

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université des Sciences et de la Technologie d'Oran



Mohamed BOUDIAF

FACULTE DE GENIE ELECTRIQUE

DEPARTEMENT D'ELECTROTECHNIQUE

MEMOIRE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MAGISTER

SPECIALITE: ELECTROTECHNIQUE

OPTION: CONDITIONNEMENT DES RESEAUX ELECTRIQUES EN UTILISANT
LES EQUIPEMENTS D'ELECTRONIQUES DE PUISSANCES (FACTS)

PRESENTE PAR:

Mr. BENSMAINE Mustapha

SUJET DU MEMOIRE

**Réalisation d'un Banc d'Essai Destiné
au Diagnostic des Défauts
d'Excentricité**

SOUTENU-LE :

Mr. B.MAZARI

Mr. A.ALLALI

Mr. N.BENOZZA

Mr. A.H.BOUDINAR

Mr. M.BENDJEBAR

DEVANT LE JURY COMPOSE DE:

Professeur, USTO MB

Maître de conférence (A), U.S.T.O MB

Maître de conférence (A), U.S.T.O MB

Maître de conférence (A), U.S.T.O MB

Maître de conférence (A), U.S.T.O MB

PRESIDENT

ENCADREUR

CO-ENCADREUR

EXAMINATEUR

EXAMINATEUR

A la mémoire de ma mère ,

A ma chère sœur,

A tous mes amis.

Remerciement

Je remercie chaleureusement Monsieur BENOZZA Noureddine, maître de conférence à l'USTO, pour m'avoir accueilli au sein de son équipe et pour m'avoir encadré et encourager tout au long de cette thèse.

J'adresse mes plus sincères remerciements à Monsieur ALLALI Ahmed, maître de conférence à l'USTO, encadreur de thèse, pour son soutien et son encouragement.

Que Monsieur B.MAZARI, Professeur à l'USTO, trouve ici l'expression de ma profonde gratitude pour m'avoir fait l'honneur de présider le jury de ce mémoire.

Ces remerciements s'adressent également à Monsieur BENDJEBAR Mokhtar, maître de conférence à l'USTO et BOUDINAR Ahmed Hamida, maître de conférence à l'USTO, pour avoir accepté de participer au jury de ce mémoire.

Je tiens à témoigner à Monsieur BENALI rachid, tourneur, ma reconnaissance pour sa contribution à la réalisation du dispositif.

J'exprime toute ma reconnaissance à Monsieur ZEROUKI Yacine, magister en informatique, pour l'aide qu'il m'a apportée et les conseils qu'il m'a prodigués.

Aussi, mes remerciements sont exprimés à ma famille pour son soutien morale.

Sommaire

Introduction Générale.....	5
Chapitre 1 : Les différents défauts affectant la machine asynchrone et leurs techniques de diagnostiques.....	9
1.1 Maintenance Industrielle.....	9
1.2 Etude des différents défauts affectant les moteurs asynchrones à cage...	10
1.3 Techniques de diagnostic des défauts dans les moteurs à cage.....	21
1.4 Conclusion.....	26
Chapitre 2 : Description du mécanisme de défaut d'excentricité statique.....	27
2.1 Choix du moteur.....	29
2.2 Description du Stator et du Rotor.....	31
2.3 Caractéristique de la charge.....	33
2.4 Etapes entrepris pour la réalisation du mécanisme d'excentricité	33
2.5 Mécanisme d'excentricité statique.....	36
2.6 Conclusion.....	44
Chapitre 3 : Résultats expérimentaux du défaut d'excentricité statique.....	45
3.1 Banc de mesures.....	47
3.2 Résultats expérimentaux des essais des défauts d'excentricité statique...	50
3.3 Courbes de sévérités.....	60
3.4 Conclusion.....	62
Conclusion générale.....	63
Bibliographie.....	66

Introduction générale

Le moteur asynchrone est certainement la machine électrique la plus fréquemment utilisée dans l'industrie, surtout lorsqu'il s'agit du moteur à cage d'écuriel, du fait de sa grande robustesse, de sa facilité de mise en œuvre, de son faible encombrement, de son bon rendement, de son excellente fiabilité et enfin de son faible coût.

A puissance égale son coût est moindre que celui de la machine à courant continu ou la machine synchrone. De plus il ne nécessite qu'une seule source d'alimentation.

Ces machines sont soumises pendant leur fonctionnement à plusieurs contraintes de natures différentes (thermiques, électriques, magnétiques, mécaniques et d'environnement). L'accumulation de ces contraintes provoque des défauts dans les différentes parties du moteur, ce qui engendre des arrêts non programmés conduisant à des pertes de production et à des réparations coûteuses.

La protection classique des machines électriques ne peut pas éviter l'apparition de ces défauts et leurs conséquences problématiques engendrés, puisque l'appareillage de protection n'intervient qu'au stade final du défaut, à savoir le cas critique de son évolution.

Il en est de même pour ce qui est de la maintenance programmée ou classique des machines électriques. Elle ne peut pas détecter ces défauts dans la plupart des cas, vu que certains types de défauts échappent aux techniques classiques utilisées dans ce genre de maintenance. Le cas se présente surtout lors des vérifications des différentes parties de la machine lorsqu'elle est à l'arrêt (maintenance off line).

La détection des défauts à leur premier stade (maintenance prédictive) est devenue une nécessité majeure afin d'éviter la défaillance totale des machines électriques [1] [2][3].

De nombreux travaux ont été consacrés à ce nouveau type de détection qui utilise différentes techniques de diagnostic préventif. La plupart de ces techniques utilisent les grandeurs mécaniques (couple, vitesse, vibration, bruit,...etc.). L'inconvénient de ces techniques réside dans l'intégration de capteurs au niveau de la machine, ce qui exige la conception d'une machine spéciale et coûteuse.

Aujourd'hui une nouvelle approche, consistent à utiliser des capteurs de courant statorique (transformateur de courant) tout en maintenant la machine en marche (voire à distance). Ces capteurs donnent une image sur le courant de phase : technique qui permet d'améliorer la fiabilité du moteur et d'augmenter sa durée de vie.

Les signaux de courants capturés présentent l'avantage d'être facilement mesurables et à moindre coût. On parlera alors de signature des courants du moteur.

De ce fait, vient l'utilisation de ces signatures comme moyen de diagnostic et de détection des défauts.

La surveillance en temps réel des machines électriques est préconisée pour détecter les défauts et les surcharges dans les machines, en particulier celles de génération d'électricité et celles des entraînements de forte puissance.

Les signaux mesurés contenant les informations significatives dues aux défauts sont généralement :

- Les courants,
- Les tensions,
- La vitesse,
- Les vibrations,
- Les émissions sonores.

Le développement des méthodes modernes de diagnostic, s'accroît en raison des progrès en micro-électronique (microprocesseur) et du traitement du signal. La technique de l'analyse spectrale du courant statorique est la plus utilisée parce qu'elle permet, non seulement la détection des défauts classiques, mais aussi de s'affranchir des problèmes d'accessibilité.

L'analyse de la signature du courant statorique du moteur, en vue du diagnostic et de la détection des défauts électriques ou mécaniques, est maintenant la technique la plus efficace et en évolution continue.

Son intérêt réside dans la simplicité du capteur de courant utilisé et son aptitude à détecter plusieurs défauts, voire même les défauts naissants, contrairement aux anciennes techniques.

Une étude faite sur les pannes de machines asynchrones a montré que près de 60% des pannes sont concentrées au niveau du stator et 20% au niveau du rotor, le reste touchant d'autres parties de la machine. Aujourd'hui, les progrès effectués au niveau des isolants et des méthodes d'isolation des enroulements statoriques ont fait que la majeure partie des défauts se trouve concentrée au niveau du rotor.

L'intérêt d'une surveillance des défauts ayant une relation avec le rotor est confirmé d'une part par les statistiques et d'autre part par l'inaccessibilité en fonctionnement de celui-ci. Il est important de souligner que les défauts rotoriques peuvent engendrer des défauts sur les autres parties de la machine, entraînant ainsi sa détérioration.

La plupart des moteurs électriques fonctionnent en mode continu et leur arrêt à pour conséquence un arrêt de production surtout dans le cas d'un arrêt intempestif suite à un défaut électrique ou mécanique. C'est pour cela la maintenance prédictive, nous permet la programmation de l'arrêt afin de minimiser les pertes. Parmi les défauts mécaniques les plus fréquents dans l'industrie, sont les défauts d'excentricité .

Nous avons développés notre recherche dans ce domaine pour réaliser des dispositifs mécaniques nous permettant de créés les mêmes défauts

d'excentricités que ceux existant dans l'industrie et de visualiser ces défauts par le biais de moyens économiques et rapide qui sont les relevés des courants statoriques. Le contenu spectral des signaux mesurés nous renseignent sur ces défauts, leurs évolutions, nous permettent de voir la spécification des défauts et de prendre les dispositions de maintenances nécessaires avant la défaillance totale [1] [2] [3] [4] [5] [6].

Le présent travail consiste à réaliser des défauts d'excentricité statiques sur le rotor, par la concrétisation d'un système mécanique à désaxements gradués exécuté au niveau des flasques.

Notre mémoire comporte trois chapitres :

Le premier chapitre décrit les différents défauts affectant la machine asynchrone et leurs techniques de diagnostics.

Dans le deuxième chapitre nous présentons la description et la réalisation du système mécanique du défaut d'excentricité statique exécuter sur un moteur asynchrone triphasés de puissance 3 KW, vitesse 1410 tr/mn, de marque ENEL et particulièrement pris d'une chaîne de fabrication de série.

Dans le troisième chapitre, nous présentons les résultats des essais expérimentaux avec et sans défauts.

Les relevés d'analyses spectrales et leurs interprétations seront détaillés en fin de chapitre.

Chapitre 1 : Les différents défauts affectant la machine asynchrone et leurs techniques de diagnostic

1.1 Maintenance Industrielle

Dans de nombreux domaines industriels, la surveillance et le diagnostic des systèmes occupent une place grandissante. En effet, en raison de la complexité accrue des systèmes électriques modernes, leurs coûts d'exploitation, essentiellement liées à la maintenance, se sont vus augmenter.

De manière générale, il existe trois schémas de maintenance :

- **La maintenance préventive ou systématique**, qui répond aux exigences d'un échéancier entraînant des actions d'inspection et de contrôle puis des réparations si nécessaire
- **La maintenance corrective**, effectuée en cas de panne du système,

– **La maintenance prédictive ou conditionnelle**, liée à la surveillance et au diagnostic du système et n'entraînant d'action de réparation que si une panne (présente ou future) est détectée.

La maintenance systématique est largement utilisée dans le cadre des systèmes critiques pour la sécurité ou la sûreté de fonctionnement, comme par exemple en aéronautique. Ce type de maintenance est difficilement remplaçable.

La maintenance corrective, quant à elle, est la plus coûteuse puisqu'elle n'intervient qu'après une panne du système et donc après une période de non fonctionnement imprévue.

La maintenance prédictive vise à pallier aux coûts de la maintenance corrective, en réduisant au maximum le temps d'indisponibilité des systèmes et surtout en pouvant planifier ces indisponibilités. Cette méthode anticipative permet donc d'assurer une meilleure continuité de service et ainsi de réduire les coûts d'exploitation sur de long terme.

Dans le contexte du diagnostic des systèmes électriques, la machine asynchrone occupe une place prépondérante. En effet, les entraînements électromécaniques à base de machine asynchrone sont largement utilisés en raison du faible coût et de la robustesse de ce type de moteur. C'est pourquoi il apparaît comme important d'en effectuer une surveillance, afin d'en augmenter la qualité de service par l'utilisation de la maintenance prédictive.

De nombreux types de pannes peuvent être diagnostiqués comme les défauts électriques, qu'ils soient statoriques ou rotoriques, ou les défauts d'origine mécanique [4] [5] [6] [12].

1.2 Etude des différents défauts affectant les moteurs asynchrones à cage

Les moteurs asynchrones à cage sont les machines électriques les plus utilisées actuellement dans les milieux industriels vu leur robustesse, leur simplicité et leur faible coût de revient. On les rencontre dans plusieurs applications industrielles tel que les fabrications mécaniques, l'aéronautique, dans la propulsion électrique de véhicules, de tramways,

de trains à grande vitesse et surtout dans les chaînes de production industrielles.

Cependant, et malgré les dispositions constructives adoptées, il arrive que les moteurs asynchrones présentent des pannes électriques ou mécaniques qui peuvent provoquer leur arrêt total et interrompre ainsi le processus industriel, ce qui se répercute sur la production d'où des pertes financières. Par conséquent, il est recommandé de détecter de façon précoce ces pannes et ces défaillances et de comprendre les relations de cause à effet afin d'améliorer la fiabilité du moteur, d'augmenter sa durée de vie et de minimiser les effets induits (rupture de la chaîne de production).

Pour cela, une variété de techniques de diagnostics utilisant les grandeurs mécaniques (couples, vitesses, vibrations, etc...) ont été proposées, pour s'orienter récemment vers des techniques plus avantageuses, qui n'exigent ni l'introduction de capteurs au niveau de la machine ni l'utilisation d'équipements coûteux et encombrants. Il s'agit des techniques utilisant les grandeurs électriques.

Dans ce premier chapitre, nous présenterons les différents défauts affectant la machine asynchrone à cage, leurs causes et leurs conséquences. Aussi nous développerons les différentes techniques de diagnostic [1] [6] [7] [12].

1.2.1 Causes et conséquences des défauts

La plupart des défauts dans les moteurs asynchrones sont dus à un ensemble de contraintes nocives qui sont généralement de nature électrique, magnétique, mécanique, thermique, dynamique et d'environnement. On distingue :

1.2.1.1 Les contraintes électriques

Elles ont des effets directs sur la partie isolante du bobinage, ce qui crée des problèmes diélectriques pouvant entraîner la rupture des isolants.

1.2.1.2 Les contraintes magnétiques

Parmi les effets de ces contraintes, on distingue :

- des effets électromagnétiques,
- une sollicitation magnétique déséquilibrée,
- des parasites et des vibrations électromagnétiques.

1.2.1.3 Les contraintes mécaniques

Elles sont dues aux :

- Mauvais accouplement,
- Faux rond bout d'arbre,
- Surcharge moteur,
- Mauvais clavetage,
- Mauvais graissage (ou lubrification) des paliers,
- Frottement ventilateur de refroidissement (ou brasseur d'air),
- Flexion du rotor (pour les machines de grandes puissances),
- Mauvais rebagages des flasques,
- Balourds au niveau du rotor,
- Usures des roulements,
- Usures des portées roulements,
- Mauvais ajustements (serrage) des couvercles roulements,
- Plusieurs démarrages successifs en pleines charges (torsions ou cisaillements des arbres).

1.2.1.4 Les contraintes thermiques

L'excès de température provoque essentiellement la dégradation des isolants des enroulements et contribue à leur vieillissement, engendrant des courts-circuits de différents types. Par conséquent Les dépassements thermiques sont dus :

- à des variations de tensions,
- au déséquilibre des tensions d'alimentation,
- au démarrage du moteur (long démarrages ou excessifs),

- à la surcharge du moteur,
- à la défaillance du système de ventilation,
- à l'augmentation de la température ambiante,
- aux pertes thermiques excessives,
- aux courts-circuits entre tôles,
- à l'échauffement des paliers.

1.2.1.5 Les contraintes dynamiques

Elles ont pour conséquence des dépassements dynamique d'origine externe et apparaissant sous forme de couples pulsatoires, vibrations, forces centrifuges, augmentation de vitesse et contrainte périodique, pouvant provoquer le décalage de la masse rotorique, le gauchissement de l'arbre et des ruptures au niveau des barres rotoriques ou des couronnes.

1.2.1.6 Les contraintes d'environnements

Un moteur doit toujours être gardé dans un endroit propre et sec car sa durée de vie et sa bonne tenue dépendent de l'environnement dans lequel il fonctionne. La présence de l'humidité et de la poussière, qui contient des particules métalliques et autres, détériore les isolants ce qui provoque des court-circuits dans ses enroulement et engendrent aussi des endommagements au niveau de la surface rotorique du moteur.

1.2.1.7 Les contraintes de démarrage

Le démarrage est la période la plus dangereuse pour la tenue de l'enroulement rotorique d'un moteur, durant laquelle tous les phénomènes sont aggravés par suite de l'appel important du courant.

Si on prend par exemple le rotor à cage, trois principaux éléments peuvent contribuer à la rupture de sa cage durant cette période de fonctionnement :

- les conditions de démarrage,
- les contraintes permanentes,
- les contraintes vibratoires.

1.2.2 Principaux défauts affectant les moteurs asynchrones triphasés à cage.

Généralement, on distingue deux types de défauts dans les moteurs asynchrones:

les défauts affectant le stator et ceux affectant le rotor [1] [2] [7] [12].

1.2.2.1 Défauts statoriques

Ces défauts apparaissent souvent au niveau des enroulements statoriques (figure 1.1) et sont dus à des dépassements de différentes natures. On distingue:

- le court-circuit triphasé,
- le court-circuit biphasé,
- le court-circuit monophasé,
- le court-circuit masse,
- l'ouverture d'une phase,
- le court-circuit entre bobines ou entre spires d'un même enroulement.

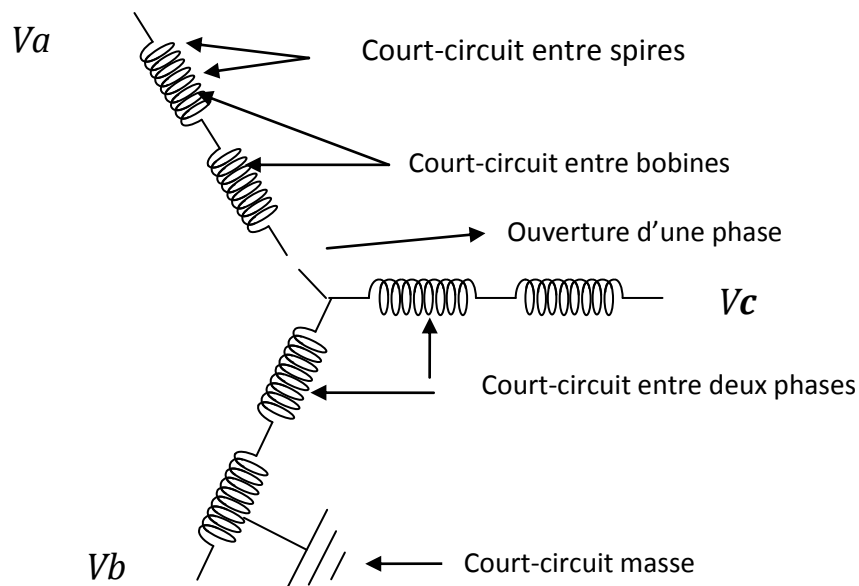


Figure 1.1 : Différents types de défauts statoriques

1.2.2.2 Défauts rotoriques

Bien que les études statistiques par analyses vibratoires montrent que les défauts rotoriques viennent en seconde position, il n'en demeure pas moins que les problèmes de recherche les concernant sont réels et particulièrement difficiles à résoudre. Essentiellement les défauts au rotor se traduisent par :

- Des ruptures des barres ou souvent des mauvais contacts barre/couronne ou bulles (soufflures) et fissures dans les barres rotorique.
- Des défauts d'excentricité.

Il est important de souligner que les défauts rotoriques peuvent être la cause de défauts dans les autres parties de la machine, et entraîner ainsi un dysfonctionnement plus conséquent.

1.2.2.2.1 Défaut de rupture de barres rotoriques

Un des défauts les plus difficiles à détecter concerne les ruptures de barres qui constituent des sinistres pour les rotors à cage. Elles représentent la particularité d'être progressives et partielles, il s'agit d'un phénomène à évolution lente qui permet de poursuivre l'exploitation de la machine. Les ruptures de barres (figure 1.2) sont essentiellement consécutives à des erreurs d'exploitation (démarrage trop long non détecté, non-respect du délai de refroidissement entre démarrages successifs), ou à des défauts de fabrication (mauvaise coulée).

Les conséquences de ce type de défauts ne sont pas anodines car elles induisent :

- un vieillissement mécanique de la ligne d'arbre à cause des fluctuations du couple,
- une rupture des autres barres du fait des courants plus importants qui les parcourent et des efforts électrodynamiques,
- une influence sur les formes d'ondes des signaux d'alimentation de la machine,

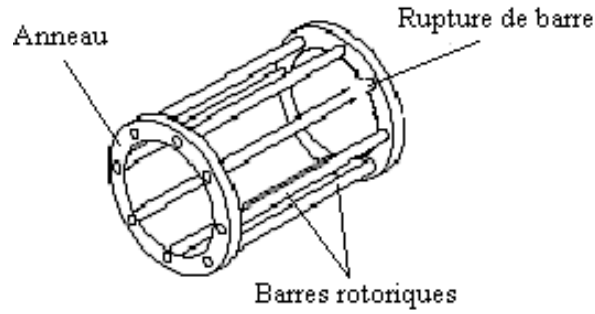


Figure 1.2: Défaut de rupture de barres du rotor à cage rotatives

Le rotor avec ce défaut crée, en plus du champ rotorique direct qui tourne à la vitesse $g\omega_s$ par rapport au rotor (g le glissement de la machine), un champ inverse qui, lui, tourne à $-g\omega_s$. L'interaction de ces champs avec celui issu du bobinage statorique donne naissance à un couple électromagnétique somme d'une composante directe constante et d'une composante inverse sinusoïdale de pulsation $2g\omega_s$. Elle sera la cause d'oscillations de la vitesse. Cette dernière donne naissance à des f.e.m aux pulsations ω_s , $(1-2g)\omega_s$, $(1+2g)\omega_s$ et $(1-4g)\omega_s$. qui créent à leur tour des courants aux mêmes pulsations. Les champs créent par ces courants vont à leur tour induire au rotor des courants directs et inverses. Ainsi par un processus identique, on retrouve dans le courant statorique des composantes de fréquences :

$$f_b = (1 \pm kg)f \quad (1.1)$$

Où k un entier positif et f la fréquence d'alimentation.

Le schéma de la figure 1.3 permet une meilleure compréhension du fonctionnement du moteur avec un rotor sain alors que celui de la figure 1.4 décrit le phénomène dû à l'apparition du défaut rotorique sachant que :

$$\omega_s = \frac{2\pi \cdot f}{p}$$

ω_s : représente la vitesse de synchronisme, p est le nombre de paires de pôles de la machine.

$\omega_r = (1 - g)\omega_s$: la vitesse de rotation,

$\omega = \omega_s - \omega_r$: la vitesse de glissement,

$g = \frac{\omega_s - \omega_r}{\omega_s}$ le glissement,

alors :

$$\omega_{\text{défaut}} = \omega_r - g\omega_s = (1 - g)\omega_s - g\omega_s$$

$$\omega_{\text{défaut}} = (1 - 2g)\omega_s$$

d'où la fréquence du défaut :

$$f_b = (1 - g)f - gf = (1 - 2g)f \quad (1.2)$$

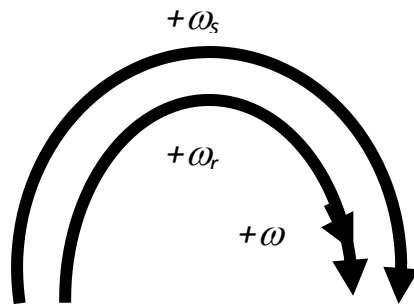


figure1.3 : Schéma de fonctionnement du moteur saint

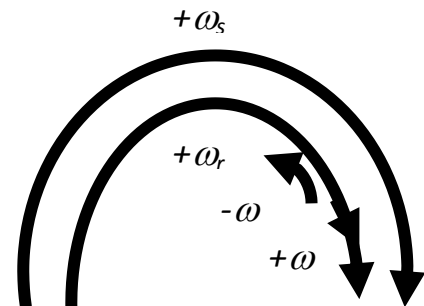


figure1.4 : Schéma de fonctionnement du moteur défaillant

1.2.2.2 Défauts d'excentricité.

L'excentricité est un phénomène qui fait l'objet de nombreuses publications, car elle est responsable de multiples dommages sur les machines électriques, surtout lorsqu'il s'agit de la machine asynchrone où l'entrefer est volontairement d'épaisseur très faible. L'excentricité est le résultat de la non-uniformité de ce dernier, ce qui signifie l'existence de longueurs radiales différentes entre le stator et le rotor, donc une asymétrie d'entrefer. Cette asymétrie fait décaler les axes des deux armatures l'un par rapport à l'autre d'une épaisseur qui dépend du degré d'excentricité et de la longueur moyenne de l'entrefer (figure1.5). Les causes d'une excentricité sont multiples : elle peut être due à la flexion de l'arbre, à un phénomène d'usure ou au désalignement des roulements,

à un positionnement incorrect du rotor ou du stator au moment de l'assemblage, à l'ovalité du rotor ou de la partie intérieure du stator, ou à un fonctionnement du moteur au-delà d'une vitesse limite qui provoque des résonances.

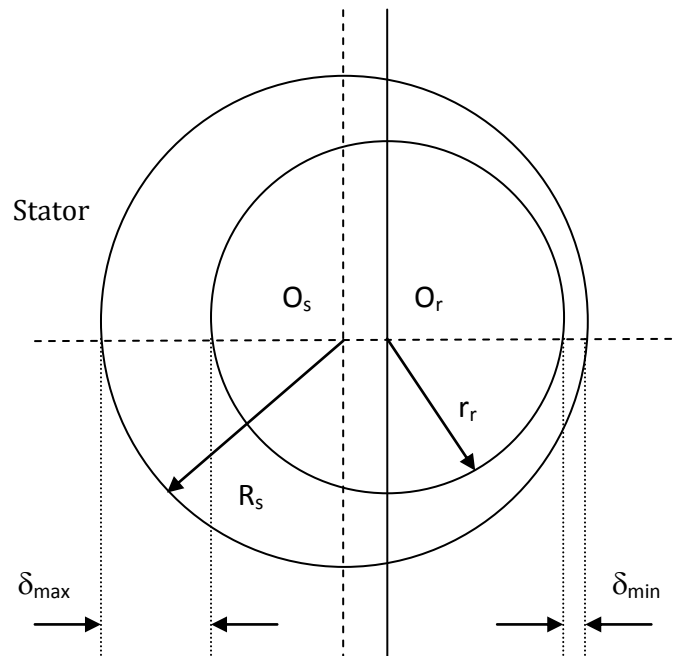


Figure 1.5 : Moteur asynchrone avec rotor excentrique

O_s, R_s : centre et rayon du stator
 O_r, R_r : centre et rayon du rotor
 δ_{\max} et δ_{\min} : entrefer maximal et minimal

Il existe deux types d'excentricité :

- Une excentricité **statique** où l'axe du rotor est décalé par rapport à l'axe du stator, mais les deux axes sont fixes l'un par rapport à l'autre. La longueur radiale minimale de l'entrefer est fixe. Cette excentricité est donc une fonction du temps.
- Une excentricité **dynamique** où l'axe du rotor tourne autour de l'axe du stator, la longueur radiale minimale de l'entrefer se déplace avec le rotor. Cette excentricité est donc une fonction du temps et de l'espace.

- La manifestation simultanée des deux excentricités est appelée excentricité **mixte**.

Quelque soit son type ou sa cause, l'excentricité doit être détectée pour une question de sécurité. Déterminer suffisamment tôt une excentricité permet d'en limiter les conséquences néfastes. En effet, elle génère des forces magnétiques radiales déséquilibrées pouvant créer une augmentation de l'usure des paliers, une amplification des vibrations hautes fréquences et par conséquent un accroissement du bruit acoustique, ou même un contact rotor/stator.

La présence de l'excentricité se manifeste par la création d'harmoniques dans le spectre du courant statorique à des fréquences (f_d) données par l'expression ci-dessous :

$$f_d = f \left[\frac{(kn_b \pm n_d)}{p} (1 - g) \pm v \right]$$

(1.3)

où n_b est le nombre de barres rotoriques,

n_d est le nombre d'ordre d'excentricité : $n_d=0$ pour l'excentricité statique et $n_d=1, 2, 3, \dots$ pour l'excentricité dynamique,

p est le nombre de paires de pôles,

v est l'ordre des harmoniques de temps de la *F.M.M.*, ($v=\pm 1, \pm 3, \pm 5, \pm 7, \dots$ etc.).

La présence de l'excentricité mixte crée des harmoniques de basses fréquences données par la relation suivante :

$$f_m = |f \pm kf_r|$$

(1.4)

où $f_r=f(1 - g)/p$ et $k= 1,2,3 \dots$

1.2.3 Les formes d'excentricité.

L'excentricité peut être uniforme ou non uniforme selon la longueur axiale de la machine.

■ **Excentricité uniforme** : les deux axes géométriques du stator et du rotor sont décalés parallèlement l'un par rapport à l'autre d'une épaisseur

constante le long de la machine pour les deux type d'excentricité, statique ou dynamique. Cela signifie qu'elle est constante.

Remarque importante : il faut savoir que toutes les machines électriques tournantes présentent lors de leur fabrication des défauts d'excentricités statiques. Ces défauts sont dus par exemple aux montages des flasques, à l'assemblage du paquet de tôles du stator, à l'introduction du paquet de tôles dans la carcasse.

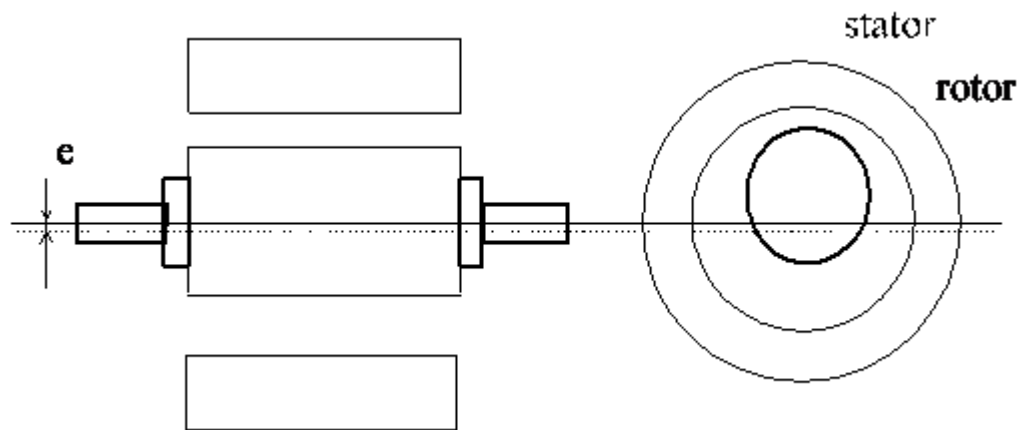


Figure 1.6 : Excentricité uniforme

■ **Excentricité non-uniforme** : Dans ce cas les axes du stator et du rotor de la machine ne sont pas parallèles, et sont décalés d'une épaisseur qui n'est pas uniforme le long de la machine. Dans cette situation deux cas peuvent exister :

- L'armature rotorique a une seule extrémité excentrique, et l'autre est concentrique. Ceci peut être provoqué par un désalignement d'un support ou d'un roulement défaillant, ou par la flexion d'arbre : causant l'excentricité statique ou dynamique. Cette dernière augmente linéairement avec la longueur axiale de la machine.

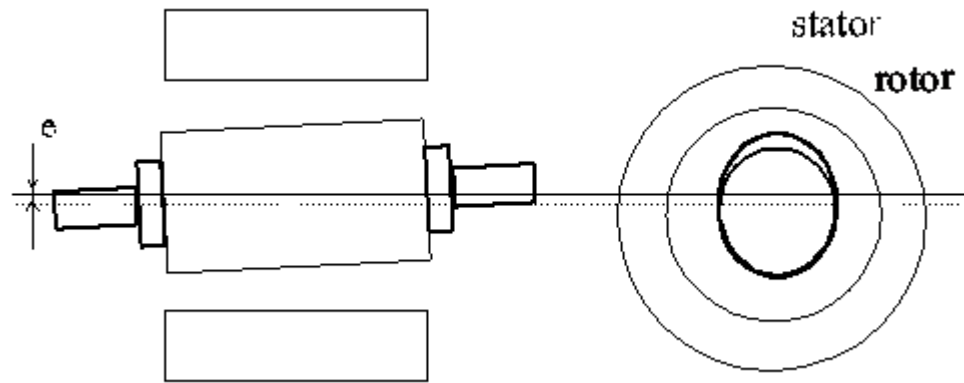


Figure 1.7 : Excentricité à une seule extrémité

- Excentricité aux deux extrémités de la machine coté accouplement et coté opposé accouplement : les deux extrémités du rotor subissent des degrés d'excentricités dans des directions opposés. Ce cas de non-uniformité peut être une action de culbute avec l'excentricité dynamique.

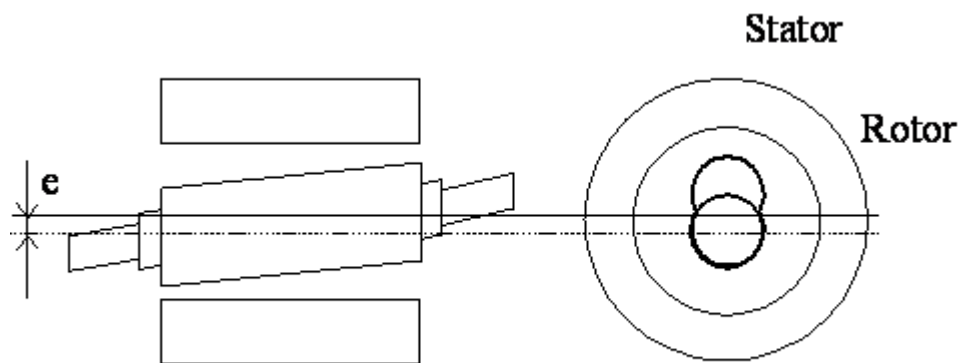


Figure 1.8 : Excentricité à chaque extrémité

1.3 Techniques de diagnostic des défauts dans les moteurs à cage.

Les courts-circuits internes (entre spires ou entre bobines), les ruptures de barres ou d'anneaux et l'excentricité, ne sont pas des défauts apparents. Ils peuvent exister même pendant le fonctionnement du moteur. Pour détecter ces défauts, il existe plusieurs techniques de diagnostic. Ces techniques peuvent être classées en trois catégories : les techniques mécaniques, les techniques chimiques et les techniques magnétiques et électriques.

1.3.1 - Techniques mécaniques

Parmi ces techniques, on trouve :

1.3.1.1 - Diagnostic par mesure des vibrations du moteur

La mesure des vibrations a prouvé à maintes reprises son efficacité pour la détection des défauts dans les moteurs électriques. Cette méthode est élaborée par une coordination d'ingénieurs en mécanique et en électricité, puisque la plupart des défauts électriques ou électromagnétiques ont des réactions mécaniques (couple, vitesse,...). La méthode consiste à placer dans les différents endroits du moteur des capteurs de vibrations, tels que les accéléromètres qui sont les plus utilisés pour la mesure des vibrations dans les machines électriques. Ils doivent être bien positionnés afin de donner une meilleure sensibilité aux vibrations. Ces capteurs peuvent se présenter sous forme de plaquettes pressées sur la surface du moteur (capteur piézo-électrique), captant ainsi les vibrations puis les transmettant sous forme de courant électrique amplifié avec une certaine fréquence. Le courant transmis va être transformé en spectre par un analyseur de fréquences puis comparé à d'autres spectres du moteur sans défaut. Si les spectres captés sont différents de ceux du moteur sain, cela veut dire qu'il y a un défaut dans la machine.

Le signal capté est souvent celui de la vitesse, il représente un repère de comparaison parfait. Par exemple s'il existe une asymétrie dans la machine, le spectre du signal de vitesse contient des harmoniques qui dépassent d'une fois ceux d'un moteur sain. Pour une déflexion de l'arbre, le spectre contient des harmoniques qui sont deux fois ou quatre fois plus grandes que ceux d'un moteur sans défauts. Cependant, il convient de noter que le diagnostic par la mesure de vibrations n'est pas trop utilisé car le fonctionnement de la machine présente une source supplémentaire de vibrations et leur interaction, avec celles produites par les défauts tels que les asymétries statoriques ou les ruptures de barres, rend la distinction des spectres spécifiques aux défauts difficiles.

1.3.1.2 Diagnostic par mesure de température

La durée de vie d'un moteur correctement conçu pour une charge nominale et à température ambiante de 40°C est de 25000 heures. L'augmentation de la température de 10°C peut réduire sa durée de vie de moitié par la détérioration de son système d'isolement.

L'augmentation de la chaleur qui a comme sources les enroulements du moteur et les différentes pertes thermiques (pertes Joule, pertes par courants de Foucault, pertes par hystérésis,..) s'interprète par l'existence d'un défaut dans la machine. Par exemple, pendant une surcharge, la température des enroulements augmente suite à un appel de courant de deux fois la valeur de celle d'un moteur à pleine charge. Pour un moteur sans défauts et puisque la répartition des courants statoriques est la même dans chaque phase (moteur équilibré en tension, en courant et en impédance), la température produite par chaque phase est la même. Par contre un moteur avec défauts présente un déséquilibre thermique remarquable (la température des trois phases est différente), d'autant plus qu'à l'état normal du moteur chaque phase a une température limite (température admissible).

L'approche thermique ou la méthode de diagnostic par la mesure de température consiste à mesurer la valeur de la température de chaque phase de l'enroulement statorique et la comparer avec la valeur limite. Si elle dépasse le taux admissible, on déduit l'existence d'un défaut dans le moteur. Pour mesurer cette température, on utilise des capteurs thermiques (platine 100, ou des thermistances) postés aux différents endroits du moteur (enroulements statoriques, encoches). Pour des moteurs à vitesse variables, des capteurs de température et pression de l'air ambiant sont insérés à l'intérieur du moteur.

Cette méthode est souvent utilisée pour la protection des enroulements statoriques, donc elle ne concerne pas la totalité des défauts dans le moteur.

1.3.2 Technique chimique .

Le diagnostic chimique est basé sur l'analyse des fluides de refroidissement qui sont utilisés pour l'évacuation de la chaleur dans les moteurs à grande puissance (eau, air ou huile). Ainsi la dégradation des isolants électriques des enroulements d'un moteur par excès de température produit un gaz : le monoxyde du carbone (Co) qui s'infiltré dans le circuit d'air de refroidissement. Le gaz (Co) peut être décelé par les rayons infrarouges et, selon la densité du (Co) contenu dans l'air d'évacuation de la chaleur, un défaut peut être détecté.

Mais comme cette méthode est utilisée uniquement dans les moteurs à grande puissance (à tension d'alimentation élevée), elle n'englobe pas tous les types de moteurs.

1.3.3 Techniques magnétiques et électriques.

Ces techniques sont basées sur l'emploi des grandeurs magnétiques et électriques de la machine, on distingue :

1.3.3.1 Diagnostic par mesure du flux magnétique axial

Pour une machine idéale, la valeur du flux magnétique axial (au niveau de l'arbre) est nulle. Mais en pratique, cette valeur n'est pas atteinte à cause des défauts de fabrication ou le non homogénéité des sections des barres rotoriques. Ces problèmes produisent un flux de dispersion axial (flux magnétique de fuites) qui peut être utilisé pour la détection des différents défauts qui surgissent dans le moteur asynchrone tels que :

- les ruptures des barres et des anneaux de court-circuit,
- les courts-circuits entre spires statoriques,
- les coupures de phases.

Une ou plusieurs bobines exploratrices sont placées symétriquement autour de l'arbre où elles permettent de détecter le flux de fuites axial. Ces bobines sont le siège de tensions induites par le flux de fuites. Les tensions sont captées et analysées, puis comparées à celles d'un moteur sain.

Seulement, c'est une technique qui manque de souplesse et nécessite un montage spécial. Elle est généralement utilisée pour la prévention contre les défauts dans des cas particuliers (les défauts des alternateurs et des moteurs de grande puissance).

1.3.2.2 Diagnostic par l'analyse du courant statorique

L'analyse spectrale du courant statorique consiste à analyser le courant dans le domaine fréquentiel. En règle générale, la seule grandeur intéressante accessible au stator est le courant, et l'intérêt de son analyse est de pouvoir détecter et identifier l'élément défectueux.

L'intérêt de cette méthode réside dans la simplicité du capteur utilisé (figure 1.9). En effet, la mesure du courant puis son traitement est plus simple qu'une analyse de la vitesse ou des vibrations.

Cette méthode permet de suivre les harmoniques produites par le défaut, sachant que ces harmoniques varient en amplitude et en fréquence avec l'état de charge et le degré de sévérité du défaut. Elle est appliquée sans interrompre le fonctionnement de la machine ce qui facilite beaucoup la surveillance de celle-ci. Le spectre du courant dans le cas où la machine est saine contient l'harmonique fondamental et ceux d'encoches rotoriques ainsi que d'autres harmoniques avec de faibles amplitudes. Par contre, on observe l'apparition d'autres harmoniques lorsqu'une barre est rompue ou lorsqu'il s'agit d'un défaut d'excentricité. La présence de ces harmoniques à des amplitudes élevées serait révélatrice de l'existence de l'un de ces deux défauts.

L'analyse spectrale est basée sur l'utilisation de la transformée de Fourier rapide (**F.F.T**) pour obtenir le spectre du courant.

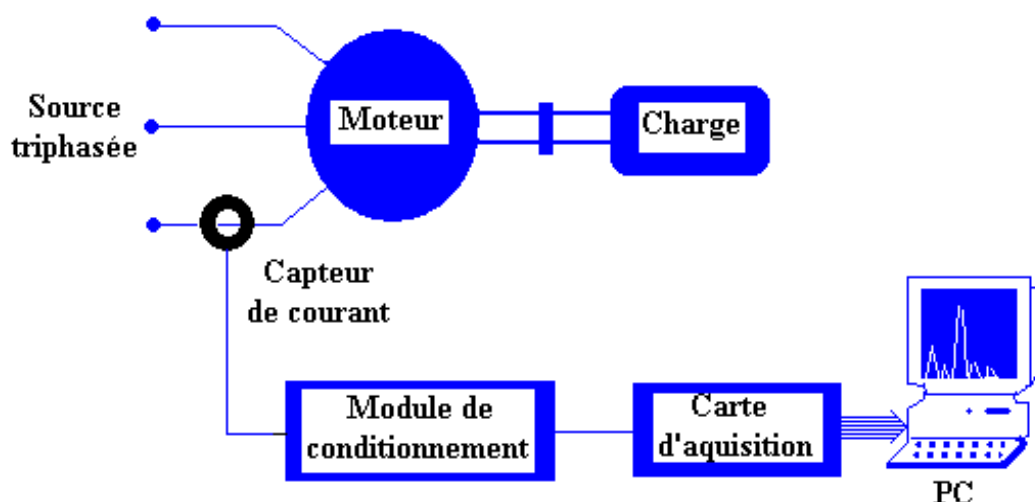


Figure1.9 : Schéma synoptique de la méthode de l'analyse spectrale

1.4 Conclusion

Dans la première partie de ce chapitre, nous avons présenté les différents défauts affectant les machines asynchrones à cage. Pour éviter que ces machines ne tombent en panne et assurer ainsi la bonne marche de la chaîne industrielle, la détection de ces défauts au moment opportun est nécessaire.

La deuxième partie du chapitre était consacrée à la présentation des différentes techniques de détection et de diagnostic. Parmi ces techniques, nous exploiterons plus particulièrement, la méthode de l'analyse spectrale du courant statorique qui n'exige pas l'introduction d'un capteur au niveau de la machine, mais uniquement une image du courant de phase statorique par l'emploi d'un capteur de courant. Cette méthode offre la possibilité de détecter même les défauts naissant grâce aux harmoniques qui apparaissent dans le spectre du courant.

En effet, il conviendrait d'avoir une analyse continue du courant afin de surveiller le fonctionnement de la machine et d'assurer ainsi une maintenance préventive. Cependant, la tendance actuelle vise une maintenance meilleure et nettement plus efficace pour réduire les coûts des dégradations et les coûts des pannes des machines électriques. Cet objectif est tout à fait possible aujourd'hui grâce à l'automatisation du diagnostic (maintenance prédictive), par l'application des techniques prometteuses de l'intelligence artificielle.

Chapitre 2 : Description du mécanisme de défaut d'excentricité statique

L'excentricité de la machine électrique est le résultat de la non uniformité de l'entrefer. Ce défaut peut survenir suite à la flexion de l'arbre, à un mauvais positionnement du rotor par rapport au stator, à l'usure des roulements, ou à un déplacement du noyau statorique, etc... Lorsque cette excentricité s'accroît, la résultante des forces magnétiques radiales devient déséquilibrée (connue aussi sous le nom de traction magnétique déséquilibrée) et peut causer un frottement entre le rotor et le stator, qui peut endommager le circuit magnétique et les enroulements du stator et rotor. Il existe trois types d'excentricité qui peuvent apparaître dans une machine électrique : l'excentricité statique, l'excentricité dynamique et l'excentricité mixte.

Dans le premier cas la position de l'épaisseur minimale de l'entrefer est fixe dans l'espace (figure 2.1). L'excentricité statique peut être causée par l'ovalité de la partie intérieure du stator ou par le mauvais positionnement du rotor ou du stator durant la phase de construction. Si l'assemblage du rotor-arbre est suffisamment rigide, le niveau d'excentricité statique ne change pas [1].

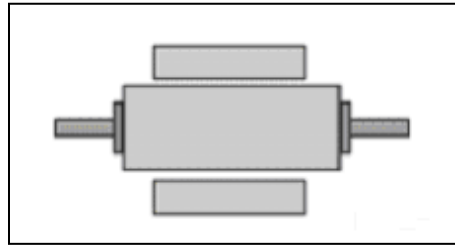


Figure 2.1 Excentricité statique

Dans le cas de l'excentricité dynamique, le centre du rotor n'est pas au centre de rotation et la position d'épaisseur minimale d'entrefer tourne avec le rotor (figure 2.2)

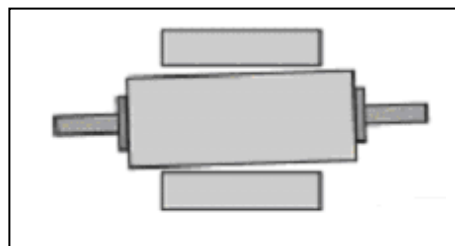


Figure 2.2 Excentricité dynamique

Ceci est dû à plusieurs causes telles que la flexion de l'arbre du rotor, l'usure ou défaut d'alignement du roulement, à la résonance mécanique à la vitesse critique, etc. Nous pouvons dire que l'excentricité dynamique dépend du temps et de l'espace tandis que l'excentricité statique dépend seulement de l'espace.

En réalité les excentricités statiques et dynamiques dans une machine asynchrone ont tendance à coexister. Un niveau inhérent d'excentricité statique existe dans les machines quelque soit sa méthode de fabrication. Ceci peut être la cause d'une traction magnétique permanente déséquilibrée. Son existence entraîne la flexion de l'arbre du rotor, l'usure du roulement etc, qui a pour conséquence l'apparition de quelques degrés d'excentricité dynamique. C'est la raison pour laquelle on parle généralement d'excentricité mixte car en réalité si l'excentricité existe elle ne peut être que mixte (figure 2.3).

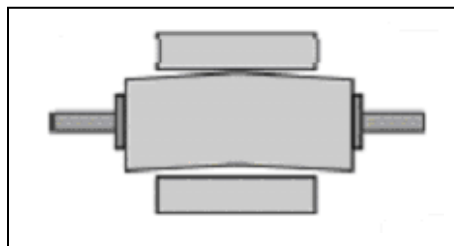


Figure 2.3 Excentricité mixte

Si l'excentricité n'est pas détectée tôt, ces effets peuvent augmenter la possibilité d'avoir un contact entre le stator et le rotor causant un endommagement important de la machine. Pour cette raison, il est nécessaire de surveiller l'état de la machine par la technique de maintenance prédictive. Cette maintenance permet de garder les machines des systèmes de production en fonctionnement et de prévoir les défauts afin de programmer des arrêts pour maintenance et aussi afin d'éviter des ruptures de production et autres. Cela permet de minimiser les frais de maintenance et d'augmenter le rendement de production d'où la productivité.

Dans cette thèse notre recherche porte sur la réalisation d'un système mécanique permettant de créer une excentricité statique réglable sur les deux côtés d'un moteur asynchrone triphasé (côté accouplement et côté opposé accouplement).

2.1 Choix du moteur

L'étude porte sur un moteur asynchrone triphasé à cage d'écurie de puissance 3 kw et de vitesse nominale 1410 tr/mn pris d'une chaîne de fabrication en série, d'une unité de montage National, Moteur de Marque ENEL, Usine de AZAZGA (figure 2.4).

Le choix aléatoire du moteur asynchrone nous permet d'établir des résultats expérimentaux qui s'approchent du réel existant dans l'industrie.

Ceci implique, que notre moteur est un moteur standard où aucune modification n'a été prévue lors de son achat.

Le choix 1410 tr/mn correspond à la vitesse la plus utilisée dans l'industrie.

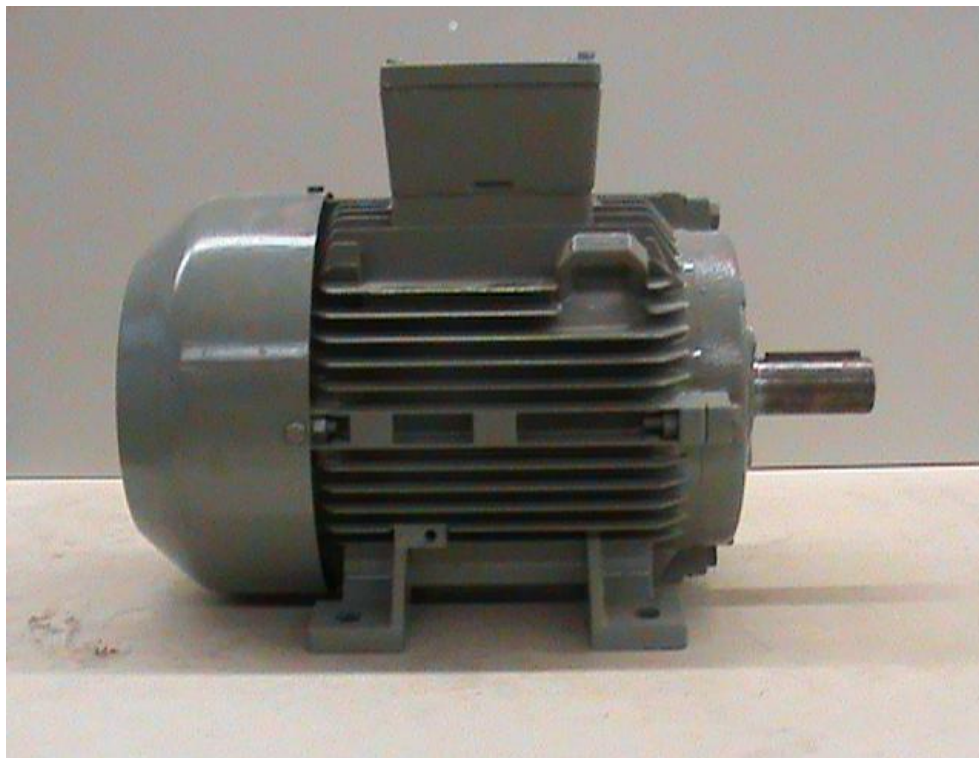


Figure 2.4 Vue de profil du moteur asynchrone 3kw

2.1.1 Plaque signalétique du moteur.

Marque : ELECRO-INDUSTRIES. ALGERIE.

N° de Série : 10-119-01.

Puissance : 3 KW.

Vitesse : 1410 tr/mn.

Tension : 380 volts. Branchement en triangle.

Courant nominal : 7 Ampères.

COS $\phi=0,83$.

Indice de protection : IP 54

Classe d'isolement : F

Régime de fonctionnement : S1

Fréquence : 50 Hz

Norme : CEI 34.1

2.1.2 Caractéristiques du bobinage statorique.

Nombre d'encoche : 36

Nombre de spire par encoche : 54, d'où nombre de spire par phase : 648

Diamètre du fil conducteur : 1x1,80 mm

Type de bobinage : Imbriqué Simple

Nombre de fil de sortie plaque à borne : 6

Pas du bobinage : 1 à 8-10-12 (pas moyen : $y_p=9$)

Nombre de groupe de bobine : 6x3

2.1.3 Caractéristiques du rotor.

Le rotor est constitué d'une cage d'écureuil en aluminium coulé :

Nombre de barre du rotor : $n_b=28$

2.2 Description du stator et du rotor.

Les circuits magnétiques sont des empilements de tôles fines d'acier découpées, faisant apparaître les différentes encoches statoriques et rotoriques. On utilise des tôles minces dont l'épaisseur est de 0,4 mm pour minimiser les pertes dans le circuit magnétique. De plus, afin de limiter l'effet des courants de Foucault, on isole habituellement les tôles d'une mince couche de vernis ou de silicate de soude. Le bobinage statorique peut se décomposer en deux parties : les conducteurs d'encoches et les têtes de bobines. Les conducteurs d'encoches permettent de créer dans l'entrefer le champ magnétique à l'origine de la conversion électromagnétique. 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 à la surface de l'entrefer une distribution de courant ayant la forme la plus sinusoïdale possible, afin de limiter les ondulations du couple électromagnétique. L'organisation des spires est faite en fonction de la vitesse, du couple et des tensions d'alimentation (Figure 2.5).



Figure 2.5 Enroulements statoriques du moteur du banc d'essai

Le rotor est constitué comme le stator de tôles empilées et habituellement du même matériau. Dans le rotor à cage, les anneaux de court-circuit permettent la circulation des courants d'un conducteur d'encoche (barres rotorique) à l'autre.



Figure 2.6 Rotor du moteur du banc d'essai

2.3 Caractéristique de la charge.

C'est une génératrice à courant continue relié à des résistances électriques.

Puissance : 2,4 kw

Vitesse : 1410 tr/mn

Tension de l'induit : 220 V

Courant de l'induit : 10,9 A

Courant d'excitation : 0,65 A

2.4 Etapes entrepris pour la réalisation du mécanisme d'excentricité statique.

Afin de réaliser le mécanisme d'excentricité statique il est nécessaire d'effectuer des mesures sur le moteur électrique. Ces mesures sont d'une importance primordiale. C'est la raison pour laquelle les appareils de mesure doivent être d'une précision élevée.

Les différentes étapes pour la réalisation du système mécanique avec excentricité statique réglable sont :

-la première étape consiste à effectuer une mesure précise de l'entrefer. A cet effet il ya lieu de faire des mesures précises sur l'alésage du stator et le diamètre du rotor.

-La deuxième étape nécessite d'effectuer un relevé dimensionnel des flasques d'origines et du rotor avec ses roulements

-L'étape trois est la réalisation du système mécanique d'excentricité statique. L'emboîtement des flasques du système mécanique d'excentricité statique, sur le stator, est identique aux flasques d'origine du moteur.

2.4.1 Mesures effectuées sur le moteur.

La première étape à suivre consiste à effectuer des mesures mécaniques sur le dimensionnement des flasques et en particulier les relevés de l'entrefer d'où mesure de l'alésage du paquet de tôles et le diamètre du rotor. Les appareils de mesure utilisée sont cités ci-après :

- Pied à coulisse.
- Palmer d'intérieur standard.
- Palmer d'intérieur à trois points (marque TRUMEL).
- Jauge d'épaisseur.
- Jauge de profondeur.
- Comparateur

2.4.2 Mesures de l'alésage du stator.

Les mesures effectuées par le palmer à trois points nous ont donnés les valeurs consignées dans le tableau 2.1.

Alésage du stator en mm	88,50	88,45	88,37	88,40	88,36
-------------------------	-------	-------	-------	-------	-------

Tableau 2.1 : Valeurs de l'alésage du stator par palmer à trois points

Les mesures effectuées par un palmer d'intérieur à deux point ont données les valeurs consignées dans le tableau 2.2 suivant :

Alésage du stator en mm	88,36	88,50	88,53	88,50	88,36
-------------------------	-------	-------	-------	-------	-------

Tableau 2.2 : Valeurs de l'alésage du stator par palmer à deux points

Afin d'éviter le risque du contact stator avec rotor nous devant prendre la plus petite valeur mesuré et non pas la valeur moyenne. Par conséquent la valeur de l'alésage du stator est : **$D_S = (88,36 \pm 0,02) \text{ mm}$** .

Par ailleurs nous avons effectués une autre mesure supplémentaire pour vérifier l'ovalité du stator à l'aide d'un comparateur. Ce qui nous a donné une conicité le long du stator d'environ 7/100 mm

A partir de ces différentes valeurs mesurées sur l'alésage du stator nous pouvant constater que la forme du paquet de tôles n'est pas parfaite ou uniforme et présente des défauts qui sont des ondulations réparties sur plusieurs endroits avec une certaine conicité presque tous le long du stator.

2.4.3 Mesures du diamètre du rotor.

La mesure du diamètre du rotor a été effectuée par un pied à coulisse. Dans les chaînes de fabrication des moteurs une passe au tour mécanique du diamètre paquet de tôles rotor est impérative pour uniformiser son état de surface. Ceci est nécessaire pour plusieurs raisons techniques qui sont par exemple l'uniformité de la distribution du champ, élimination des balourds malgré leurs faible poids et en particulier la raison majeure c'est d'éviter le contact rotor avec stator surtout pour les machines de faible puissances où les entrefers ont des valeurs faibles de l'ordre du dixième de millimètre. Plusieurs mesures ont été effectués pour aboutir à la valeur suivantes : Diamètre ROTOR :

$$D_R = (88,00 \pm 0,02) \text{ mm}$$

Par conséquent la valeur de l'entrefer est :

$$\delta = (D_S - D_R) / 2 \text{ d'où : } \delta = (0,18 \pm 0,01) \text{ mm}$$

2.4.4 Mesure des flasques et des roulements.

La conception du mécanisme d'excentricité nécessite la connaissance des dimensions des flasques d'origine ainsi que les roulements. Les flasques d'origine sont illustrés par la figure 2.7.



Figure 2.7 Flasque d'origine du moteur coté accouplement et opposé accouplement

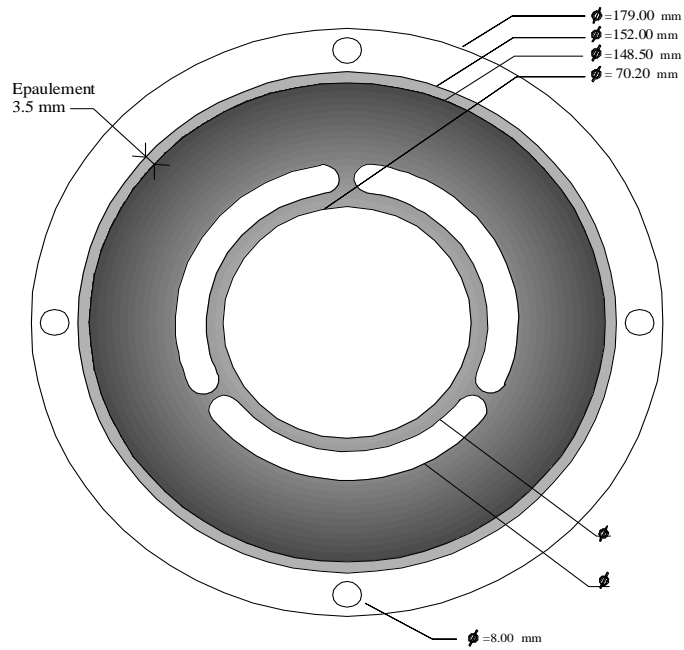
Les roulements de notre machine d'essai ne sont pas de même dimension. Le roulement coté accouplement est de référence 6206 C3 (Φ int=30mm, Φ ext=62mm) par contre le roulement coté opposé accouplement est de référence 6205 ZZ (Φ int=25mm, Φ ext=52mm).

2.5 Mécanisme d'excentricité statique.

L'objectif de cette conception consiste à réaliser un système mécanique, nous permettant de décaler le centre du rotor vers le bas par rapport au centre du stator. Le décalage du rotor se fait des deux cotés du moteur, Coté Accouplement (CA) et Coté Opposé Accouplement (COA). Décalage excentrique uniforme tous le long du rotor. Le choix du réglage pour décentrer le rotor par rapport au stator se fait vers le bas à cause du poids du rotor sous l'effet de la gravitation (figure 2.17). Le décentrage est réalisé avec un réglage dont la valeur maximale est inférieur à l'entrefer ceci pour éviter le contact c'est-à-dire le frottement du rotor avec le stator. Cette technique d'excentricité statique est réalisée au niveau des deux flasques. Le même système mécanique est élaboré des deux coté du moteur, flasques CA et COA

Pièce 1

Flasque COA
Roulement 6205 C3
Vue intérieure



Pièce 1

Flasque COA
Roulement 6205 C3
Vue extérieure

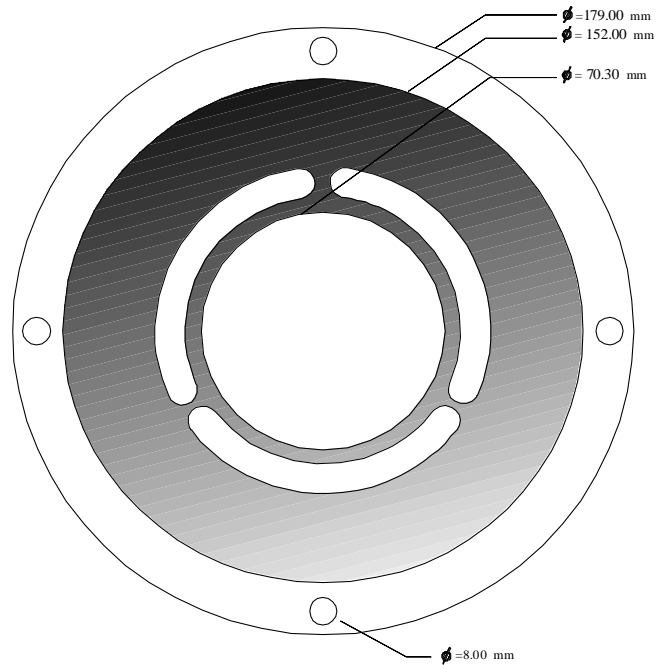


Figure 2.17 Tracé du flasque coté accouplement

Le nouveau système mécanique d'excentricité statique, remplaçant les flasques d'origine du moteur, est composé de deux pièces mécaniques nommées P1 (figure 2.17) et P2 (figure 2.18).



Figure 2.17 Vue de face coté intérieur et extérieur de la pièce P1



Figure 2.18 Vue de face coté intérieur et extérieur de la pièce P2

Le métal utilisé dans la réalisation des nouveaux flasques du système mécanique est de référence XC 28 .

La valeur d'excentricité statique réalisée sur notre système mécanique (dispositif) est de 0,18 mm.

Le rotor n'a subi aucune modification. Nous avons gardés les mêmes roulements d'origine du moteur (coté COA : 6205 C3 ZZ et coté CA : 6206 ZZ).

2.5.1 Description de la pièce P1 .

La première pièce mécanique P1 s'emboîte directement sur le moteur, au même emplacement que le flasque d'origine. Donc les trous périphérique de fixation de la pièce P1 sur le stator et ceux du flasque d'origine sont identiques (figure 2.19)

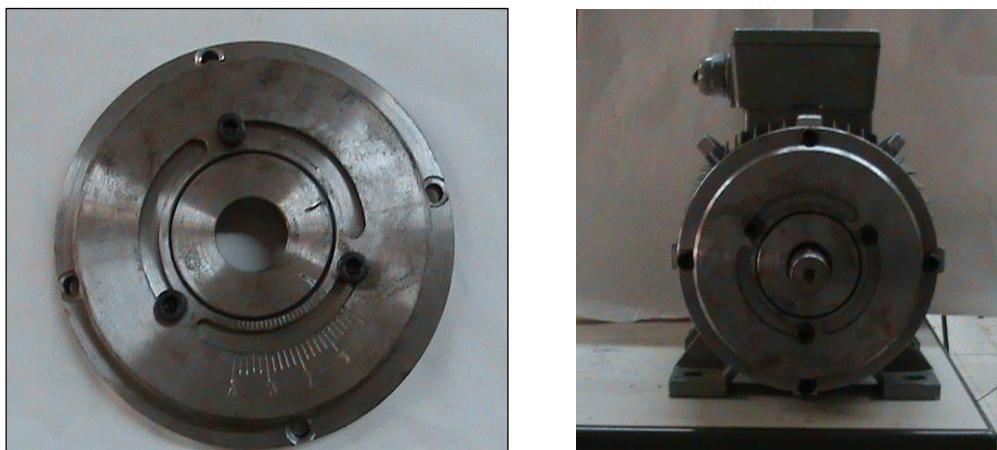


Figure 2.19 Montage de la pièce P1 dans l'emplacement du flasque d'origine

Cette pièce P1 est formée d'un épaulement circulaire radial auquel existent les trous de fixations de diamètre 8 mm.

Le montage de cette pièce se fait à partir de quatre (04) boulons (vis de diamètre 8mm, clé six Pen 6) dont les écrous sont d'origine installés sur le stator.

Un épaulement de 3,9 mm vers l'intérieur de la pièce P1 (figure 2.19) est obtenue dans le but de créer un emboîtement pour son montage sur le stator.

Le centre de P1 est perforé d'un trou de diamètre 70,2 mm ;Ce trou est conçu pour le montage c'est-à-dire l'introduction de la pièce P2 dans le coté intérieur de P1.

Dans la chambre de P1, entre l'emboîtement et le trou du centre ont été réalisés trois fentes circulaires de largeur 8 mm (passage des trois boulons de réglage, vis de diamètre 8 clé six pan, de la pièce P2), mais d'une forme un peu particulière.

Trois fentes et non pas deux pour le pas de course qui ne doit pas être trop long, ainsi qu'une bonne fixation de la pièce P2 par trois vis sur P1.

L'élaboration des trois fentes en arc de cercle a nécessité comme outil d'usinage une fraiseuse.

Nous avons d'abord effectués les tracés des trois fentes (figure 2.17) puis procéder au perçage et à l'usinage de la pièce P1.

La difficulté dans la réalisation des pièces du système d'excentricité statique consistait en l'élaboration, l'étude et le traçage des fentes des pièces P1 et P2. Vu la faible valeur de l'entrefer,

Il était nécessaire de réfléchir sur la manière de réaliser ces fentes avec une précision de l'ordre du 1/100 mm. Le réglage de la vitesse d'entraînement sur l'outil de la fraiseuse avec refroidissement était un choix judicieux pour ne pas créer d'écrasement métallique.

2.5.2 Description de la pièce P2 .

La pièce P2 vue de l'intérieur présente une chambre appelé porté alésage roulement ; Ce diamètre intérieur est égale au diamètre extérieur du roulement, ajuster à la côte zéro "0" ; aucun jeu ne doit exister entre le diamètre intérieur de la chambre et le roulement.

Un trou de diamètre légèrement supérieur à la côte de l'arbre (figure 2.18), est réalisé au centre de la pièce pour permettre l'introduction du bout d'arbre sans qu'il y ait frottement.

Sur la partie circulaire périphérique de P2, trois trous filetés (diamètre 8 mm) équidistant à 120° sont réalisés afin de fixer et serrer les trois boulons de réglage de l'excentricité statique sur la pièce P1.

Un est tracé à l'extérieur sur les pièces P2 et P4, nécessaire pour fixer les valeurs d'excentricités statique à mesurer (figure 2.20).



Figure 2.20 tracés des degrés de sévérités d'excentricité sur la pièce P2

2.5.3 Montage des pièces P1 et P2 .

En premier lieu, nous effectuons le montage de la pièce P2 sur P1 et nous fixons la valeur de la graduation à l'excentricité zéro "0". un serrage des trois vis est immédiatement appliqué pour immobiliser la pièce P2 avec P1 (figure 2.21).



Figure 2.21 Montage de la pièce P1 sur la Pièce P2

Les trois vis sont montées de l'extérieur de P1 à travers les trois fentes pour coller par serrage P2 de l'intérieur de P1 (figure 2.22).



Figure 2.22 Serrage de la pièce P1 sur P2 par des vis en fente

Remarque : Il est nécessaire de mentionner que les mêmes pièces sont réalisées des deux cotés du moteur CA et COA. La seule différence réside dans les dimensions des roulements. Où l'alésage des roulements n'est pas le même.

Les deux pièces montées l'une sur l'autre constitue le nouveau flasque du dispositif d'excentricité statique.

Une fois les deux pièces P1 et P2 sont montées CA et de même pour P3 et P4 COA , nous introduisons le rotor dans le stator, puis le montage des deux nouveaux flasques de ce nouveau système mécanique sur le moteur en les fixant de la même manière que les flasques d'origines. Ainsi nous obtenons le moteur identique à celui d'origine (avec zéro degré) avec un système mécanique d'excentricité statique réglable (figure 2.23).



Figure 2.23 Montage du mécanisme d'excentricité sur le moteur du banc d'essai

2.5.4 Réglage de l'excentricité.

Le moteur monté ; IL faut en premier lieu légèrement dévisser les trois vises pour les desserrer, ensuite par rotation manuelle des boulons de la pièce P2 vers la gauche, dans le sens inverse des aiguilles d'une montre il se produit un décentrage de P2 par rapport à P1, flasque CA (relativement de même pour le flasque COA). Suivant bien sur le degré d'excentricité statique que nous voulons obtenir, régler à partir de la graduation visible extérieurement, trait gravé sur la pièce P2 à positionner en face des traits de la pièce P1.

2.5.5 Mesure de l'excentricité statique de chaque degré de défaut.

Cette mesure est importante pour éviter le frottement du rotor avec le stator afin de connaître le nombre de degré de sévérité maximale admissible.

Après le montage du moteur avec le nouveau système mécanique d'excentricité statique, nous avons procédé à la mesure de la valeur de chaque degré de sévérité.

Pour ce faire, nous avons fixé à l'aide de boulons le moteur sur le socle plat de la fraiseuse mécanique. Ensuite à l'aide d'un comparateur pointé sur le bout d'arbre nous avons relevés la valeur approximative de chaque graduation qui est de 3/100 de mm.

Cette mesure est très difficile car l'erreur de mesure est du 1/100 de mm. Echelle minimale limite des comparateurs.

2.5.6 Relevé du nombre de degré d'excentricité maximale admissible.

Comme l'entrefer est de faible valeur, nous avons effectué une vérification à blanc.

A sept degré de sévérités, nous avons constaté le frottement du rotor avec le stator donc sept "7" degrés est la valeur limite maximale à ne pas atteindre. Valeur testé à vide avec moteur alimenté électriquement. A cet effet nous avons effectués uniquement six "6" mesures, six degrés, pour être loin du risque du contact rotor avec stator.

La valeur d'un degré est de 3/100 mm donc six "6" degrés de sévérités font 18/100 mm c'est-à-dire 0,18 mm or cette valeur représente la valeur de l'entrefer mesuré.

C'est la raison pour laquelle la vérification de la libre rotation du rotor après réalisation du dispositif est impérative. Donc le choix de six degrés de sévérités est judicieux et a été testé pratiquement afin d'éviter le contact rotor avec stator.

2.6 Conclusion.

Dans ce chapitre nous avons décrit le dispositif d'excentricité statique, sa conception et son montage.

Les difficultés rencontrées dans la réalisation du dispositif concernent en particulier l'entrefer. Etant donné la faible valeur de la puissance du moteur, par conséquent la valeur de l'entrefer est faible aussi, de l'ordre du dixième du millimètre. La précision dans la réalisation devient grande. Aucun jeu n'est toléré afin de ne pas créer d'autres défauts qui peuvent fausser les résultats des essais. Aussi, la difficulté de la réalisation des pièces portés roulements. Vu l'encombrement, Leurs réalisations nécessitées de prendre en considération les dimensions des chignons des bobines. Espaces étudiés avant conception des pièces.

Chapitre 3 Résultats expérimentaux du défaut d'excentricité

Dans ce chapitre, nous présentons les différents essais expérimentaux d'excentricité statique effectués sur le dispositif réalisé au niveau du Laboratoire de Développement des Entrainements Electriques (L.D.E.E).

Les relevés des courants statoriques nous permettent de voir à partir de leurs spectres de fréquences les harmoniques des défauts d'excentricité statique et par conséquent l'évolution de la sévérité de ce défaut.

Chaque défaut d'excentricité statique est caractérisé par deux harmoniques dans le spectre de fréquence du courant statorique. Ces harmoniques se manifestent de part et d'autres de la fondamentale. Notre travail consiste à surveiller l'amplitude de ces harmoniques et de vérifier la possibilité de détecter un défaut naissant. Ces harmoniques sont la signature propre du défaut d'excentricité statique de notre moteur.

Dans notre cas le nombre d'essai effectuer est six (06) et correspond au nombre de degré de sévérité maximale. Au delà de ce nombre il ya frottement du rotor avec le stator. Ces degrés sont indiqués par des graduations sur les flasques du moteur (figure 3.1).



Figure 3.1 Vue du moteur COA sur socle réglable.

L'instrumentation de mesures comporte un capteur de courant à effet hall et une carte d'acquisition. L'ensemble est relié à un PC pour la visualisation et le traitement du signal capté comme illustré par la figure 3.2

3.1 Banc de mesures.

3.1.1 Description du banc de mesures.

Le schéma synoptique du banc de mesures réalisé est le suivant :

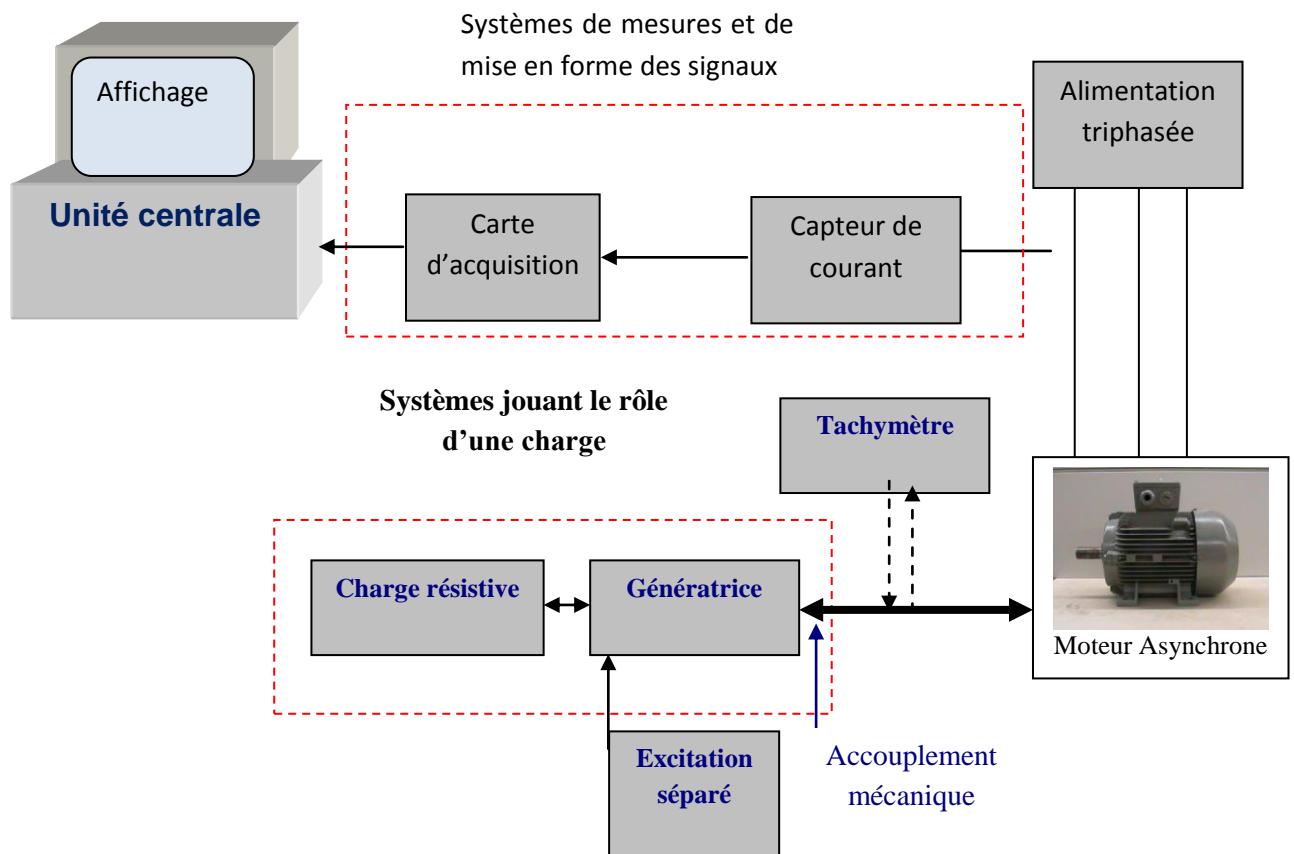


Figure 3.2 Schéma synoptique du banc de mesures

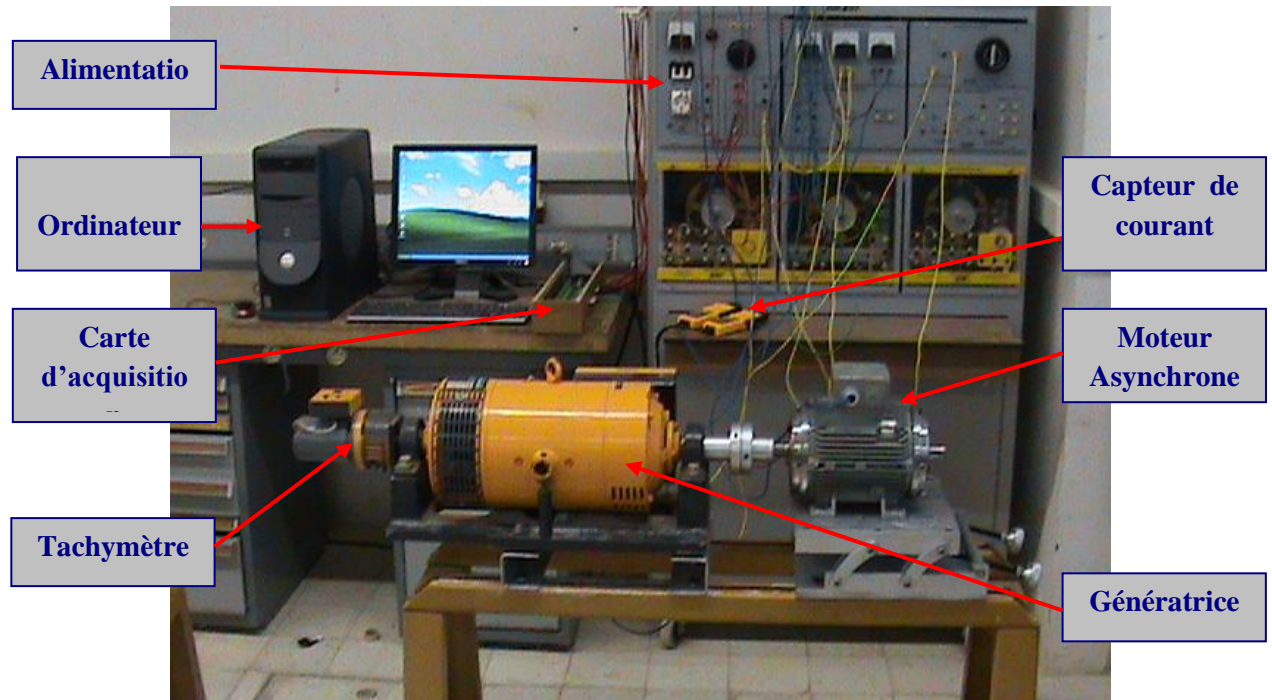


Figure 3.3 Photo du banc d'essai

Ce banc d'essai est composé des parties suivantes :

- Une source triphasée :

L'alimentation est en régime sinusoïdale permanent. La fréquence d'alimentation est de 50 Hz.

- Une génératrice (LEROY-SOMER)

Le moteur asynchrone est accouplé mécaniquement à une machine à courant continu fonctionnant en génératrice. Celle-ci alimente une batterie de résistances, jouant ainsi le rôle d'une charge résistive variable afin de varier le couple résistant et donc le courant d'alimentation du moteur d'essai.

- Un capteur de courant
- Une carte d'acquisition
- Un micro-ordinateur

Le micro-ordinateur a pour rôle d'analyser, de traiter et d'afficher les résultats.

3.1.2. Déroulement d'un essai.

Alimentation du moteur asynchrone par une tension triphasé variable via un autotransformateur puis application d'une charge sur la génératrice de tel sorte que le courant de ligne du moteur soit égale au courant nominale (7.0 A).

- Application d'un défaut d'excentricité par rotation d'une graduation puis deux, trois ainsi de suite jusqu'à six. Le courant de ligne du moteur est réglé à la valeur du courant nominale à l'aide des résistances branchées avec la génératrice.
- Mesure du courant d'une phase à travers le capteur de courant et enregistrement des valeurs mesurées via une carte d'acquisition de données connectée à un micro-ordinateur .Ces mesures se font pour le moteur sain et pour chaque degré de sévérité du défaut.
- Analyse des données mesurées par un programme de transformé de Fourier sous MATLAB pour étudier le contenu spectrale du signal mesuré.

Les acquisitions ont été réalisées en régime permanent avec une fréquence d'échantillonnage de 3KHz et avec une base de temps (durée d'acquisition) de 5 (s). Dans ces conditions, la résolution spectrale Δf est de 0.2 Hz

$$\Delta f = \frac{1}{T}$$

En général, la densité spectrale de fréquence du courant statorique contient en plus du fondamental, les harmoniques suivantes :

- Harmonique de temps dû à la pollution de la source d'alimentation (variation par fluctuation de l'alimentation du réseau ou perturbation dû à l'alimentation par des onduleurs).
- Harmonique d'espace dû à la répartition non sinusoïdale des enroulements.
- Harmoniques dû à la présence de défauts.
- Harmonique dû à la saturation du circuit magnétique.
- Harmonique dû à la variation de la charge.

Etant donné que ces essais sont effectués à charge nominale pendant l'acquisition de données et aussi le moteur fonctionne dans des conditions

où la saturation n'est pas atteinte, les deux dernières types d'harmoniques n'apparaîtront pas dans le spectre du courant statorique.

Pour chaque mode de fonctionnement, plusieurs enregistrements ont été réalisés.

Un degré de sévérités correspond à un décentrage de 3/100 de mm.

Les essais ont été effectués à charge nominale.

Les tests ont portés sur les cas de fonctionnements suivants :

- Fonctionnement du moteur à charge nominale et sans excentricité statique.
- Fonctionnement du moteur à charge nominale avec un (01) degré d'excentricité statique.
- Fonctionnement du moteur à charge nominale avec deux (02) degrés d'excentricité statique.
- Fonctionnement du moteur à charge nominale avec quatre (04) degrés d'excentricité statique.
- Fonctionnement du moteur à charge nominale avec cinq (06) degrés d'excentricité statique.

3.2 Résultats expérimentaux des essais des défauts d'excentricité statique.

Nous décrirons ci-dessous les relevés des courants, formes temporelles et spectre de fréquences, des essais effectués pour le moteur sain et pour les différent degrés de sévérités d'excentricité statique.

3.2.1 Fonctionnement du moteur sain à charge nominale.

Les figures 3.4 a , b et c illustrent respectivement la forme temporelle du courant statorique, le spectre du courant autour du fondamental et le spectre du courant autour des harmoniques d'encoche rotorique.

Dans le cas d'un fonctionnement sain, en régime nominal. Les ondulations en amplitude ne peuvent être que la manifestation de la coexistence de plusieurs harmoniques.

Le spectre du courant statorique est très riche en harmoniques. En plus du fondamental, nous constatons des harmoniques à 25 Hz et 75 Hz. Ces harmoniques représentent le défaut d'excentricité. Un moteur même neuf, présente toujours une excentricité inhérente. C'est la raison pour laquelle le spectre du courant statorique contient les harmoniques caractéristiques du défaut d'excentricité.

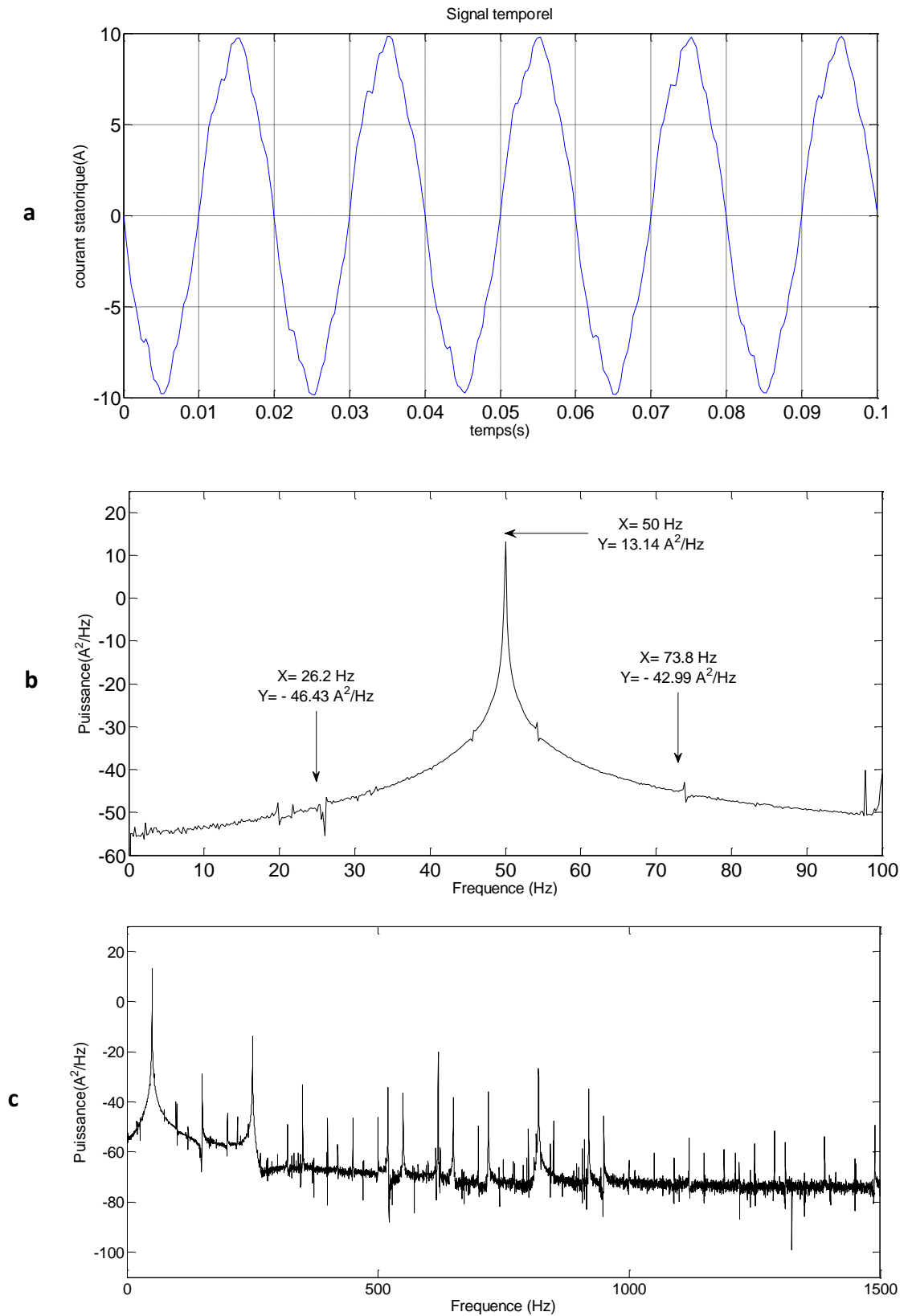


Figure 3.4 Fonctionnement du moteur sain. (a) : forme temporelle de courant statorique (b) : spectre du courant autour du fondamental (c) spectre du courant autour des harmoniques d'encoches rotorique

3.2.2 Fonctionnement du moteur avec un '1' degré de sévérité du défaut d'excentricité statique.

Les figures 3.5 a, b et c illustrent respectivement la forme temporelle du courant statorique, le spectre du courant autour du fondamental et le spectre du courant autour des harmoniques d'encoches rotorique.

Les ondulations plus prononcées sur la forme temporelle, correspond à une augmentation d'amplitudes des harmoniques existants et à la création de nouveaux harmoniques. Nous constatons sur le spectre des fréquences (figure 3.5 b) du courant statorique une augmentation en amplitude des harmoniques 25 Hz et 75Hz par rapport à celle du moteur sain.

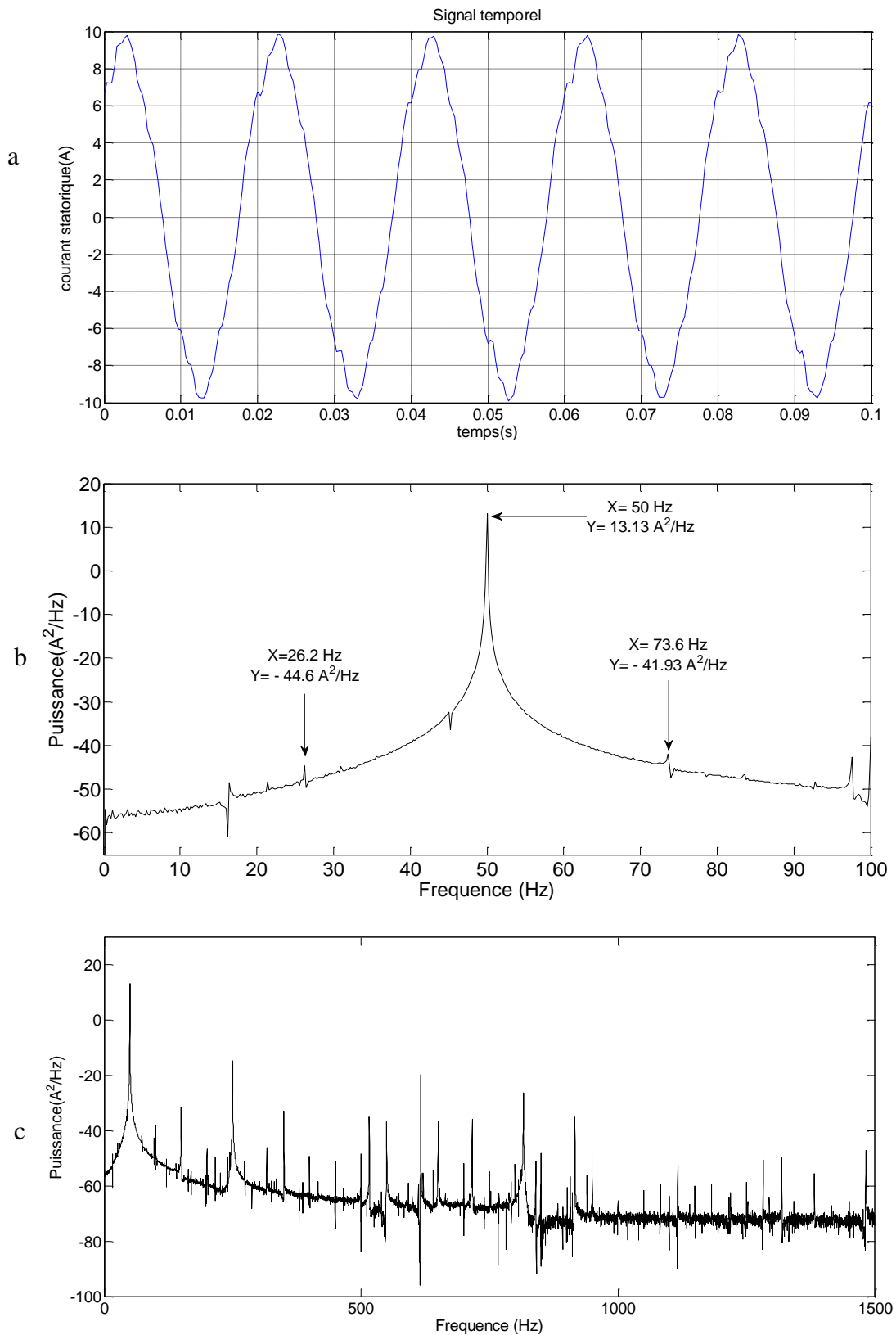


Figure 3.5 Cas de fonctionnement du moteur avec défaut d'excentricité à un '1' degré de sévérité. (a): forme temporelle du courant statorique (b): spectre du courant autour du fondamental (c) spectre du courant autour des harmoniques d'encoches rotorique

3.2.3 Fonctionnement du moteur avec deux '2' degrés de sévérité du défaut d'excentricité statique.

Les figure 3.6 a illustrent la forme temporelle du courant et spectrale avec application de deux degré de sévérité d'excentricité statique.

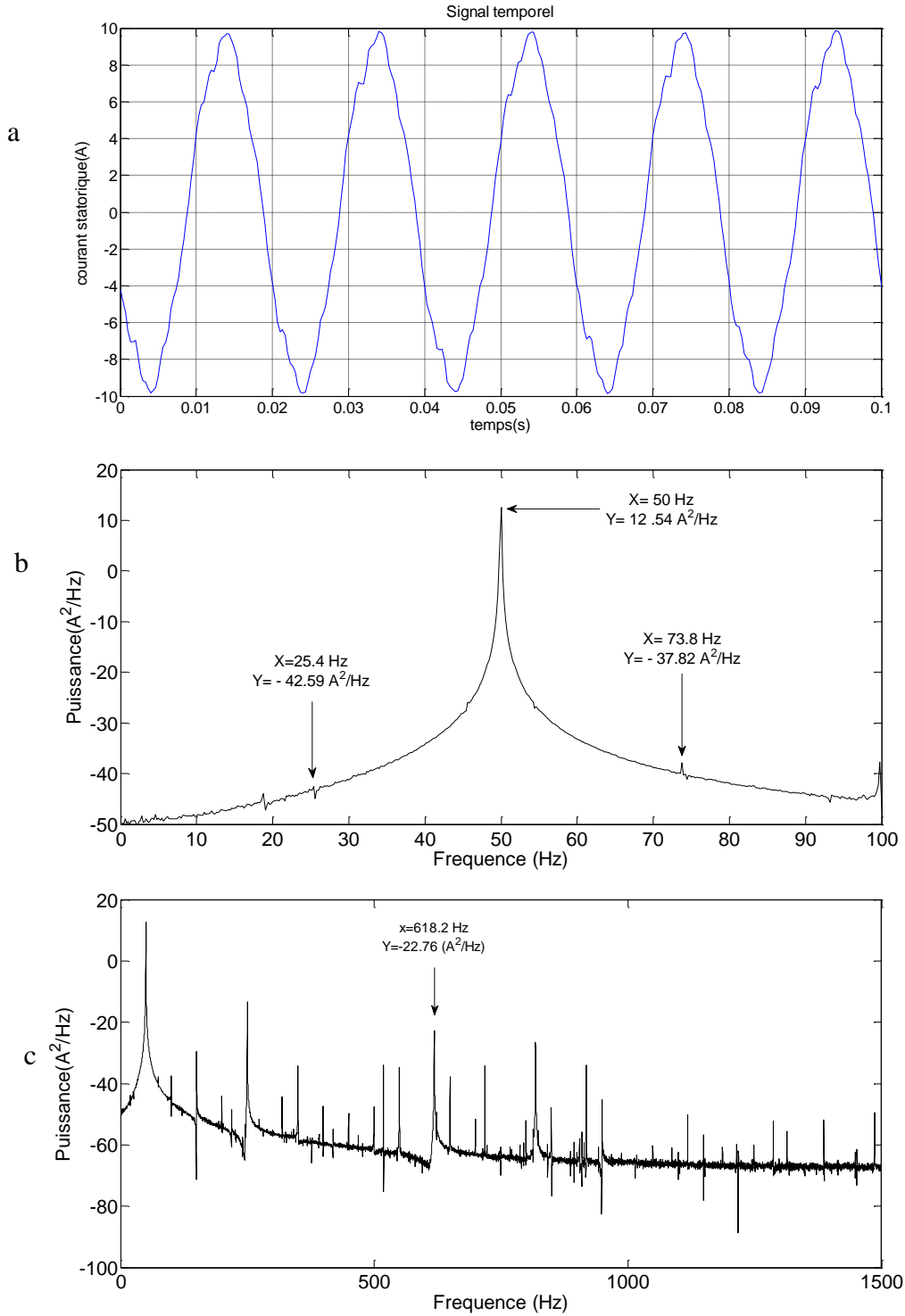


Figure 3.6 Cas de fonctionnement du moteur avec défaut d'excentricité à 2 degrés de sévérité. (a) : forme temporelle du courant statorique. (b) : spectre du courant autour du fondamental. (c) spectre du courant autour des harmoniques d'encoches rotorique

Nous remarquons également l'augmentation de l'amplitude des harmonique de 25Hz et 75Hz qui sont passé respectivement de (-44,60 dB ; -41,93 dB), valeurs correspondant à (01) degré de sévérité à (-42,59 dB ; -37,82 dB) valeurs correspondant à (02) degrés de sévérité soit des augmentations de (2,01 dB et 4,77 dB) comme illustré par la figure 3.6 b.

2.4 Fonctionnement du moteur avec quatre '4' degrés de sévérité du défaut d'excentricité statique.

Les figures 3.7 a , b et c illustrent respectivement la forme temporelle du courant statorique, le spectre du courant autour du fondamental et le spectre du courant autour des harmoniques d'encoches rotorique.

Nous remarquons également l'augmentation de l'amplitude de l'harmonique de 25Hz qui est passé de -37,63 dB -35,81 dB soit une augmentation de 1,79 dB et une diminution de l'harmonique 75Hz de -34,44 dB à -37,06 dB soit d'une valeur de -2,62dB comme c'est illustré par la figure 3.7.

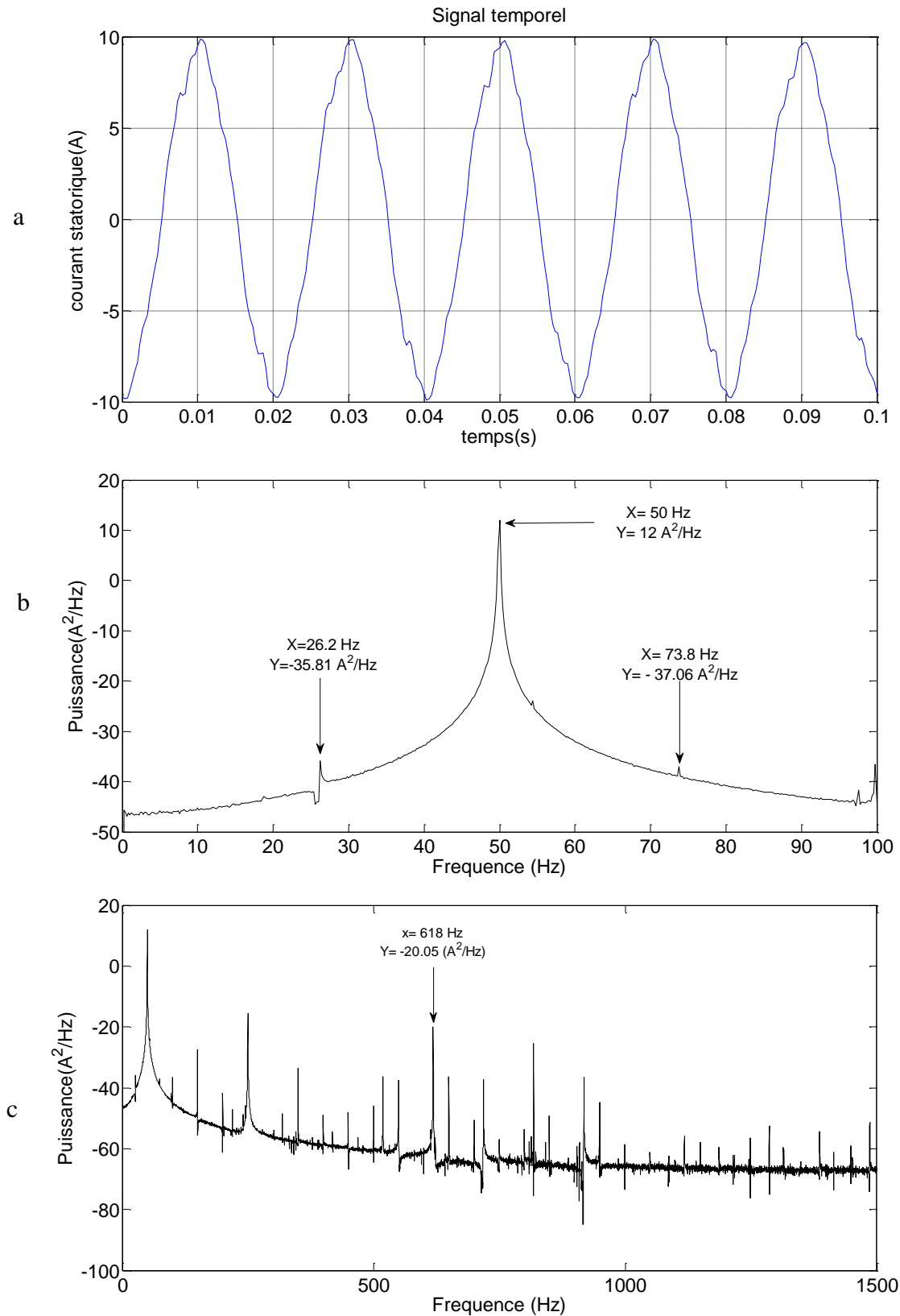


Figure 3.7 Cas de fonctionnement du moteur avec défaut d'excentricité à 4 degrés de sévérité. (a) : forme temporelle du courant statorique. (b) : spectre du courant autour du fondamental (c) spectre du courant autour des harmoniques d'encoches rotorique

3.2.5 Fonctionnement du moteur avec six '6' degrés de sévérité du défaut d'excentricité statique.

Les figures 3.8 a , b et c illustrent respectivement la forme temporelle du courant statorique, le spectre du courant autour du fondamental et le spectre du courant autour des harmoniques d'encoche rotorique.

Nous remarquons également l'augmentation de l'amplitude de l'harmonique de 25Hz qui est passé de -34,25 dB à -31,01 dB soit une augmentation de 3,24 dB et une légère diminution de l'harmonique 75Hz de -36,48 dB à -36,92 dB soit d'une valeur de -0,44dB comme c'est illustré par la figure 3.8.

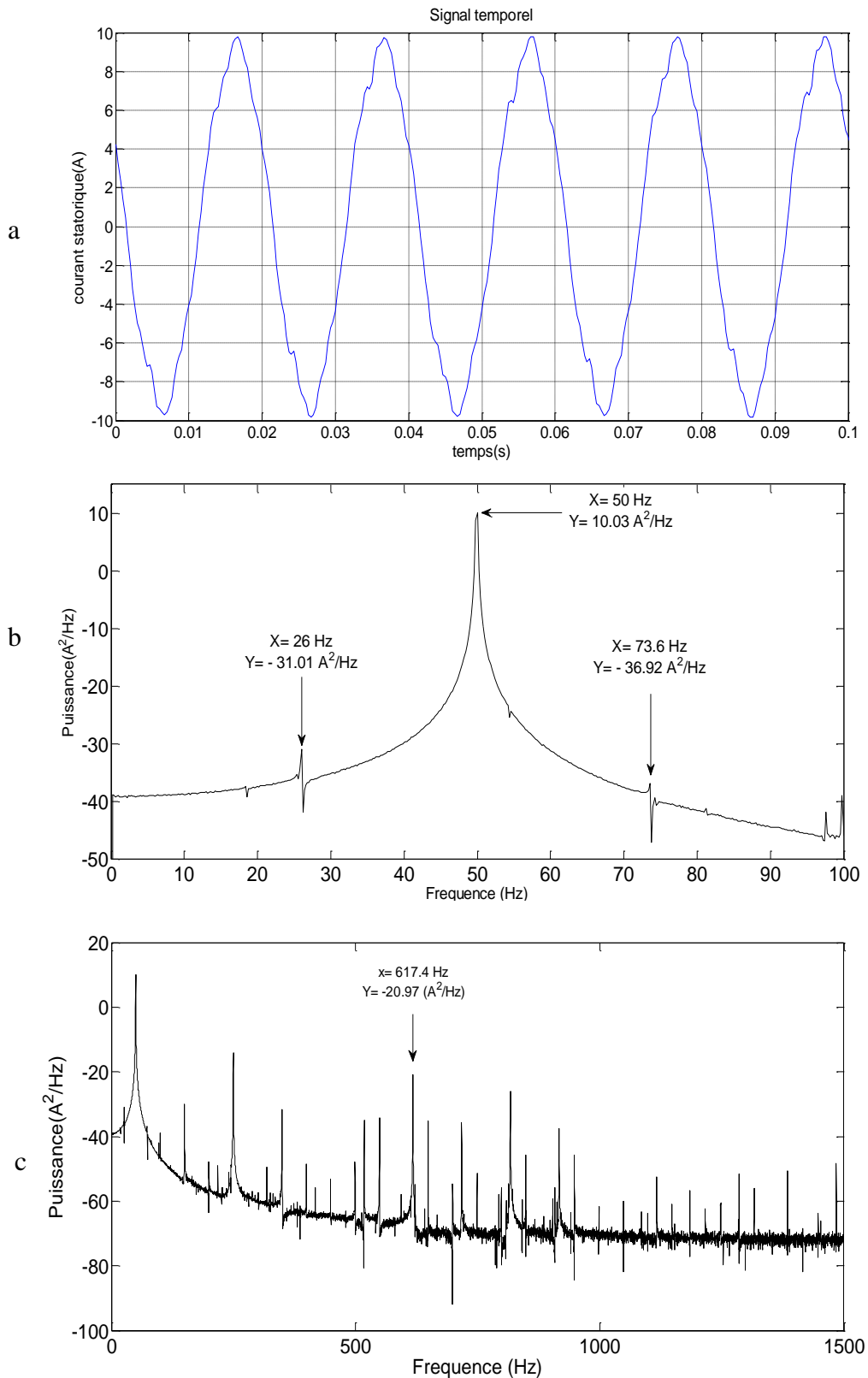


Figure 3.8 Cas de fonctionnement du moteur avec défaut d'excentricité à six '6' degrés de sévérité. (a): forme temporelle du courant statorique(b): spectre du courant autour du fondamental (c) spectre du courant autour des harmoniques d'encoche rotorique.

3.3 Courbes de sévérité.

D'après les résultats cités ci-dessus, nous constatons que lors de l'apparition du défaut d'excentricité statique les amplitudes des harmoniques 25Hz et 75Hz sont sensibles à ce défaut, qui se traduit par des augmentations de ces dernières (figure 3.9 et 3.10).

Les figures 3.9 et 3.10 illustrent respectivement les courbes de sévérités du défaut d'excentricité statique relevé à partir des spectres des fréquences de la phase « a » pour les différents degrés de sévérité du défaut d'excentricité statique.

L'inconvénient de la technique d'analyse spectrale du courant statorique résulte dans le fait que l'information donnée par les différentes phases n'est pas la même.



Figure 3.9 Courbe de sévérité du courant de la fréquence 25Hz

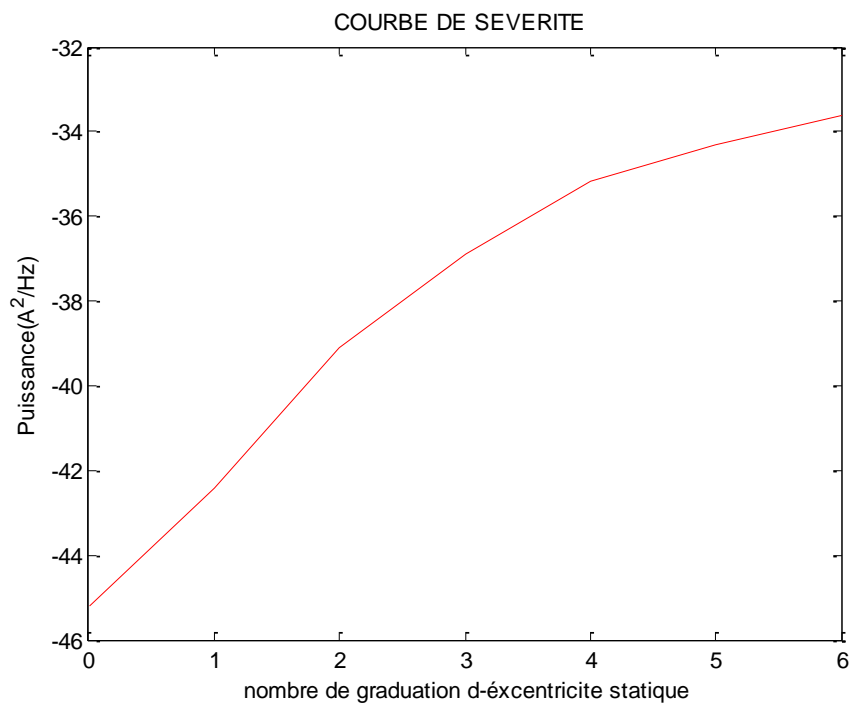


Figure 3.10 Courbe de sévérité du courant de la fréquence 75Hz

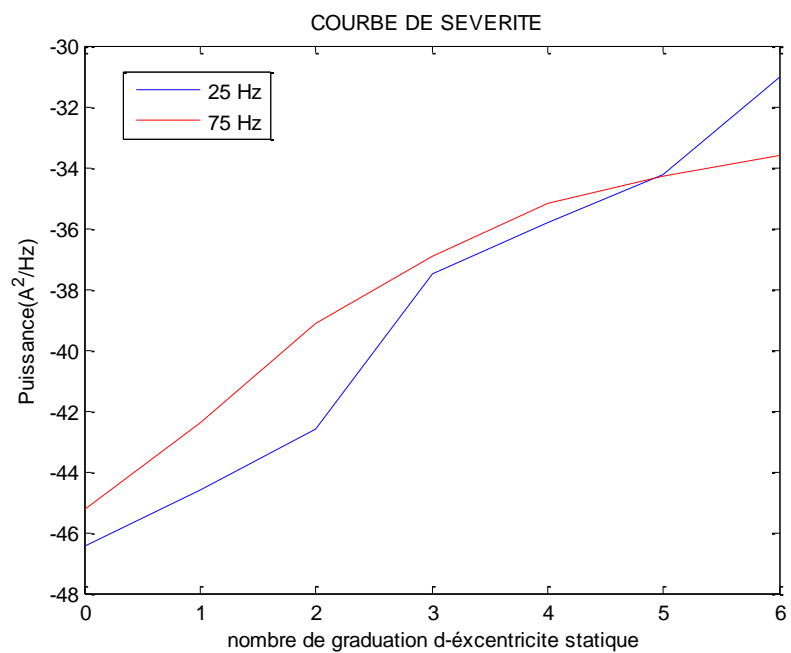


Figure 3.11 Courbe de sévérité du courant de la fréquence 25Hz et 75Hz.

3.4 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté la détection des défauts d'excentricité statique utilisant la technique de l'analyse spectrale du courant statorique. Les essais expérimentaux effectués sur le moteur par les différents degrés de sévérités ont montrés la sensibilité de l'augmentation des amplitudes des harmoniques 25Hz et 75Hz à ce type de défaut (figure 3.10 et 3.11).

Ces courbes de sévérités nous permettent de voir l'évolution du défaut d'excentricité statique et de prédire à l'avance le problème de frottement du rotor avec le stator. Ceci nous permettra de programmer l'arrêt du moteur au moment opportun afin de procéder à sa réparation et d'éviter des arrêts imprévus avec des dommages importants d'où des pertes dont les coûts peuvent devenir considérables.

Conclusion générale

La détection des défauts des machines électriques à leurs premier stade est devenu actuellement une nécessité majeure afin d'éviter la défaillance totale. Grâce au diagnostic électrique continu à l'aide de capteurs de courant (transformateur de courant) le contrôle permanent est devenu une maintenance prédictive. Cette dernière donne l'avantage de garder la machine électrique en fonctionnement. Ces capteurs donnent une image sur le courant de phase (voir à distance): technique qui permet d'améliorer la fiabilité du moteur et d'augmenter sa durée de vie. Les signaux de courants capturés présentent l'avantage d'être facilement mesurables et à moindre coût.

Le but de notre travail est de réaliser un dispositif permettant de créer un défaut d'excentricité statique réglable, exécuter sur les flasques d'un moteur asynchrone triphasé de puissance 3 KW. A cet effet et en premier lieu, nous avons mesuré la valeur de l'entrefer du moteur pour fixé le degré maximal de l'excentricité statique. Cette valeur d'excentricité statique maximale est nécessaire pour éviter le frottement du rotor avec le stator. Valeur limite à ne pas dépassée. L'excentricité statique est exécutée sur les deux flasques du moteur (coté CA et COA) et dans le même sens. C'est un décentrage uniforme donc notre excentricité est uniforme.

Nous avons réalisé un dispositif qui effectue un décentrage vers le bas avec six degrés de sévérités d'excentricité statique. Ce dispositif réalisé sur les deux flasques du moteur est composé de deux pièces mécaniques par flasque. Une pièce mécanique fixe et qui s'emboîte sur le stator de la même façon que les flasques d'origine du moteur. Elle présente trois lumières en forme d'arcs qui ont été réalisés de tel sorte que le décentrage s'effectue vers le bas. La difficulté majeure de réalisation de cette pièce réside dans le tracés minutieusement régler pour produire des lumières en forme d'arcs spécifiques. Ces derniers ont un repère de

décentrage par rapport au centre du flasque (du stator). L'autre difficulté est l'inconvénient de la valeur de l'entrefer qui est faible vu la puissance faible du moteur donc le décentrage produisant le défaut d'excentricité statique nous limite dans le nombre des degrés à réaliser. Aussi, la difficulté dans le réglage, qui est manuelle, de l'excentricité et qui demande une précision de 1/100 de mm. Où les Valeurs de chaque degré de réglage et de précision sont proches.

La deuxième pièce mécanique, qui est une pièce de réglage mobile, porte le logement du roulement. L'alésage de ce dernier a été réalisé avec une cote "zéro" pour éliminer tous jeux pouvant produire un autre défaut. La réalisation de cette deuxième pièce présente un problème d'encombrement des chignons du bobinage; Difficulté dans la réalisation de cette pièce due à l'espace faible entre les roulements et le bobinage.

Nous avons réalisé un système mécanique qui nous a permis de créer une excentricité statique réglable. Grâce à ce défaut mesuré, nous avons relevé, à partir du contenu spectrale du courant statorique, les harmoniques correspondant à l'excentricité statique et par conséquent déterminer à partir de la courbe de sévérité l'évolution du défaut afin de prévoir l'arrêt du moteur avant sa défaillance total.

Pour chaque degré d'excentricité statique nous avons relevé à partir des courants statoriques le contenu spectral du courant statorique. Sur les spectres des fréquences, les harmoniques correspondant aux défauts d'excentricité sont au voisinage des valeurs de 25 Hz et 75 Hz qui se manifestent de par et d'autre du fondamental. Les courbes de sévérités relatives à ces harmoniques montrent clairement que ces valeurs augmentent avec l'augmentation du degré de sévérité de l'excentricité statique.

Un autre point important est la limite max (06 degrés) des pics des harmoniques 25 Hz et 75 Hz correspondant aux défauts d'excentricité maximale. Ces valeurs maximales représentent la limite du défaut d'excentricité statique et qui indique la prévention d'arrêt du moteur avant frottement du rotor avec le stator. Grâce à ces courbes de sévérités,

nous pouvons prévoir l'arrêt de la machine donc programmé sa révision et éviter leurs détériorations.

L'avantage de cette méthode est le contrôle permanent des machines électriques, avec des programmes d'intelligence artificielle permet de réaliser des systèmes de surveillances pour prédire les défauts et par la suite l'arrêt des machines électriques avant leurs détériorations. Avantage important où la concurrence industrielle est rude dans les coûts de production.

Afin d'améliorer ce travail, il y a lieu de réaliser d'autres dispositifs tel que le défaut d'excentricité dynamique et le défaut d'excentricité mixte. Ce dernier est le plus fréquent car c'est le cas que nous rencontrons le plus souvent dans l'industrie. Un dispositif est nécessaire pour atteindre les mêmes résultats des défauts d'excentricités existant dans les machines électriques de production industrielle. Les dispositifs réalisés dans les laboratoires nous permettent de voir une évolution rapide des défauts d'excentricités par rapport aux défauts existant dans les machines électriques industrielles.

Bibliographies

- [1] Benouzza Boureddine 'approche des vecteurs de Park appliquée a la détection des défauts dans les moteurs asynchrone à cage d'écureuil'. USTO-MB Université USTO Mohamed Boudiaf, décembre 2006, Thèse Doctorat.
- [2] Mlle AICHA Abed 'Contribution à l'étude et au diagnostic de la machine asynchrone' Université Henri Poincaré, Nancy-I, mars 2002, Thèse Doctorat.
- [3] Abdelkader Mellakhi, Nouredine Benouzza, Azzedine Bendiabdellah 'Analyse spectrale du courant statorique pour détecter les cassures de barres dans les moteurs asynchrones triphasés à cage en tenant compte des harmoniques d'espace' Université H B de chelef, Nature et Technologie janvier 2010.
- [4] Ali Ibrahim 'Contribution au diagnostic de machines électromécaniques: Exploitation des signaux électriques et de la vitesses instantanée' Université de saint etienne france, mars 2009, Thèse Doctorat.
- [5] Roland Casimir 'Diagnostic des defaults des machines asynchrones par reconnaissance des formes' Ecole Centrale de Lyon, mars 1992, Thèse Doctorat.
- [6] Barak Vaseghi 'Contribution a l'etude des machines electriques en presence de defaults entre-spires' Institut National Polytechniques de Lorraine, décembre 2009, Thèse Doctorat.
- [7] Tarek Boumegoura 'Recherche de signature électromagnétique des defaults dans une machine asynchrone et synthèse d'observateurs en vue du diagnostic, Ecole Centrale de Lyon, mars 2001, Thèse Doctorat.
- [8] Olivier Ondel 'Diagnostic par reconnaissance des formes: Application à un ensemble convertisseur-machine asynchrone, Ecole Centrale de Lyon, octobre 2006, Thèse Doctorat.
- [9] Baptiste TRAJIN 'Analyse et traitement de grandeurs électriques pour la détection et le diagnostic de défauts mécaniques dans les entraînements asynchrones', décembre 2009, Thèse Doctorat.
- [10] SCHAEFFER Emmanuel 'Diagnostic des machines asynchrones : modèles et outils paramétriques dédiés à la simulation et à la détection de défauts', décembre 1999. Thèse Doctorat

[11] Smail BACHIR 'Contribution au diagnostic de la machine asynchrone par estimation paramétrique' Mars 1992. Thèse Doctorat.

[12] D. Toumi, "Détection des défauts rotoriques dans la machine asynchrone (cassure des barres et excentricité)", Université USTO Mohamed Boudiaf, Oran, Avril 2002, Mémoire de Magistère.

[13] Hubert Razik et Gaëtan Didier, "Notes de cours sur le diagnostic de la machine asynchrone", Notes de cours, I.U.F.M. de Lorraine, Maxeville, 7 janvier 2003.

[14] Hubert Razik, "Le contenu spectral du courant absorbé par la machine asynchrone en cas de défaillance, un état de l'art", Green-UHP. Faculté des Sciences. Revue 3EI n°29-Juin 2002 page 48-52

Résumé

Le travail de recherche de cette thèse concerne la réalisation d'un dispositif pratique qui crée des défauts d'excentricité statique, exécuté sur un moteur asynchrone triphasé de puissance 3KW. Conception et réalisation d'un dispositif composé de deux pièces mécaniques pour chaque flasque, de chaque coté du moteur (coté accouplement et coté opposé accouplement). Ce dispositif remplace les flasques d'origine sans modification de l'emboîtement de ces derniers et sans changement des roulements. Pour chaque degré de défaut d'excentricité statique, nous avons relevés à partir des courants statoriques des spectres de fréquences FFT, développés par un programme sur MATLAB qui nous permet de visualiser ces défauts à partir des harmoniques et d'analyser leurs évolutions. Des courbes de sévérités ont été tracer a cet effet afin d'évaluer l'état de graviter des défauts. Cette méthode de maintenance prédictive nécessite un contrôle permanent des machines électriques et offre l'avantage sur les autres maintenances, préventives et curatives, de préparer la programmation de l'arrêt pour révision ou réparation partielle des machines avant leur défaillance. Dans notre cas la défaillance est le frottement du rotor avec le stator qui engendre en plus d'autres défauts, électriques et mécaniques, tel que la détérioration de l'isolation du bobinage, le court circuit entre tôles, fusion du cuivre stator et barre rotor etc...

خلاصة

العمل في بحث هذه الأطروحة يخص صنع جهاز ميكانيكي الذي يخلق عيوب انحراف ثابتة مطبقة على محرك كهربائي ذات توتر ثلاثي متناوب و طاقته ثلاثة كيلوات. تصميم وتنفيذ نظام يتكون من اثنين من الأجزاء الميكانيكية في كل شفة، لكل جانب من المحرك (الجانب المخلب وعكس اقتران الجانب). هذا الجهاز محل لوحات الأصلية دون تعديل في تداخل منهم، ودون تغيير محامل. لكل خطأ من درجة انحراف ثابت، أخذنا عن طريق برنامج من تيارات الكهربائية، الترددات التي تسمح لنا برؤية هذه العيوب عن طريق الأطياف و تحليل تطورها. منحنيات القسوة مرسومة على مخططات لهذه الأغراض تسمح لنا من تنبؤ وضعية خطير للعيوب. بطريقة الصيانة التنبؤية، تسمح بمراقبة مستمرة للمكانات الكهربائية وإيجابيتها بالنسبة للصيانات الأخرى الاحتياطية و العلاجية بتحضير برمجة الإيقاف والصيانة الجزئية قبل الفشل الكامل. في هذه الحالة الفشل هو الاحتكاك من الدوار مع الجزء الثابت للمحرك، الذي يولد بالإضافة إلى غيرها من العيوب الكهربائية والميكانيكية، كم تدهور عزل التكببب أي الملفات والدائرة الكهربائية القصيرة بين اللوحات و صهر النحاس وبار الدوار الخ...