). Une vibration qui se produira 50 fois par seconde aura donc une fréquence de 50 hertz.

1 hertz = 1 cycle / seconde Le hertz est la fréquence d'un phénomène périodique dont la période est 1 seconde [28].

II.14.2. Nature des vibrations:

Les vibrations mécaniques sont des mouvements oscillant autour d'une position Moyenne d'équilibre. Ces mouvements oscillants caractéristiques de l'effort qui les génère, peuvent être ,soit périodiques, soit apériodiques (transitoires ou aléatoires) selon qu'ils se répètent ou non ,identiquement à eux-mêmes après une durée déterminée.

II.14.3. Les grandeurs de mesure d'une vibration:

Une vibration mécanique peut être mesurée selon les trois grandeurs suivantes :

- ❖ Déplacement
- ❖ Vitesse
- ❖ Accélération

II.15. Méthodes d'analyse:

Il existe différents outils d'analyse vibratoire permettant de détecter et de diagnostiquer l'apparition des défauts dans les roulements. De nombreuses publications synthétisent ces différentes méthodes ou outils Elles sont généralement classées en deux grandes familles.

sont :

- ❖ Méthodes temporelles.
- ❖ Méthode fréquentielle.

II.16. Les points de mesure vibration:

Localisation des points de mesure [24] :

- ❖ Les mesures de vibrations sont réalisées au droit des paliers de la machine.
- ❖ Le capteur doit être placé de façon à assurer un trajet direct (rotor-structure) aux vibrations.

.Les mesures peuvent se faire :

- ❖ Dans un plan radial (vertical : PRV, horizontal : PRH, oblique : PRO) ;
- ❖ Et/ou dans un plan axial (axial : PA).



Figure II.13:points de mesure de vibrations [24].

On fait les mesures de vibrations pour [24]:

- Vérifier les fréquences et les amplitudes indésirables.
- Eviter les fréquences de résonance des composants de la structure.
- Etre capable d'amortir ou isoler la ou les sources de vibrations.
- Etudier le comportement du système électrique (MAS).
- Faciliter la maintenance préventive des machines.
- Construire ou vérifier les modèles informatiques qui entrent en jeu [24].

Conclusion:

Dans ce chapitre, on a présenté le principe de la technique d'analyse vibratoire.

Dans le chapitre qui se suit, on va utiliser cette technique pour détecter le défaut du roulement dans les machines asynchrone.

SYNTHESE EXPREMONTALE

III.1 Introduction

Toutes les machines en fonctionnement produisent des vibrations, images des efforts dynamiques engendrés par les pièces en mouvement. Ainsi, une machine neuve en excellent état de fonctionnement produit très peu de vibrations. L'analyse des vibrations des machines permet de poser un diagnostic sur leur état de fonctionnement et de mettre en œuvre des stratégies de maintenance prédictive. Nous présenterons notre réalisation pratique de notre banc d'essai afin de le préparer pour le diagnostic.

III.2 Les éléments principaux dans la maquette

- 1- Le moteur monophasé
- 2- Alternateur d'automobile.
3. Batterie
- 3- Système de transmission de puissance
- 4- La charge

III.2.1 Le moteur Monophasé

On utilise un moteur à courant alternatif monophasé, pour entraîner l'alternateur, Il est caractérisé par ;

- La tension **220 V**.
- le courant **25 A**.
- la puissance nécessaire de **2.2 kW**.
- la vitesse de rotation **2850 tr/min**.
- Le condensateur **35 uF**
- Nombre de pole : **4**



Figure III.1 :moteur monophasé

III.2.2 Alternateur triphasé :

On utilise un alternateur d'automobile modifié, nous avons supprimé le pont de diode triphasé et le régulateur de courant dans le but d'exploiter l'alternateur Comme génératrice triphasé qui produit une tension triphasée 380V, pour générer :

- Une tension triphasée **380V**.
- Une courant de **0.45** jusqu'à **0.7A**.
- Une puissance de **1 KW**.
- Une vitesse de rotation de **1500 tr/min**.
- Une fréquence de **50 Hz** .

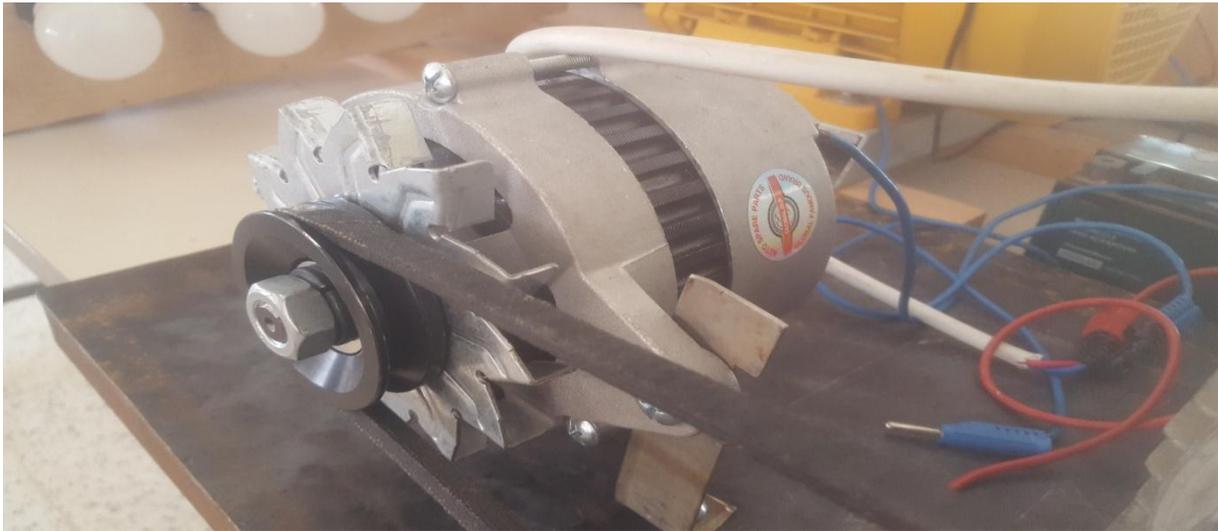


Figure III.2 : alternateur

III.2.3 Système de transmission de puissance

Les systèmes de transmission de puissance mécanique sont situés, sur la chaîne d'énergie entre l'actionneur (figure III.1).

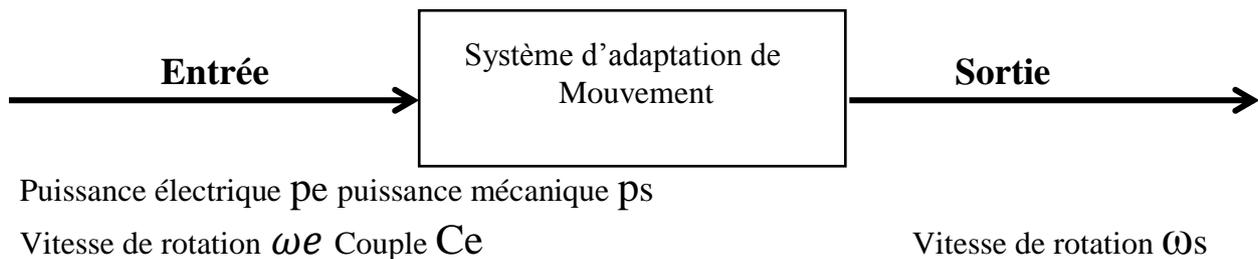


Figure III.3 : schéma synoptique Système de transmission

III.2.3.1 Type de transmissions dans la maquette :

On utilise dans la maquette la transmission par poulie – courroie, la figure III.2 présente le principe du système.

Les différents types des courroies :

- 1- Les courroies plates.
- 2- Les courroies rondes.
- 3- Les courroies striées.
- 4- Les courroies trapézoïdales en V.

5- Les courroies crantées.

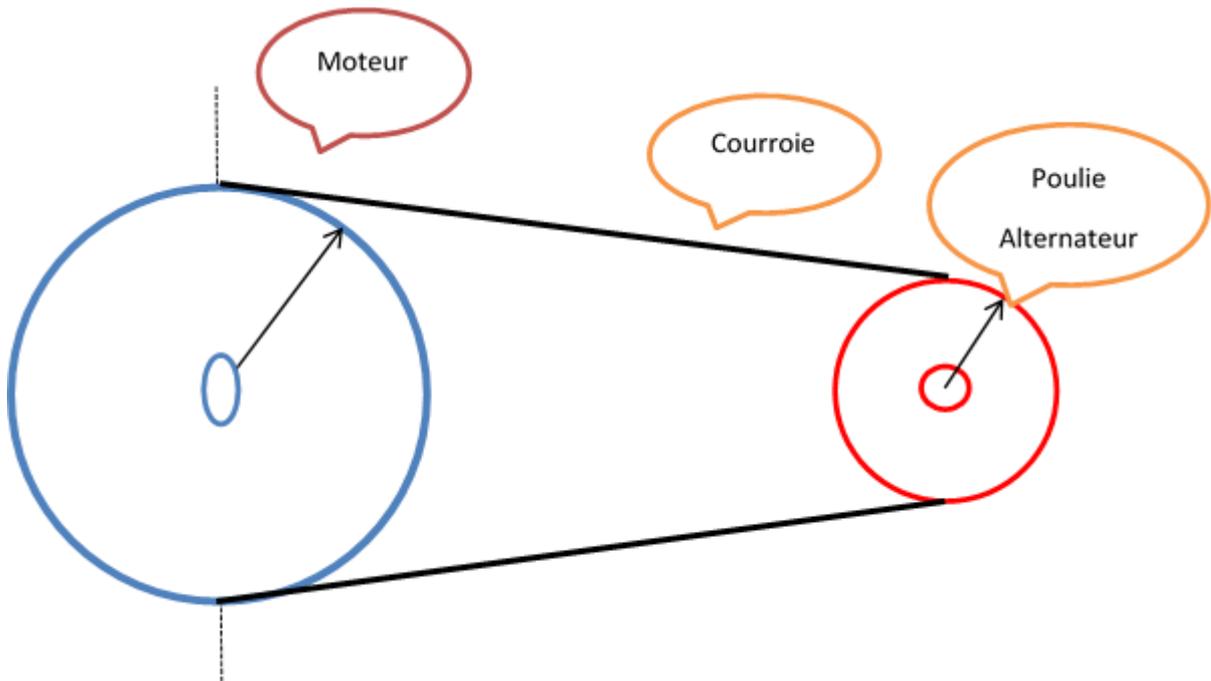


Figure III.4 : principe Système de transmission

2- Les poulies crantées :

Les poulies crantées et la courroie associée assurent une transformation de mouvement sans glissement. Comme les engrenages, cette transformation de mouvement est par obstacle, donc avec conservation des positions relatives des poulies à tout instant.

III.2.4 Batteries :

Caractéristique de la batterie :

- Voltage: **12V.**
- Capacité: **6,3Ah.**
- CCA : **105.**
- Technologie: **SLA.**
- Dimensions: **150x87x94 (Lxlxh mm).**
- Polarité : **+ à Gauche.**



III.2.5.la charge :

Notre charge dans le banc d'essai est une charge résistive (les lampes) :

$$I_l \text{ ch} = 54.3 \text{ mA}$$

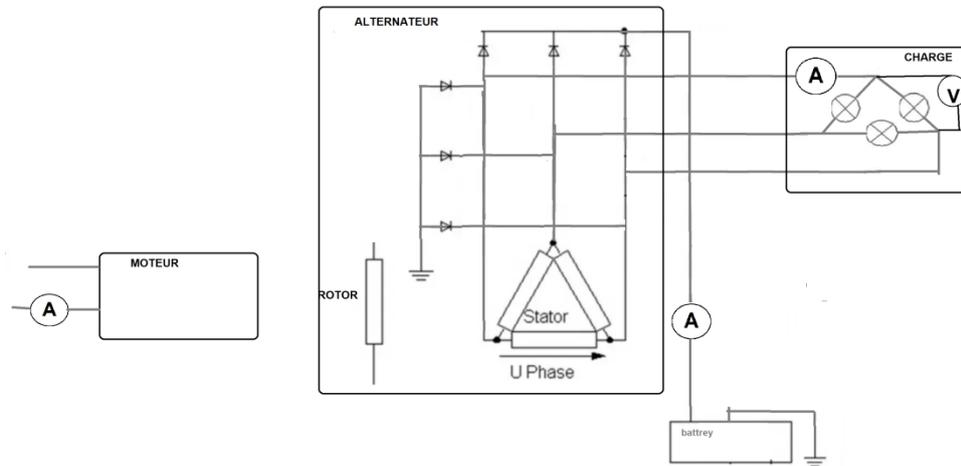
$$J = I / \sqrt{3} = 54.3 / \sqrt{3} = 31.35 \text{ mA}$$

$$R = 6.6 \times 10^3 / 31.35 = 210.52 \Omega$$



III.3 Le schéma électrique d'installation

La figure III.3 présente le schéma électrique de notre banc d'essai et la figure III.4 montre la photo des différents éléments du banc.



La figure III.3 : présente le schéma électrique

Les premiers essais expérimentaux :

La tension d'entrée : $V_e = 240 \text{ V}$.

Le courant d'excitation : $I_{ex} = 2.5 \text{ A}$.

La tension de sortie : $V_s = 6.6 \text{ V}$.

Le courant du moteur : $I = 25 \text{ A}$.

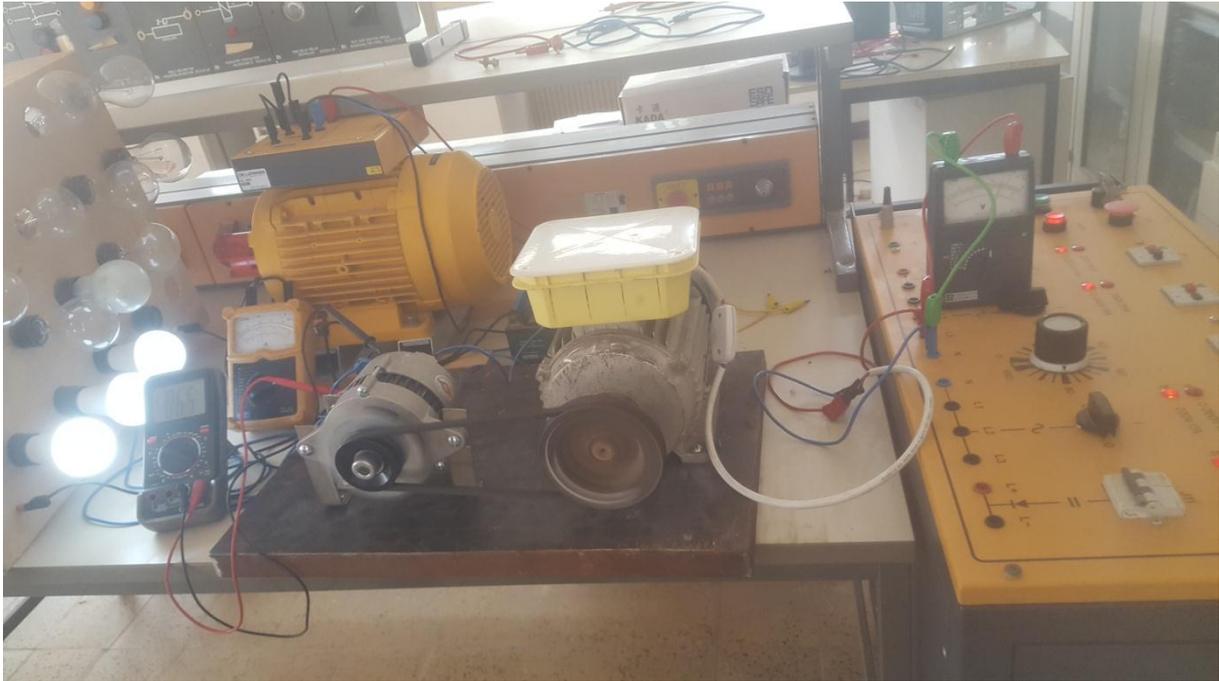


figure III.4 : montre la photo des différents éléments du banc.

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté notre banc d'essai expérimental afin de le préparer pour faire le diagnostic des défauts de roulement mais vue le manque des matériels nous n'avons pas pu le réaliser. Nous avons présenté les caractéristiques des différents éléments du banc d'essai pour l'exploiter dans le futur à la détection des défauts.

CONCLUSION GENERALE

Dans le milieu industriel, les systèmes de production sont de plus en plus complexes et ne peuvent être exempts de perturbations ou de défaillances. Ces défauts influent sur la qualité du produit, et peuvent provoquer un arrêt immédiat d'une machine.

Le diagnostic de défauts de ces machines, s'appuie essentiellement sur la surveillance de symptômes liés à différentes conditions de dégradation. Ces symptômes peuvent être tirés et extraits de diverses sources d'informations, parmi lesquelles, l'analyse vibratoire qui occupe une place prépondérante dans l'industrie.

Nous n'avons pas atteint notre objectif " la réalisation d'un banc d'essai dédié à la détection des défauts de roulement par analyse vibratoire" pour plusieurs contraintes. Mais nous avons pu réaliser 70% du banc d'essai en attendant dans le future d'autres étudiants peuvent l'exploiter et accomplissent le travail.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Aicha Abde, Docteur de l'Université Henri Poincaré, Nancy-I en Génie Electrique
Contribution à l'étude et au diagnostic de la machine asynchrone.
- [2] Sahroui Mohamed « Etude Comparative des Méthodes de Diagnostic des Machines Asynchrones » Thèse de doctorat, Doctorat en Science En Electrotechnique Université Khider – Biskra Soutenu publiquement le /2010.
- [3] Ilyes Khelf; Diagnostic des machines tournantes par les techniques de l'intelligence artificielle université d'Annaba 2014.
- [4] Mohamed « Contribution au Diagnostic d'une Machine Asynchrone Triphasée à Cage » Thèse de Magister, magister en électrotechnique Université Mohamed Khider – Biskra Soutenu publiquement le 09/12/2003.
- [5] Roland Casimir ; diagnostic des défauts des machines asynchrones par reconnaissance des formes ; l'école doctorale électronique, électrotechnique, automatique de Lyon.
- [6] HAMDY NAOUEL ; Amélioration des performances des aérogénérateurs université Constantine 2013.
- [7] Mr Rouaibia Reda « Detection et diagnostic des défauts des moteurs asynchrone » Thèse de Magister, Option : Commande, détection des défauts et diagnostic des processus industriels université bordj Elmokhtar Année 2009.
- [8] Radouane Bousseksoou : Modélisation analytique des machines Asynchrone application au diagnostic ; diplôme de magister En Electrotechnique Université Mentouri Constantine 2007.
- [9] Laadjal Khaled «Modilisation de la machine asynchrone en présence de défauts par flux 2D» thème de master en électrotechnique Université Mohamed Khider – Biskra Soutenu le 01 juin 2015.
- [10] Vaseghi BABAK; Contribution a l'étude des machines électriques en présence de

- défaut entre-spores Modélisation – Réduction du courant de défaut ; L'Institut National Polytechnique de Lorraine ;2009.
- [11] Toufik Rekioua ; Contribution a la modélisation et a la commande vectorielle des Machines synchrones a aimants permanents ; l'institut national polytechnique de lorraine.
- [12] Fatima Babaa, docteur en guinée électrique, contribution a la modélisation et la Commande De machine asynchrone : application a la diagnostic des machines Electriques.
- [13] Ilhem Bouchereb, Modalisation et outillés d'aide au diagnostic de défauts de machines synchrones et a reluctance variable Magistère en Electrotechnique de de l'Université de Constantine1.
- [14] Andrian Ceban ,méthode globale de diagnostic des machines électriques.
- [15] Yousfi Touati: Analyse spectrale des courants statoriques appliquées au diagnostic des défauts de la barre USTO.
- [16] W. Michael, "Etude théorique du moteur d'induction monophasé sans et avec phase auxiliaire", RGE, Février 1950.
- [17] Bouzaouit Azzedine "Influence De LA Vibration Sur La Duree De Vie Des Roulements" Université Badji Mokhtar –Annaba .2008.
- [18] Adbi Zohra. "Etude de effets vibratoire sur la durée de vie des roulements a rouleaux Mémoire Magister Université Badji Mokhtar –Annaba. 2010.
- [19] Benlalli Yacine "Etude Du Processus De Dégradation Des Roulements Par Analyse Vibratoire". Université Badji Mokhtar –Annaba.2003/2004.
- [20] Merah Karima "Diagnostic des défauts de roulement d'un moteur par analyse vibratoire (Etude comparative avec l'analyse du courant statorique)"Mémoire Magister Université 'Oran Mohamed Boudiaf.2016.
- [21] Tahar BELKHIR Med Mohcen BEN SACI " La maintenance des équipements par l'analyse vibratoire" Université Kasdi Merbah Ourgla .2016.

- [22] www.scribd.com/doc/47464746/roulement-cours.
- [23] Harir Miloud "Etude des Défauts dans La Machine Asynchrone à Cage d'Ecureuil Par l'Emploi de la Fonction d'Enroulement Modifiée" Mémoire Magister Université Oran Mohamed Boudiaf.2008.
- [24] Bessous Noureddine "Contribution au Diagnostic des Défauts dans les Machines Asynchrones : Comparaison entre l'Analyse Vibratoire et l'Analyse du Courant d'Alimentation". Thèse Doctorat Université Mohamed Khider – Biskra.2017.
- [25] Nabti Mohamed Tahar "Etude de l'évolution des indicateurs spectraux et cepstraux Dans la détection des défauts mécaniques" Mémoire Master Université Ferhat Abbas - Setif .2011.
- [26] Landolsi Foued "surveillance des machines par analyse vibratoire" cours de techniques de surveillance.
- [27] Leila Nacib "Diagnostic Des Défauts Dans Les Machines Tournantes Par L'analyse Vibratoire" Thèse de doctorat Université Badji Mokhtar –Annaba .2015.
- [28] enlalli Yacine "Etude Du Processus De Dégradation Des Roulements Par Analyse Vibratoire". Université Badji Mokhtar –Annaba.2003/2004.