

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES

Faculté des Hydrocarbures et de la Chimie

Département Automatisation des Procédés et Électrification



Mémoire de Master

Présenté par

GHEDIRI Aymen

Filière : Hydrocarbures

Spécialité : Génie Electrique – électricité industrielle

Détection des Pannes dans un Moteur Asynchrone Par une Approche Algorithmique

Devant le jury :

KESRAOUI	Mohamed	UMBB	Président
KHELIFI	Fateh	UMBB	Examineur
BENDJEGHABA	Omar	UMBB	Encadrant

Année Universitaire : 2023/2024

REMERCIEMENTS

REMERCIEMENTS

Louange à Allah, le Tout-Puissant,

Le Miséricordieux, pour Sa guidance et Son soutien tout au long de cette aventure académique.

C'est par Sa grâce que j'ai pu accomplir ce travail.

Je tiens à exprimer ma gratitude infinie à mes parents,

Pour leur amour inconditionnel, leur soutien moral et financier, ainsi que pour leur patience et leurs prières incessantes qui ont été une source constante de motivation.

Un grand merci à mon encadrant universitaire,

M. Bendjghaba Omar, pour son encadrement, ses conseils avisés et sa disponibilité tout au long de ce projet. Sa rigueur scientifique et son expertise ont été déterminantes dans la réussite de ce mémoire.

Je remercie également chaleureusement les encadrants au sein de l'entreprise où j'ai effectué mon stage de fin d'études, pour leur accueil, leur accompagnement et leurs précieux enseignements pratiques. Leur soutien et leur implication ont grandement enrichi cette expérience et contribué à la qualité de ce travail.

Dédicaces

Dédicaces

À mes chers parents,

Pour votre amour incommensurable, votre soutien inébranlable et vos encouragements constants. Vous êtes la source de mon inspiration et de ma force. Sans vous, rien de tout cela n'aurait été possible. Cette réussite est le reflet de tout ce que vous m'avez apporté.

À ma sœur,

Vous avez toujours été là pour moi, votre capacité à remonter mon moral et votre soutien à chaque étape de mon parcours sont inestimables. Je vous en suis profondément reconnaissant.

À mon frère

Merci pour ta présence et ton soutien constant.

À Lyna

Ton soutien indéfectible et ton encouragement m'ont été une source d'inspiration tout au long de ce parcours. Merci d'avoir toujours cru en moi. Cette réussite est aussi la tienne.

À ma famille élargie

Pour leur soutien moral et leur affection. Votre présence dans ma vie m'a donné la motivation nécessaire pour aller de l'avant.

À mes amis,

Pour leur amitié sincère, leur compréhension et leurs encouragements. Votre présence a rendu cette aventure académique bien plus agréable et mémorable.

Enfin, à chacun de vous, je vous dédie ce travail avec toute ma gratitude et mon affection.

Sommaire

Sommaire

REMERCIEMENTS	I
DEDICACES	II
RESUME.....	V
LISTE DES TABLEUX.....	VI
LISTE DES FIGURES.....	VII
INTRODUCTION GENERALE	1
CHAPITRE.I. PRESENTATION DE L'ENTREPRISE	1
I.1. PRESENTATION DE LA RAFFINERIE D'ALGER	2
I.2. HISTORIQUE	2
I.3. LES PRINCIPALES UNITES DE LA RAFFINERIE D'ALGER	3
I.4. ORGANISME DE DEPARTEMENT HSE	6
I.5. PRESENTATION DE SERVICE MAINTENANCE ELECTRIQUE.....	7
I.6. DEFINITION GENERALE DE LA MAINTENANCE	7
I.6.1. <i>Maintenance préventive</i>	7
I.6.2. <i>Maintenance corrective</i>	7
I.7. AMELIORATIONS ET MISES A NIVEAU.....	8
I.7.1. <i>Soutien technique</i>	8
I.8. CONCLUSION	8
CHAPITRE.II. LES MOTEURS ASYNCHRONES.	9
II.1. INTRODUCTION	10
II.2. DEFINITION DU MOTEUR ASYNCHRONE.....	10
II.3. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT.....	10
II.4. PRINCIPE DE L'INDUCTION ELECTROMAGNETIQUE	10
II.5. LES COMPOSANTES DU MOTEUR ASYNCHRONE.....	10
II.5.1. <i>Stator</i>	10
II.5.2. <i>Rotor</i>	11
II.5.2.1. Rotor en cage d'écureuil	12
II.5.3. <i>Rotor bobiné</i>	12
II.5.3.1. Induction et rotation.....	12
II.6. GLISSEMENT	13
II.7. CARACTERISTIQUES DES MOTEURS ASYNCHRONES.....	14
II.7.1. <i>Plaque signalétique</i>	14
II.7.2. <i>La puissance</i>	14
II.7.3. <i>Le rendement</i>	14
II.7.3.1. Bilan de la puissance	15
II.7.4. <i>Taille et configuration</i>	15
II.8. LES DIFFERENTS TYPES DU MOTEURS ELECTRIQUES ASYNCHRONE	15
II.8.1. <i>Le moteur asynchrone à rotor bobiné</i>	15
II.8.2. <i>Le moteur asynchrone à cage</i>	16
II.9. APPLICATIONS DU MOTEUR ASYNCHRONE	17
II.9.1. <i>Industrie minière</i>	17
II.9.2. <i>Industrie pétrolière et gazière</i>	17
II.9.3. <i>Production d'énergie</i>	17

II.9.4.	<i>Applications industrielles lourdes</i>	18
II.10.	INSTALLATIONS D'UN MOTEUR ASYNCHRONE	18
II.10.1.	<i>Le sectionnement</i>	18
II.10.2.	<i>La protection contre les courts-circuits</i>	18
II.10.3.	<i>La protection contre les surcharges</i>	18
II.10.4.	<i>La commutation</i>	19
II.10.5.	<i>Démarrage direct</i>	19
II.10.6.	<i>Démarrage étoile triangle</i>	19
II.11.	CONCLUSION	20
CHAPITRE.III.	LES DEFERENTES DEFAUTS DU MOTEUR ASYNCHRONE	21
III.1.	INTRODUCTION.....	22
III.2.	PRINCIPAUX DEFAUTS DU MOTEUR ASYNCHRONE	22
III.2.1.	<i>Défauts internes et externes</i>	22
III.2.2.	<i>Défaillances d'ordre électrique</i>	23
III.2.3.	<i>Défaillances des circuits électriques rotoriques</i>	23
III.2.4.	<i>Ruptures de barres:</i>	23
III.2.5.	<i>Ruptures d'anneaux</i>	23
III.2.6.	<i>Excentricité statique et dynamique</i>	24
III.2.7.	<i>Défaillances des circuits électriques statorique</i>	24
III.2.8.	<i>Défauts d'isolant dans un enroulement</i>	24
III.2.9.	<i>Court-circuit entre spires</i>	25
III.2.10.	<i>Court-circuit entre phases</i>	25
III.3.	CAUSE DES DEFAUTS.....	25
III.4.	MODES DE DEFAILLANCES.....	26
III.4.1.	<i>Panne :</i>	26
III.4.2.	<i>Dégradation :</i>	26
III.4.3.	<i>Etat dégrade :</i>	26
III.4.4.	<i>Defaut :</i>	26
III.5.	OUTILS ET MATERIELS POUR LA RECHERCHE DES PANNES	26
III.6.	CONCLUSION	30
CHAPITRE.IV.	ALGORITHMES DE DETECTION DES DEFAUTS.....	31
IV.1.	INTRODUCTION	32
IV.2.	ORGANIGRAMME 1.....	33
IV.3.	ORGANIGRAMME 2.....	34
IV.4.	ORGANIGRAMME 3.....	35
IV.5.	ORGANIGRAMME 4.....	36
IV.6.	ORGANIGRAMME 5.....	37
IV.7.	ORGANIGRAMME 6.....	38
IV.8.	ORGANIGRAMME 7.....	39
IV.9.	ORGANIGRAMME 8.....	40
IV.10.	ORGANIGRAMME 9.....	41
IV.11.	ORGANIGRAMME 10.....	42
CONCLUSION GENERALE.....	43
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	46

Résumé

Ce mémoire explore l'utilisation des algorithmes pour la détection des pannes dans les machines asynchrones, cruciales pour l'industrie moderne. Il s'articule autour de quatre chapitres principaux : la présentation de la raffinerie d'Alger, une étude des moteurs asynchrones, l'examen des défauts courants de ces machines, et les algorithmes de détection des défauts. Ce travail vise à améliorer les méthodes traditionnelles de maintenance, en intégrant des technologies avancées pour identifier rapidement et prévoir les défaillances, réduisant ainsi les temps d'arrêt et les coûts de maintenance tout en garantissant la sécurité et la performance des opérations industrielles.

Abstract

This work explores the use of algorithms for fault detection in asynchronous machines, which are crucial in modern industry. It is structured around four main chapters: an introduction to the Algiers refinery, a study of asynchronous motors, an examination of common faults in these machines, and fault detection algorithms. This work aims to improve traditional maintenance methods by integrating advanced technologies to quickly identify and predict failures, thereby reducing downtime and maintenance costs while ensuring safety and performance in industrial operations.

المخلص

يستكشف هذا العمل استخدام الخوارزميات لكشف الأعطال في الآلات غير المتزامنة، التي تعتبر حيوية في الصناعة الحديثة. ينقسم إلى أربعة فصول رئيسية: مقدمة عن مصفاة الجزائر، دراسة المحركات غير المتزامنة، فحص العيوب الشائعة في هذه الآلات، وخوارزميات كشف الأعطال. يهدف هذا العمل إلى تحسين طرق الصيانة التقليدية من خلال دمج التقنيات المتقدمة لتحديد الأعطال بسرعة والتنبؤ بها، مما يقلل من وقت التوقف وتكاليف الصيانة مع ضمان السلامة والأداء في العمليات الصناعية.

Liste des tableaux

Tableau I-1 Les mouvements des produits entre la raffinerie, les dépôts et le port	4
Tableau III-1 Outils et matériels pour la recherche des pannes	28
Tableau III-2 Recherche approfondie des pannes au niveau du moteur asynchrone.....	29

Liste des figures

Figure I-1 situation géographique de La raffinerie d'Alger.....	2
Figure I-2 planning et méthodes.	5
Figure I-3 schéma de fabrication des produits commerciaux.	6
Figure I-4 organigramme de département HSE	6
Figure I-5 organigramme de la maintenance	7
Figure I-6 maintenance électrique	8
Figure II-1 représente le stator et ces composantes	11
Figure II-2 Rotor d'un moteur asynchrone	12
Figure II-3 Principe de rotation des moteurs.	13
Figure II-4 Plaque signalétique du moteur asynchrone	14
Figure II-5 bilan de la puissance dans un moteur asynchrone.	15
Figure II-6 moteur asynchrone à rotor bobiné.	16
Figure II-7 moteur asynchrone à cage.	17
Figure II-8 Plan d'un Installation d'un moteur.	18
Figure II-9 Schémas démarrage direct	19
Figure II-10 démarrage étoile triangle	20
Figure III-1 causes internes des défauts de la machine asynchrone.	22
Figure III-2 Les causes externes de la machine asynchrone.....	23
Figure III-3 les phénomènes à l'origine des défauts dans la machine	25
Figure III-4 Organigramme des causes des défaillances	26

Introduction Générale

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Les machines asynchrones, communément appelées moteurs à induction, jouent un rôle essentiel dans l'industrie moderne en raison de leur fiabilité, de leur coût abordable et de leur efficacité énergétique. Cependant, comme toute machine, elles sont sujettes à des pannes qui peuvent entraîner des interruptions coûteuses et des réparations complexes. La détection précoce et précise des défauts dans ces machines est donc cruciale pour minimiser les temps d'arrêt et les coûts de maintenance, tout en garantissant la sécurité et la performance des opérations industrielles.

Ce mémoire s'inscrit dans le cadre de l'obtention du diplôme de master en électricité industrielle et explore l'utilisation des algorithmes pour la détection des pannes dans les machines asynchrones. Le choix de ce sujet découle de la nécessité d'améliorer les méthodes traditionnelles de maintenance par l'intégration de technologies avancées et d'approches innovantes. La détection des pannes par des algorithmes permet non seulement d'identifier rapidement les problèmes, mais aussi de prévoir les défaillances potentielles avant qu'elles ne surviennent, ce qui constitue un atout majeur pour les industries.

Le travail est structuré en quatre chapitres principaux :

Dans le premier chapitre, nous vous présentons l'entreprise "La Raffinerie d'Alger", Dans le deuxième chapitre, nous abordons les moteurs asynchrones, Le troisième chapitre se concentre sur les différents défauts que peut rencontrer une machine asynchrone, Dans le quatrième chapitre, nous présenterons les algorithmes de détection des défauts pour les machines asynchrones.

CHAPITRE.I.Présentation de l'entreprise

I.1.Présentation de la Raffinerie d'Alger

L'industrie du raffinage en Algérie est née avec la découverte et la production du pétrole brut de Hassi Massoud. La première unité a été construite sur le lieu même de la découverte qui était orientée vers la satisfaction des besoins excessifs des sociétés opérantes dans le cadre de la recherche et de l'exploitation du brut.

Dès son indépendance, l'Algérie s'est engagée à assurer son développement économique par la mise en place d'une industrie pétrolière basée sur la transformation systématique de ses hydrocarbures.

La raffinerie d'Alger se situe à 5 Km au sud d'EL Harrach et à 20 Km à l'Est d'Alger, occupant une superficie de 182 hectares. Cet emplacement a été choisi après une étude du sol et la découverte d'une nappe d'eau nécessaire pour l'alimentation des systèmes de refroidissement. [1]



Figure I-1 situation géographique de La raffinerie d'Alger

I.2.Historique

La Raffinerie d'Alger a été créée en décembre 1959 suite à la découverte du pétrole au sud algérien en septembre 1959, le chantier fut ouvert en janvier 1960, le démarrage de la raffinerie n'a eu lieu que le 19 janvier 1964 par un groupe de compagnies étrangères. Avant 1971, l'alimentation de la raffinerie était par tankers du pétrole de Bejaia au port pétrolier d'Alger, en suite par pipe de 26 pouces, jusqu'au parc de stockage.

Un piquage a eu lieu à Beni Mansour à partir de pipe reliant Hassi-Messaoud - Bejaia, un oléoduc de 18 pouces d'une longueur de 131 Km jusqu'à la raffinerie avec un débit de 500 m³/h, cette pipe qui a été refait en 20 pouces avec un débit atteignant jusqu'à 800 m³/h. En ce qui concerne le choix de la région algéroise, elle se présente comme un pôle futur de développement industriel. En plus, elle a l'avantage d'être le plus grand centre de consommation avec une part de 40% à 50% de la demande intérieure. Il apparaît clairement que la production à partir de la raffinerie d'Alger sera moins coûteuse que celle venant des autres raffineries. La Raffinerie, sur le plan quantitatif, veut continuer à assurer la couverture des besoins en produits

de première nécessité comme l'essence, gasoil, GPL etc., ainsi que les produits qui servent de base pour l'industrie pétrochimique. Sur le plan qualitatif, un programme est mis en place, qui consiste en la suppression du plomb des essences avec une réduction actuelle de 0.4 g/l depuis le premier janvier 1999, jusqu'à 0.15 g/l à partir du premier janvier 2002 et la suppression totale du plomb. Actuellement, sa capacité de traitement est de 3,6MT/an après la réhabilitation. [1]

I.3. Les principales unités de la raffinerie d'Alger

La raffinerie d'Alger comporte les installations principales suivantes

- **Unité de distillation atmosphérique U100**

C'est une unité qui permet de fractionner le pétrole brut en ses différentes dérivées, à savoir :

- Les hydrocarbures légers, contenant des gaz incondensables, du butane et du propane.
- L'essence légère, entrant dans la constitution de carburants autos.
- Les solvants légers et lourds.
- Le Kérosène fournissant les produits commerciaux, pétrole lampant et carburéacteur.
- Le gas-oil léger, matière de base du gas-oil moteur commercial.
- Le gas-oil lourd, entrant dans la construction des fuels légers.
- Le fuel destiné à l'exportation. [1]

- **Une unité de séparation du gaz liquide U300 « GAS PLANT »**

C'est l'unité de traitement des gaz (gaz-plant), elle a pour but la séparation du propane et Butane venant de l'unité 100 et RFCC afin de les stocker et commercialiser. [1]

- **Unités MS-Block**

Pour la production des essences aux normes européennes EURO V (2009) comprenant :
Une unité de prétraitement de la charge Naphta de 1 123 810 Tonnes/an (30 000 bbl/jour),
Commune aux deux unités d'Isomérisation et de CCR (Reforming régénération continue),

- **Une unité d'isomérisation de naphta léger, sous licence AXENS, de 375 000 Tonnes/an (10 643 bbl/jour),**

Un Reforming type CCR, sous licence AXENS, de 660 000 T/An. [1]

- **Unité de conversion de résidu type RFCC.**

- **Block d'unité Soufre**

Désulfuration

Production de soufre a état solide. [1]

Station de traitement des effluents (ETP), de type biologique

Traitement des effluents

Traitement des eaux usées. [1]

- **Unité de mélange**

C'est une unité où se fait l'Ethylation qui est une opération d'addition du PTE (plomb tétra-Éthyle) au mélange constitué de plat format et de l'essence légère pour obtenir des essences Normale et super. [1]

- **Rampe de chargement**

Qui permet d'expédier le butane et le propane vers les dépôts (Naftal). [1]

- **Salle de contrôle**

Le nombre important d'appareils de mesure équipant une unité de raffinage a conduit à la Nécessité de concentrer dans une salle de contrôle toutes les informations nécessaires à la Bonne marche de l'unité (température, pression, débits, contrôles des vannes...etc.). [1]

- **Le laboratoire**

La raffinerie possède un laboratoire de contrôle où sont effectuées les analyses sur les Différents produits intermédiaires ou finis. [1]

- **La centrale thermoélectrique**

Son rôle principal est la production de l'énergie électrique à partir de la vapeur d'eau produite Par les chaudières, et ce grâce à un dispositif appelé « Turbo alternateur », qui est un générateur d'électricité, constitué d'une turbine à vapeur et d'un alternateur d'une puissance De 6MW.

Cette centrale est couplée avec la SONELGAZ, ce qui donne à l'ensemble de la raffinerie une autonomie totale pour les besoins énergétiques suivants :

- ✓ La production d'électricité.
- ✓ La production de la vapeur haute pression (HP), moyenne pression (MP) et la basse Pression (BP).
- ✓ La production de l'air comprimé pour l'instrumentation et le service.
- ✓ Le traitement des eaux de chaudières et de réfrigération.
- ✓ La pomperie
- ✓ Port pétrolier d'Alger.
- ✓ L'aéroport Houari Boumediene.
- ✓ Les dépôts de carburant : Caroubier, El Harrach et la Chiffa.

Les expéditions des produits finis à partir de la raffinerie se font exclusivement par un réseau 'oléoducs, chaque oléoduc est muni d'un compteur, ces indications sont retransmises à la salle de contrôle. [1]

Les mouvements des produits entre la raffinerie, les dépôts et le port sont données par le tableau suivant :

Produits	Ø oléoduc	Dépôts	Destination
Jet A1	10	AVM	Dar El Beida
//	16	AC4	El Harrach
Gas-oil	16	16A	El Harrach
//	16	168A, 168B, 169	Caroubier
CA/SP	16	16A	El Harrach
CA/SP	16	168A, 168B, 169	Caroubier
Fuel	10	A82	Port d'Alger
Naphta	16	Port	Port (navire)
CA/SP	10	Chiffa	Chiffa
Gasoil	10	Chiffa	Chiffa

Tableau I-1 Les mouvements des produits entre la raffinerie, les dépôts et le port

- Les communications entre la raffinerie et les divers dépôts se font actuellement par

Téléphone et Talkie Walkies. [1]

- **Atelier de maintenance**

Dans cet atelier, l'équipe de maintenance est chargée pour réparer les équipements de Différentes unités tel que : pompes, échangeurs, vannes, moteurs, etc. [1]

- **Maintenance (G) : planning et méthode**

C'est la plaque tournante de la maintenance à travers le programme journalier de travaille comme le montre la Figure I.3

Où :

GMI : Service maintenance mécanique industrielle.

GE : Service maintenance électrique.

GEI : Service maintenance électronique instrumentation.

GMC : Service maintenance chaudronnerie.

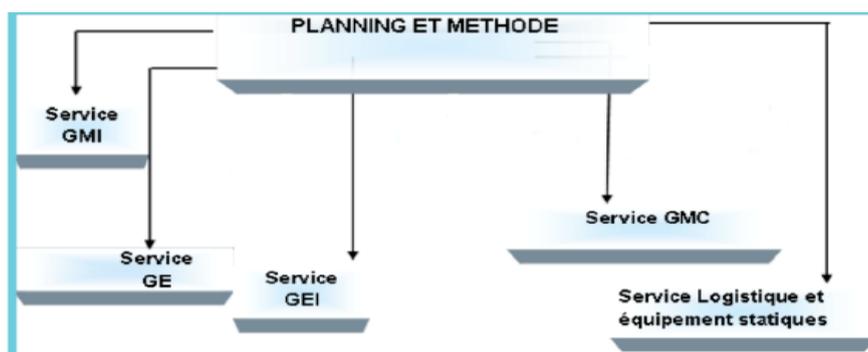


Figure I-2 planning et méthodes.

En cas de problème, l'opérateur doit le signaler au chef de quart ensuite au service Mécanique, et une intervention sur site selon le degré de gravité avec le permet de travail (à Froid ou à chaud). La décision est prise après une réunion des responsables de : zone, Sécurité et le chef de département mécanique. [1]

- **Parc de stockage**

La raffinerie d'Alger est dotée d'une ancienne et nouveaux parcs pour les produits de Stockage.[1]

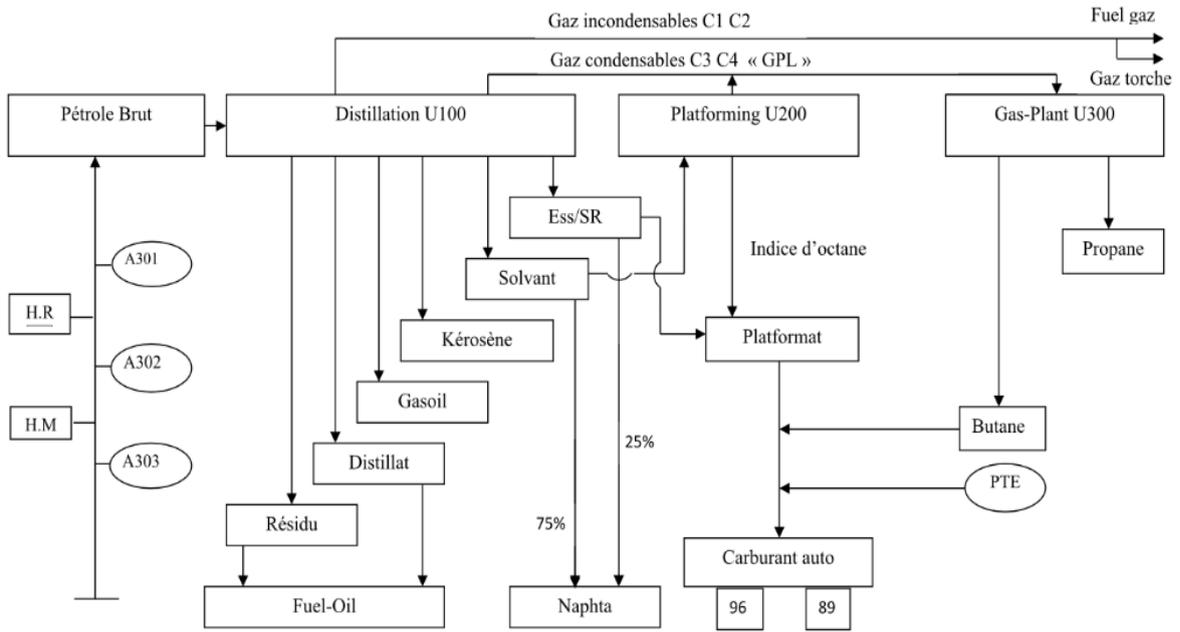


Figure I-3 schéma de fabrication des produits commerciaux.

I.4. Organisme de département HSE

Le département Hygiène, Sécurité et Environnement sont composés de 3 services :

1. Service Intervention.
2. Service Prévention.
3. Service Environnement. [1]

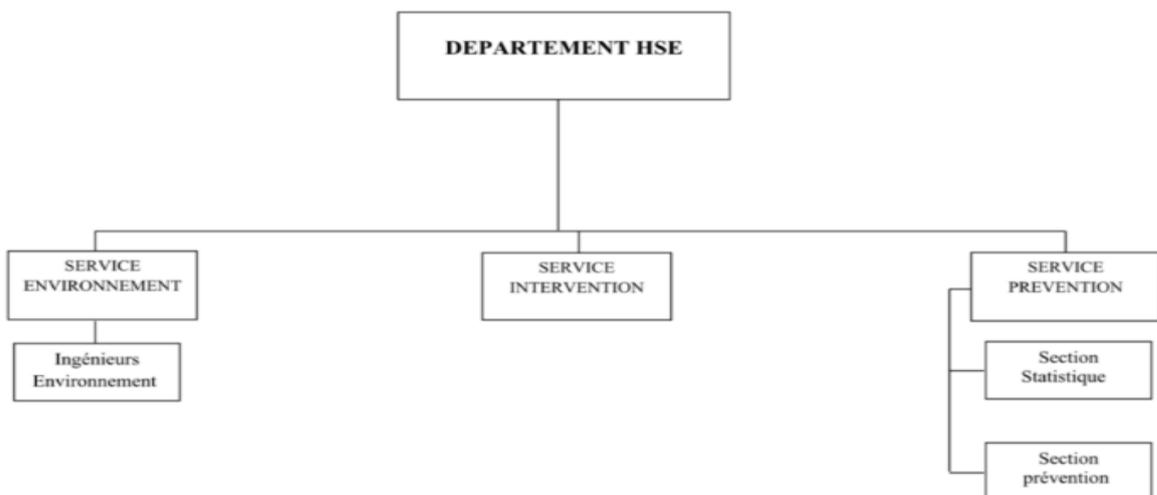


Figure I-4 organigramme de département HSE

I.5. Présentation de Service maintenance électrique

La maintenance électrique est essentielle pour assurer le bon fonctionnement et la sécurité des installations industrielles, notamment dans le secteur pétrolier et gazier. Cela inclut la maintenance préventive pour éviter les pannes et les interruptions de production, ainsi que la maintenance corrective pour résoudre les problèmes dès qu'ils surviennent. [1]

I.6. Définition générale de la maintenance

La maintenance est définie comme étant « l'ensemble des activités permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié, ou dans des conditions données de sûreté disfonctionnement, pour accomplir une fonction requise ou assurer un service déterminé ». Maintenir c'est donc effectuer des opérations qui permettent de conserver le potentiel du matériel pour assurer la continuité et la qualité de la production. Ces activités sont une combinaison d'activités techniques, administratives et de management. [1] (voir la figure I-5).

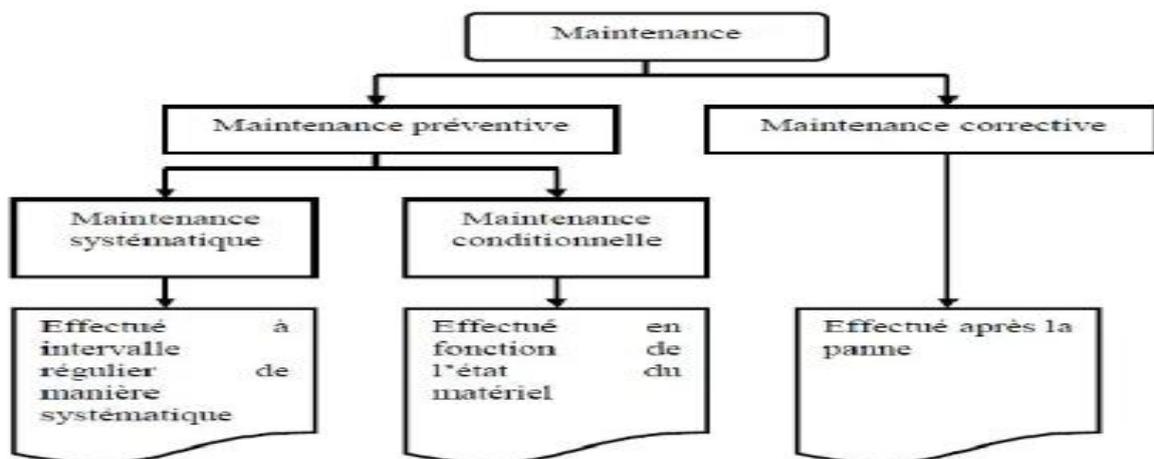


Figure I-5 organigramme de la maintenance

I.6.1. Maintenance préventive

Le service de maintenance électrique est chargé de planifier et d'exécuter des inspections régulières, des tests et des vérifications sur les équipements électriques pour identifier et prévenir les pannes potentielles. Cela peut inclure la lubrification des pièces mobiles, le nettoyage des composants, le remplacement des pièces usées et la calibration des instruments.

I.6.2. Maintenance corrective

Lorsqu'une panne survient, le service de maintenance électrique intervient pour diagnostiquer le problème, effectuer les réparations nécessaires et remettre les équipements en état de fonctionnement. Cela peut impliquer le remplacement de composants défectueux, le réglage des paramètres électriques, ou même des réparations d'urgence pour minimiser les temps d'arrêt.

(Voir la figure I-6)



Figure I-6 maintenance électrique

I.7. Améliorations et mises à niveau

Le service de maintenance électrique est également responsable de l'identification des opportunités d'amélioration des équipements électriques existants. Cela peut inclure l'installation de nouveaux composants pour améliorer la performance ou l'efficacité énergétique, ou la mise à niveau des systèmes pour se conformer aux normes réglementaires ou de sécurité plus récente.

I.7.1. Soutien technique

Les techniciens de maintenance électrique fournissent un soutien technique aux opérateurs et aux autres membres du personnel en répondant à leurs questions sur l'utilisation sûre et efficace des équipements électriques. Ils peuvent également participer à la formation du personnel sur les bonnes pratiques de maintenance et de sécurité.

I.8. Conclusion

La Raffinerie d'Alger est une installation clé dans l'industrie pétrolière algérienne. Mon stage pratique dans cette raffinerie m'a permis de comprendre les processus de production et les opérations de maintenance. Une attention particulière a été portée sur les moteurs asynchrones, utilisés dans diverses applications comme les pompes et les compresseurs. Ces moteurs sont essentiels pour le fonctionnement continu et efficace de la raffinerie. Mon expérience inclut l'analyse de leur fonctionnement, la participation aux activités de maintenance, et l'application de méthodes de diagnostic des pannes. Cette immersion a été cruciale pour développer mes compétences techniques et ma préparation professionnelle dans l'industrie pétrolière.

CHAPITRE.II. Les moteurs asynchrones.

II.1.Introduction

Les moteurs électriques jouent un rôle important dans la vie contemporaine, car ils apportent confort, bien-être et gestion. Ils jouent aussi un rôle clé dans la production, l'extraction et la distribution de produits industriels et alimentaires. Les moteurs de toutes sortes jouent un rôle important dans la réalisation de ce luxe. Dans les machines électriques comme les moteurs, nous sommes souvent confondus avec les types de moteurs comme un moteur synchrone ainsi qu'un moteur asynchrone avec leurs applications. Ces moteurs sont utilisés dans différentes applications en raison de leur fiabilité. Comme son nom l'indique, le nom de ce moteur vient du fait que le rotor du moteur fonctionne de manière asynchrone par rapport à un champ magnétique tournant. Ainsi, cet article décrit un aperçu du moteur asynchrone, de la construction, du principe de fonctionnement, etc.

II.2.Définition du moteur asynchrone

Le moteur asynchrone est une machine à courant alternatif, la vitesse du rotor et la vitesse du champ magnétique tournant ne sont pas égales à cause du glissement. Le rotor est toujours en retard par rapport au champ statorique, le moteur asynchrone est dit (machine à induction) car l'énergie est transférée du stator au rotor ou inversement par induction électromagnétique [2]

II.3.Principe de fonctionnement

Un moteur asynchrone se compose principalement de deux parties : le stator et le rotor. Le stator est la partie fixe du moteur, tandis que le rotor est la partie mobile. Le stator est constitué d'enroulements alimentés par un courant alternatif, générant un champ magnétique tournant. Ce champ magnétique induit à son tour un courant dans le rotor, produisant un couple électromagnétique qui fait tourner le rotor. Contrairement aux moteurs synchrones, les moteurs asynchrones ne nécessitent pas de synchronisation précise entre la fréquence du courant d'alimentation et la vitesse de rotation du rotor, ce qui simplifie leur conception et leur utilisation. [3]

II.4.Principe de l'induction électromagnétique

Les moteurs électriques asynchrones basés sur l'induction électromagnétique ou un champ magnétique variable induit du courant électrique dans un conducteur. Ce type de moteur se compose de deux éléments : le stator et le rotor. Le stator la partie fixe ; abrite des bobines alimentées par un courant alternatif triphasé générant un champ magnétique rotatif. Le rotor ; lui est mobile et est constitué des conducteurs qui interagissent avec le champ magnétique en rotation, créant ainsi un mouvement de rotation. [4]

II.5.Les composantes du moteur asynchrone

II.5.1.Stator

Le stator représente la composante stationnaire du moteur, et il est construit avec des bobines en cuivre enroulées autour de dents en fer laminé. Lorsqu'il est alimenté par un courant alternatif triphasé, ces bobines un champ magnétique rotatif au sein du stator. Ce champ magnétique en rotation est créé par le décalage temporel entre les courants triphasés circulant à travers les bobines du stator. Cette configuration est essentielle pour l'induction électromagnétique qui propulse le moteur asynchrone.

-Son rôle principal est de générer un champ magnétique tournant qui interagit avec le rotor pour produire un couple moteur.

- Le stator est généralement constitué d'un noyau ferromagnétique sur lequel sont enroulées les bobines de fil électrique. Ces bobines sont souvent disposées de manière à créer un champ magnétique tournant lorsque le courant alternatif les traverse.

- Les enroulements du stator sont alimentés par le courant alternatif provenant de la source d'alimentation électrique. Lorsque le courant traverse ces enroulements, un champ magnétique est induit dans le stator, ce qui crée le champ magnétique tournant nécessaire au fonctionnement du moteur.

- La fréquence du courant alternatif alimentant le stator détermine la vitesse de rotation du champ magnétique tournant. Cette vitesse de rotation est directement liée à la fréquence du courant et au nombre de paires de pôles du moteur.

- Le nombre de paires de pôles du stator influence la vitesse de rotation du champ magnétique tournant. Plus le nombre de paires de pôles est élevé, plus la vitesse de rotation du champ magnétique sera basse, et vice versa. [4] (voir la figure II-1).

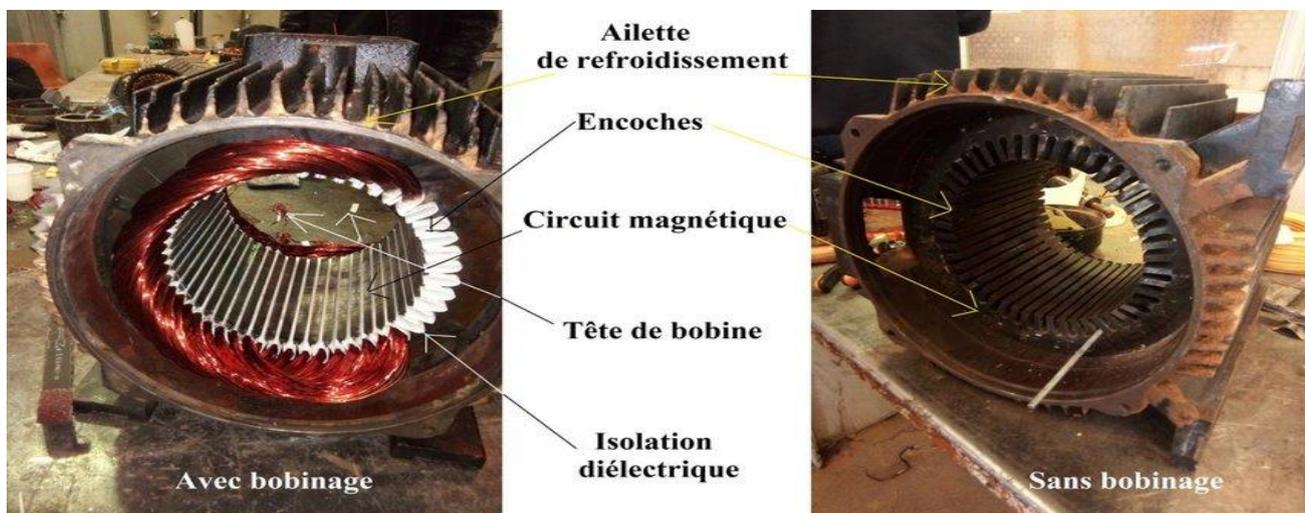


Figure II-1 représente le stator et ces composantes

II.5.2. Rotor

Le rotor, qui représente la partie mobile du moteur, est composé de conducteurs en cuivre ou en aluminium logés dans des encoches. Ces conducteurs sont reliés entre eux par des anneaux court-circuités connus sous le nom de "couronnes" ou par des barres en aluminium appelées "cage d'écureuil". Lorsque le champ magnétique rotatif généré par le stator interagit avec les conducteurs du rotor, il provoque l'induction de courants de Foucault dans ces conducteurs, ce qui entraîne la rotation du rotor.

Fonctionnement : Le rotor d'un moteur asynchrone tourne à une vitesse légèrement inférieure à celle du champ magnétique rotatif produit par le stator. Cette différence de vitesse crée un courant induit dans le rotor, ce qui génère un couple moteur et fait tourner l'arbre du moteur.

Construction : Le rotor d'un moteur asynchrone peut être de type cage d'écureuil ou bobiné. La plupart des moteurs modernes utilisent des rotors en cage d'écureuil en raison de leur simplicité et de leur fiabilité. Ces rotors sont constitués de barres conductrices en aluminium ou en cuivre formant une structure en forme de cage. [4] (voir la figure II-2).



Figure II-2 Rotor d'un moteur asynchrone

II.5.2.1. Rotor en cage d'écureuil

Dans un rotor en cage d'écureuil, les barres conductrices sont court-circuitées aux extrémités par des anneaux conducteurs. Lorsque le stator génère un champ magnétique tournant, des courants de Foucault sont induits dans la cage d'écureuil, créant un champ magnétique réactif qui interagit avec le champ magnétique du stator pour produire un couple moteur. [4]

II.5.3. Rotor bobiné

Dans un rotor bobiné, des enroulements sont placés dans les fentes du rotor et connectés à des bagues collectrices. Ce type de rotor permet un meilleur contrôle de la vitesse et du couple du moteur, mais il est plus complexe et coûteux à fabriquer et à entretenir que le rotor en cage d'écureuil. [4]

II.5.3.1. Induction et rotation

Les courants de Foucault induits dans le rotor donnent naissance à un deuxième champ magnétique connu sous le nom de champ rotorique. L'interaction entre ce champ rotorique et le champ magnétique rotatif du stator engendre un couple électromagnétique qui provoque la rotation du rotor. Il est à noter que le rotor tourne légèrement moins vite que le champ magnétique rotatif du stator, d'où la dénomination de "moteur asynchrone" pour ce type de moteur. [4] (voir la figure II-3).

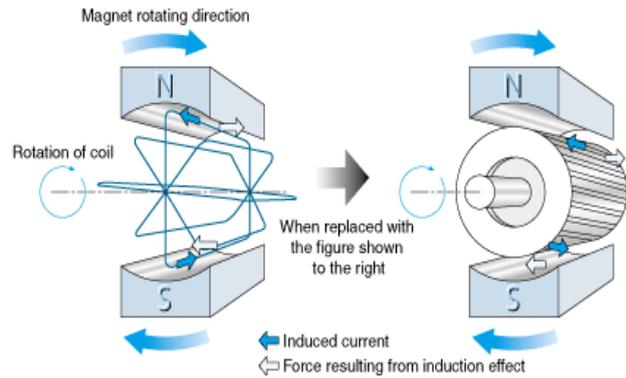


Figure II-3 Principe de rotation des moteurs.

II.6. Glissement

Le glissement est une grandeur qui rend compte de l'écart de vitesse de rotation d'une moteur asynchrone par rapport à la vitesse de rotation de son champ statorique. En effet, il doit y avoir une différence de vitesse pour que ce type de moteur fonctionne, le rotor "suit" le champ statorique mais ne l'atteint jamais, en effet c'est ce champ qui entraine le rotor.

Le glissement est toujours faible, de l'ordre de quelques pourcents : de 2 % pour les machines les plus puissantes, à 6 ou 7 % pour les machines triphasées de faible puissance, il peut atteindre 10% pour les machines monophasées de faible puissance. Les pertes par effet joule dans le rotor étant proportionnelles au glissement, une machine de qualité doit fonctionner avec un faible glissement.[11]

On désigne par n_r la fréquence de rotation de la machine. La fréquence de synchronisme est toujours un sous-multiple entier de la fréquence du secteur En 50 Hz c'est un sous-multiple de 3 000 tr/min, soit : 3 000 ; 1 500 ; 1 000 ; 750 ; etc.

Soit P le nombre de paires de pôles de la machine et f la fréquence de l'alimentation. On a :

$$n_s = \frac{f}{p} \text{ En tr/s} \dots\dots\dots(\text{II-1})$$

Le glissement correspond à la différence de vitesse entre le rotor et le champ statorique exprimée sous la forme d'un pourcentage de la fréquence de rotation.

$$n_s - n = g \times n_s \dots\dots\dots(\text{II-2})$$

$$g = \frac{(n_s - n)}{n_s} \text{ soit}$$

Le glissement peut aussi être calculé à partir des vitesses angulaires :

$$g = \frac{(\omega_s - \omega)}{\omega_s} \dots\dots\dots(\text{II-3})$$

\cos la vitesse angulaire de synchronisme du champ statorique dans la machine.

ω la vitesse angulaire de rotation de la machine.

II.7. Caractéristiques des moteurs asynchrones

II.7.1. Plaque signalétique

Une plaque signalétique d'un moteur asynchrone est une étiquette fixée sur le moteur qui fournit des informations essentielles concernant ses caractéristiques techniques et opérationnelles. Ces informations permettent aux utilisateurs de comprendre les spécifications du moteur et d'assurer son fonctionnement correct et efficace. (Voir la figure II-4).

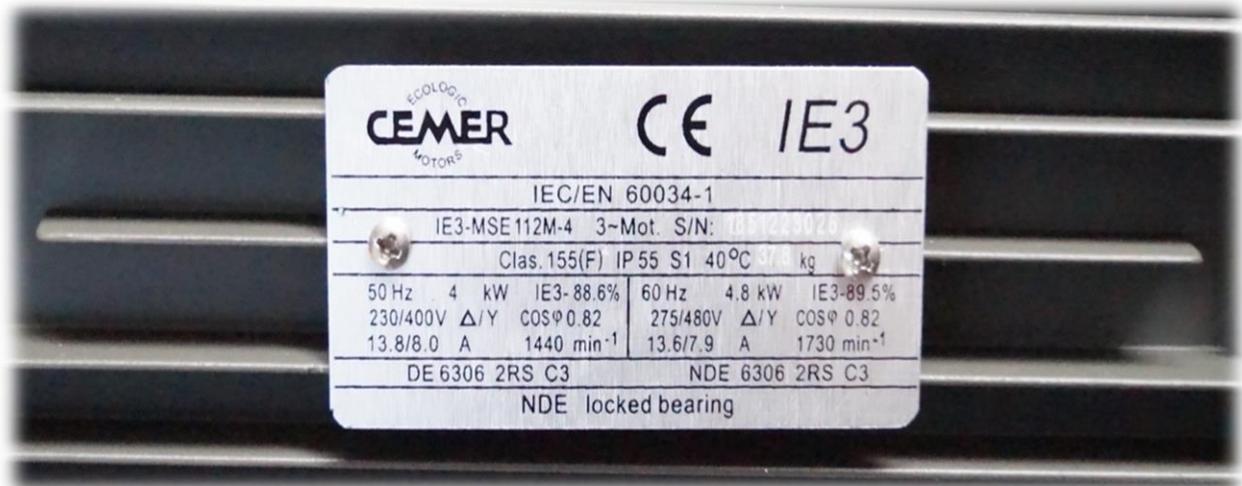


Figure II-4 Plaque signalétique du moteur asynchrone

II.7.2. La puissance

Le moteur asynchrone reçoit une puissance à partir du réseau, une puissance appelée puissance absorbée (P_a). Cette puissance se calcule par la relation suivante :

$$P_a = 3 \times U \times I \times \cos(\phi) \dots \dots \dots (II-4)$$

Avec :

U : est la tension composée du réseau

I : est le courant en phase

ϕ : est le déphasage entre le courant et la tension

Après l'absorption de cette puissance, une partie d'elle se perd au stator sous forme de chaleur (pertes Joules) et par hystérésis (pertes fer statorique).

La puissance qui reste après ces pertes sera transmise au stator est ce nome puissance électromagnétique (P_{em}).

L'utilisation de la puissance électromagnétique par le rotor causera des pertes fer rotorique (P_{fr}) et des pertes Joule rotorique (P_{Jr}) et produira une puissance mécanique (P_m). Sur l'arbre du moteur, on trouvera la puissance utile fournie par le rotor (P_u) inferieure à la puissance mécanique à cause des pertes mécaniques [5]

II.7.3. Le rendement

Le moteur asynchrone est spécifiquement conçu pour offrir un rendement élevé, assurant ainsi une

conversion efficace de l'énergie électrique en énergie mécanique. Cette caractéristique de rendement élevé permet de minimiser les pertes d'énergie, contribuant ainsi à améliorer l'efficacité globale du système d'entraînement. Cela signifie que le moteur fonctionne de manière plus économique, ce qui est essentiel pour des applications exigeantes, où l'efficacité énergétique est cruciale pour garantir des performances optimales et une réponse rapide en cas d'urgence. [5]

Le rendement d'un moteur asynchrone triphasé (η) est donné par la relation suivante :

$$\eta = \frac{P_u}{P_a} \dots \dots \dots (II-5)$$

P_u : Puissance fournie par le moteur asynchrone triphasé.

P_a : Puissance absorbée par le moteur asynchrone triphasé.

II.7.3.1. Bilan de la puissance

Le bilan de puissance d'un moteur asynchrone permet de comprendre comment l'énergie électrique est convertie en énergie mécanique et de quantifier les pertes qui se produisent au cours de ce processus. Voici les principales lois (Voir la figure II-5).

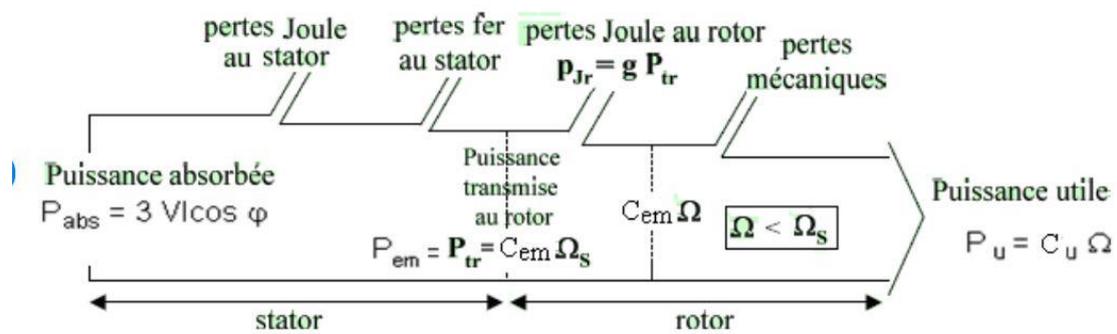


Figure II-5 bilan de la puissance dans un moteur asynchrone.

II.7.4. Taille et configuration

Pour répondre aux besoins uniques des applications, les moteurs sont disponibles dans une variété de tailles et de configurations. La taille du moteur est ajustée en fonction de la puissance requise et des limites d'espace dans l'installation, ce qui garantit une adaptation idéale à différents environnements. Il est important de noter que les fonctionnalités particulières de ces moteurs peuvent varier en fonction des fabricants et des besoins spécifiques de l'application. Par conséquent, pour obtenir des informations détaillées sur un modèle spécifique, il est essentiel de consulter les spécifications du fabricant du moteur. Cela garantit une sélection et une utilisation appropriées [6]

II.8. Les différents types du moteurs électriques asynchrone

Il existe plusieurs types de moteurs électriques asynchrones. On retrouve d'une part les moteurs à rotor bobiné (à bagues) et d'autre part les moteurs à cage (cage à écureuil, double cage, à encoches profondes).[14]

II.8.1. Le moteur asynchrone à rotor bobiné

Dans un moteur à rotor bobiné on retrouve 3 enroulements (bobines) en périphérie du rotor qui sont reliés à des bagues. Sur ces bagues viennent frotter des balais qui vont alimenter le rotor.

Le moteur bobiné est utilisé pour des applications qui demandent un fort couple au démarrage et beaucoup de puissance (ex : l'industrie minière). Ce type de moteur offre la possibilité de diminuer ou augmenter la résistance du rotor.

Cependant, le moteur bobiné est de moins en moins utilisé. L'obsolescence de ce type de moteur triphasé est due à l'utilisation croissante des variateurs de fréquence. De plus, le moteur à rotor bobiné a des coûts de maintenance plus élevés que ceux d'un rotor à cage, notamment à cause du renouvellement des balais d'alimentation. [14] (Voir la figure II-6).



Figure II-6 moteur asynchrone à rotor bobiné.

II.8.2. Le moteur asynchrone à cage

Dans un moteur à cage, appelé aussi moteur à cage d'écureuil, on trouve un rotor en circuit court. Le rotor est constitué de barres (souvent en aluminium) qui sont fixées à chaque extrémité à un anneau. La succession de barres reliées aux 2 anneaux forment ce que l'on appelle la cage d'écureuil.

Ici, pas de balais d'alimentation, ce qui réduit les coûts d'entretien du moteur. Sa construction simple facilite également son entretien. Les moteurs à cage sont aussi considérés comme plus résistants.

C'est le moteur le plus utilisé dans l'industrie, du fait de son prix, de sa facilité d'entretien, de sa robustesse mais aussi de la possibilité de faire varier la vitesse électroniquement.

Le point noir d'un moteur à cage est qu'il possède un couple de démarrage faible. On réserve les moteurs à cage pour les cas où le démarrage demande une faible charge (machines-outils, pompes, ventilateurs...) et on les évite pour les cas de démarrage en charge (ex : ascenseurs).

[14] (Voir la figure II-6).



Figure II-7 moteur asynchrone à cage.

II.9.Applications du moteur asynchrone

II.9.1.Industrie minière

Dans l'industrie minière, les moteurs sont largement utilisés pour alimenter une variété d'équipements essentiels, tels que les concasseurs, les broyeurs, les pompes de mine, les convoyeurs et les treuils. Ces moteurs sont particulièrement adaptés aux exigences de l'industrie minière, où des charges lourdes et des conditions de fonctionnement exigeantes sont courantes, grâce à leur puissance élevée. Cela garantit des performances fiables dans des environnements professionnels exigeants [7]

II.9.2.Industrie pétrolière et gazière

Dans l'industrie pétrolière et gazière, les moteurs jouent un rôle essentiel en alimentant des compresseurs, des pompes, des ventilateurs et d'autres équipements nécessaires à l'extraction, au traitement et au transport des hydrocarbures. Leur puissance élevée et leur fiabilité sont des atouts majeurs, notamment dans les environnements potentiellement dangereux de l'industrie pétrolière et gazière. Ces moteurs garantissent des performances constantes dans des conditions de fonctionnement critiques, contribuant ainsi à la production d'énergie essentielle. [8]

II.9.3.Production d'énergie

En raison de leur capacité à produire de l'électricité, les moteurs occupent une place importante dans les centrales électriques, qu'elles soient de type thermique, hydroélectrique ou éolien. Ils sont principalement chargés d'entraîner les alternateurs, transformant ainsi l'énergie mécanique en énergie électrique à haute tension. Cette capacité à fonctionner dans divers environnements de production d'énergie. [9]

II.9.4.Applications industrielles lourdes

Les moteurs sont cruciaux pour une variété d'applications industrielles exigeantes, telles que les laminoirs, les broyeurs à boulets, les grues, les treuils et les ventilateurs industriels. Leur conception robuste les prépare à résister aux charges élevées et aux conditions rigoureuses rencontrées dans ces différentes applications. Il convient de noter que les applications du moteur peuvent varier en fonction des exigences spécifiques de chaque secteur d'activité. Les informations fournies ici offrent une vue d'ensemble des domaines d'utilisation courants pour ce type de moteur, servant de base à une compréhension générale de sa polyvalence et de son utilité dans diverses applications industrielles lourdes.[10]

II.10. Installations d'un moteur asynchrone

Un départ moteur comprend un ensemble d'appareillages qui assurent la commande et la protection du moteur, ainsi que la protection du départ lui-même. Quatre fonctions de base imposées par les normes, sont réparties entre les différents appareils. (Voir la figure II-8).

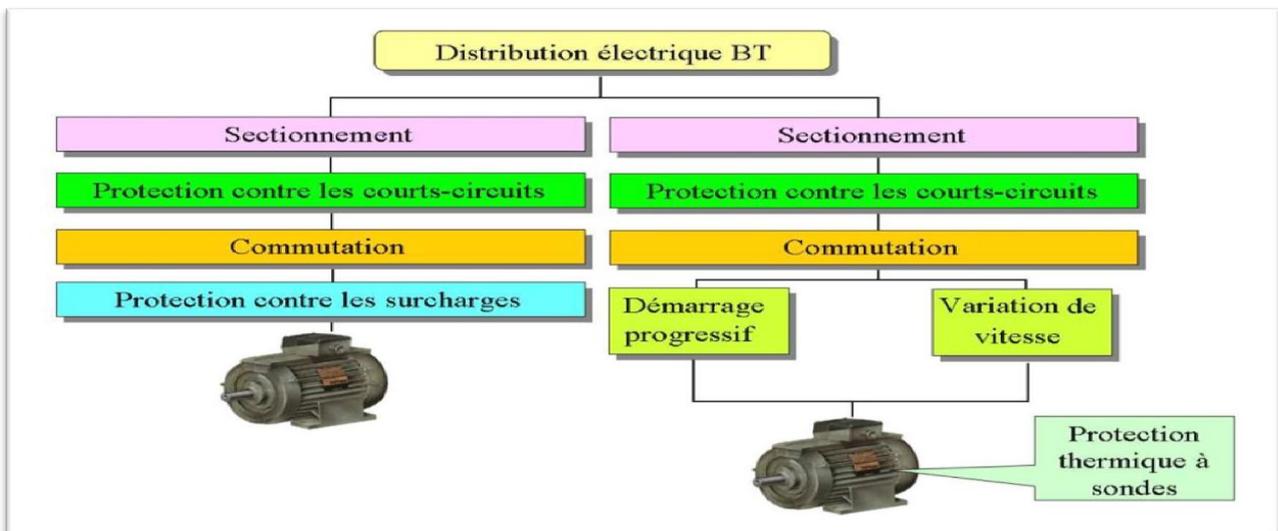


Figure II-8 Plan d'un Installation d'un moteur.

II.10.1.Le sectionnement

Son rôle est d'isoler du réseau amont tous les conducteurs actifs, afin de permettre au personnel d'entretien, d'intervenir sans danger sur le départ et le moteur.

II.10.2.La protection contre les courts-circuits

Détection, et coupure la plus rapide possible des courants élevés de court-circuit pour éviter la détérioration de l'installation.

II.10.3.La protection contre les surcharges

Détection des courants de surcharge et coupure du départ, avant que l'élévation de température du moteur et des conducteurs n'entraîne la détérioration des isolants.

II.10.4.La commutation

Commande du moteur manuelle ou automatique, compte tenu des surcharges au démarrage même à cadence élevée et pour une durée de vie importante.[13]

II.10.5.Démarrage direct

C'est un procédé de démarrage simple obtenu en un seul temps ; le stator du moteur est couplé directement sur le réseau. Le moteur démarre sur ses caractéristiques naturelles avec une forte pointe d'intensité qui va provoquer une chute de tension.

Pour réaliser un départ-moteur de façon correcte, il faut assurer les fonctions suivantes :
Isoler c'est le rôle du sectionneur.

Protéger la puissance contre le court-circuit, pour cela on utilise des cartouches fusibles de Type à M.

Commander l'arrivée de l'énergie au moteur, c'est le rôle du contacteur.

Protéger le moteur contre les surcharges, fonction assurée par le relais thermique.[15]

Voici le schéma de démarrage direct du moteur asynchrone (figure II-9).

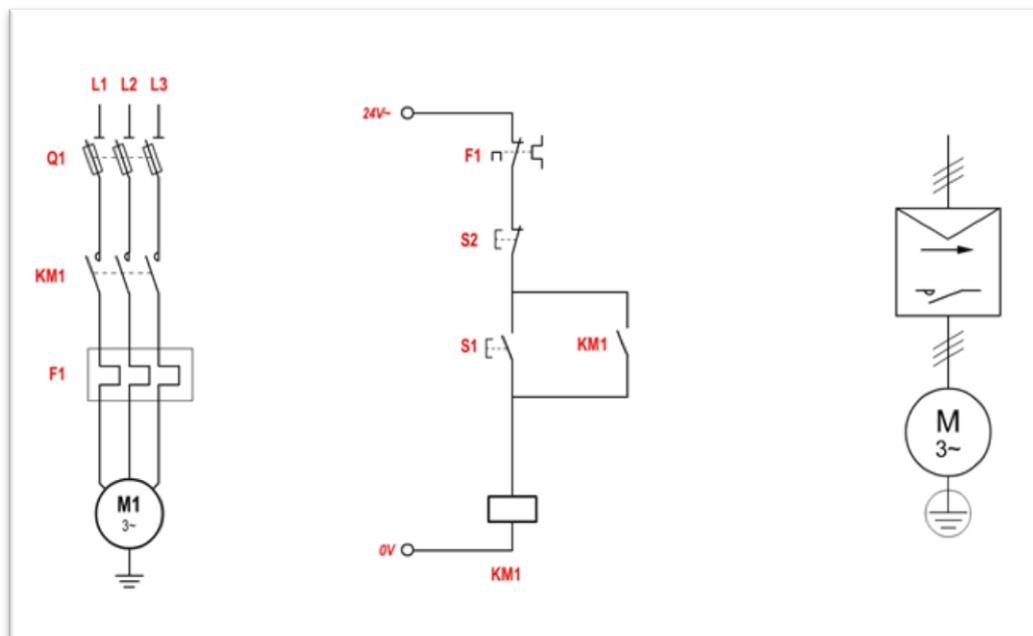


Figure II-9 Schémas démarrage direct

II.10.6.Démarrage étoile triangle

Le principe du démarrage étoile triangle consiste à sous-alimenter le moteur durant presque toute la durée du démarrage en le couplant en étoile. Il faut donc utiliser un moteur normalement couplé en triangle et dont toutes les extrémités d'enroulement sont sorties sur la plaque à bornes.

Exemple : Sur un réseau 230/400 V il faut donc utiliser un moteur 400/660.

Utilisation du démarrage étoile triangle.

Machine démarrant à vide : Ventilateur.[15] (Voire figure II-10).

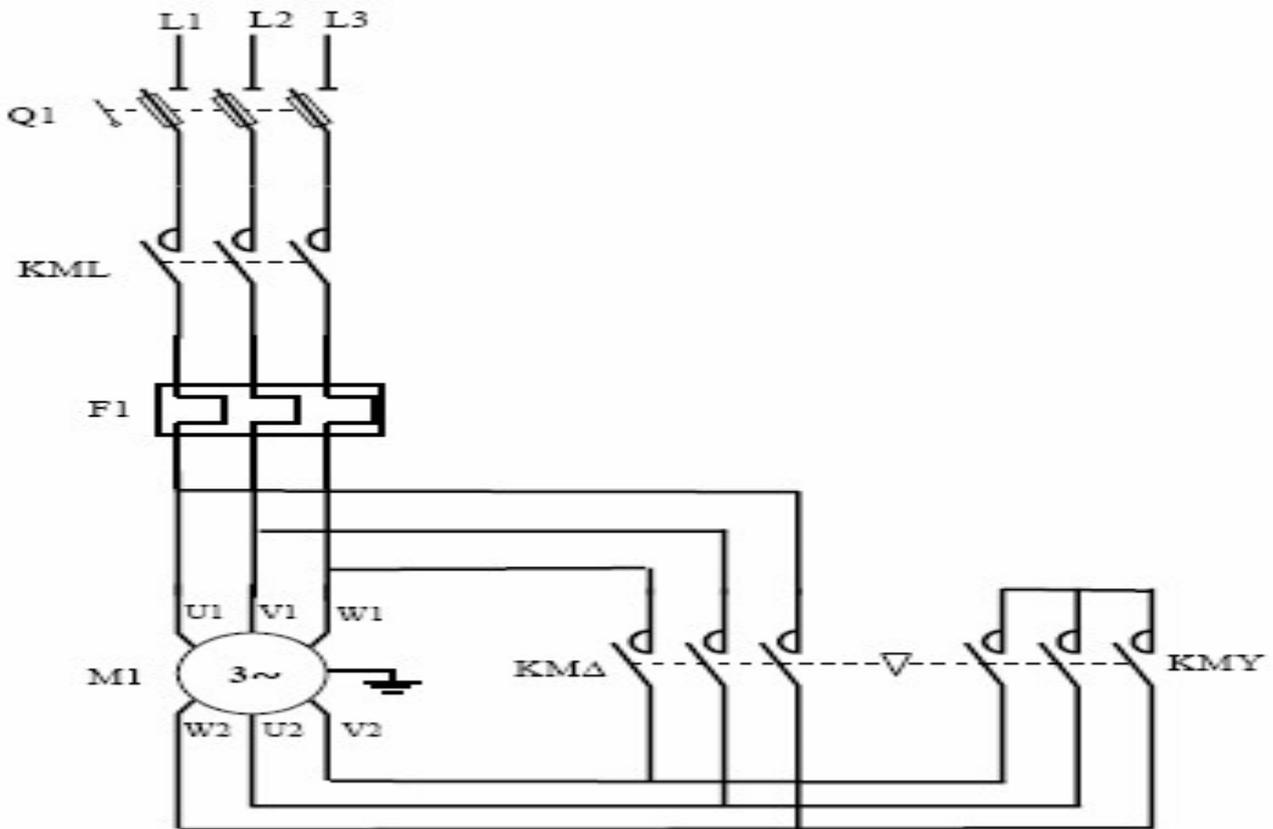


Figure II-10 démarrage étoile triangle

II.11. Conclusion

Dans ce chapitre Nous avons, donné quelques rappels sur la moteur asynchrone et son principe de fonctionnement. Ensuite, nous avons présenté les différents types des moteurs asynchrones et aussi les applications de cette machine ainsi les différents types de démarrage.

CHAPITRE.III.
Les différents défauts du moteur
asynchrone

III.1.Introduction

Le moteur asynchrone, est l'un des moteurs électriques les plus couramment utilisés dans diverses applications industrielles et commerciales en raison de sa simplicité de construction, de son coût relativement bas et de sa robustesse. Cependant, comme toute technologie, elle n'est pas exempte de défauts et de limitations. Dans cette étude, nous examinerons en détail les différents défauts auxquels le moteur asynchrone peut être sujette, ainsi que leurs causes, leurs effets et les stratégies de prévention ou de correction associées.

III.2. Principaux défauts du moteur asynchrone

III.2.1. Défauts internes et externes

Il existe deux types de Défauts principaux : internes et externes. Les causes de ces défauts sont brièvement et respectivement décrites dans les organigrammes des figures. Nous pouvons ainsi remarquer que les défauts internes de la machine sont causés par les constituants de la machine (circuits magnétiques rotorique et statorique, bobinage statorique, entrefer mécanique, cage rotorique,...) alors que les défauts externes sont provoqués, soit par les tensions d'alimentation et la charge mécanique, soit par l'environnement de l'utilisation de la machine.

D'après les organigrammes. Les origines des défauts sont diverses Thermique, mécanique, électrique ou encore environnementale. A titre indicatif, les Démarrages fréquents provoquent des courants élevés dans les barres rotoriques.[16]

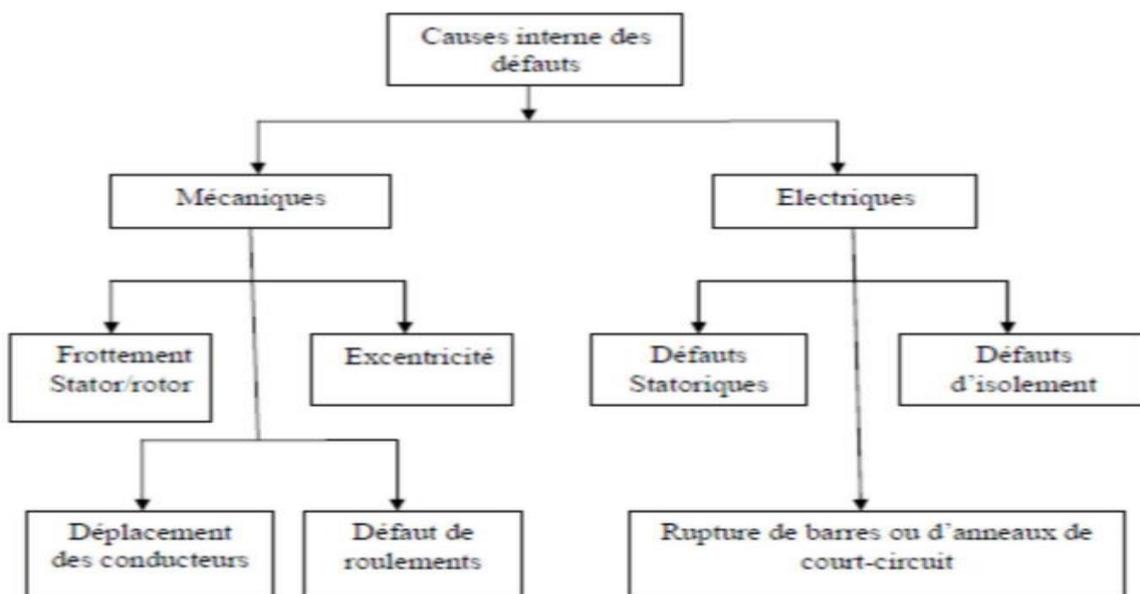


Figure III-1 causes internes des défauts de la machine asynchrone.

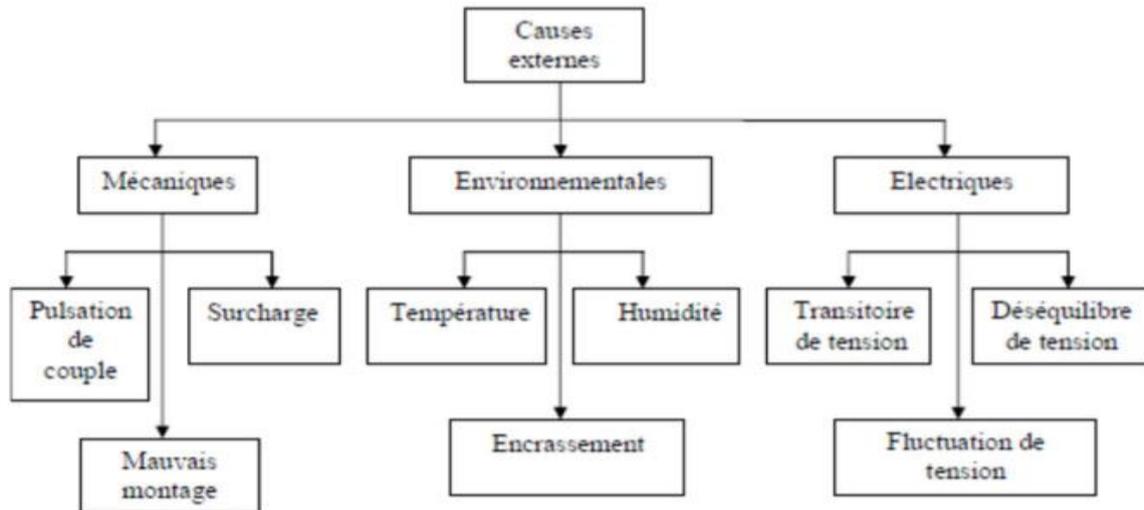


Figure III-2 Les causes externes de la machine asynchrone

III.2.2. Défaillances d'ordre électrique

Les Défaillances d'origine électrique peuvent, dans certain cas, être la cause d'un arrêt de la machine (au même titre que les Défaillances d'ordre mécanique). Ces Défaillances se séparent en deux catégories bien distinctes. Nous pouvons citer les défaillances qui apparaissent au niveau des circuits électriques statoriques et celles qui apparaissent au niveau des circuits électriques rotoriques.

III.2.3. Défaillances des circuits électriques rotoriques

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

- Rupture de barres.
- Rupture d'une portion d'anneau de court-circuit.
- Excentricité statique et dynamique.

III.2.4. Ruptures de barres

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 de la machine. 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.

III.2.5. Ruptures d'anneaux

La rupture de portion d'anneaux est un défaut qui apparait aussi fréquemment que cassure de barres. Ces ruptures sont dues aux dilatations différentielles entre les barres et les anneaux. Comme il est difficile de le détecter, ce défaut est généralement groupé, voir 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 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.

III.2.6. 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 la rotation de l'arbre et le centre du rotor. Ce phénomène dont l'origine peut être lié à un positionnement incorrect des paliers lors de l'assemblage, à un défaut de roulement (usure), à un défaut de charge, ou à un défaut de fabrication (usinage). Trois cas d'excentricité, sont généralement distingués :

L'excentricité statique, le rotor est déplacé du centre de l'alésage stator mais tourne toujours autour de son axe.

L'excentricité dynamique, le rotor est positionné au centre de l'alésage mais, ne tourne plus autour de son axe. L'excentricité qu'on pourrait qualifier de 'mixte', associant les deux cas précédemment cités

III.2.7. Défaillances des circuits électriques statorique

Les défauts qui sont les plus récurrents, localisés au niveau du stator, peuvent être définis comme suit:

- Défaut d'isolant.
- Court-circuit entre spires.
- Court-circuit entre phases.

III.2.8. Défauts d'isolant dans un enroulement

La dégradation des isolants dans les enroulements peut provoquer des courts-circuits. En effet, les différents panes (Joule, fer, mécanique,) engendrent des phénomènes thermiques se traduisant par une augmentation de la température des différents constituants du moteur. Or les matériaux d'isolation ont une limite de température, de tension et de mécanique. De ce fait, si l'environnement de travail d'un matériau d'isolation dépasse une de ces limites, ce matériau se dégrade de manière prématurée ou accélérée, puis finit par ne plus assurer sa fonction.

Dans ce cas, un court-circuit peut apparaître dans l'enroulement concerné Les différentes causes pour ce type de défaut sont :

Dégradation de l'isolant à la fabrication.

Tension de l'enroulement supérieure à la limite du matériau d'isolation.

Courant important dans l'enroulement dû à un court-circuit, un défaut du convertisseur, une surcharge. Ceci entraîne une élévation de la température dégradant prématurément le matériau d'isolation.

Vibrations mécaniques. Vieillesse naturelle des isolants. Tous les matériaux isolants ont une durée de vie limitée. Même dans une utilisation 'normale', l'isolant finit naturellement par se dégrader le fonctionnement dans un environnement sévère.

III.2.9. Court-circuit entre spires

Un court-circuit entre spires de la même phase est un défaut assez fréquent. Cette défaillance a pour origine un ou plusieurs Défauts d'isolant dans l'enroulement concerné. Il entraîne une augmentation des courants statoriques dans la phase affectée, une légère variation de l'amplitude sur les autres phases, modifie le facteur de puissance et amplifie les courants dans le circuit rotorique. Ceci a pour conséquence une augmentation de la température au niveau du bobinage et, de ce fait, une dégradation accélérée des isolants, pouvant provoquer ainsi, un défaut en chaîne (apparition d'un 2^{ème} court-circuit). Par contre, le couple électromagnétique moyen délivré par la machine reste sensiblement identique hormis une augmentation des oscillations proportionnelle au défaut.

III.2.10. Court-circuit entre phases

Ce type de défaillance peut arriver en tout point du bobinage, cependant les répercussions ne seront pas les mêmes selon la localisation. Cette caractéristique rend difficile une analyse de l'incidence de ce défaut sur le système. L'apparition d'un court-circuit proche de l'alimentation entre phases, induirait des courants très élevés qui conduiraient à la fusion des conducteurs d'alimentation et/ou à la disjonction par les protections.

D'autre part, un court-circuit proche du neutre entre deux phases engendre un déséquilibre sans provoquer la fusion des conducteurs. Les courants statoriques sont totalement déséquilibrés et ce déséquilibre est proportionnel au défaut qui apparaît. Les courants dans les barres ainsi que dans les anneaux sont augmentés lors de l'apparition de ce défaut. La détection de ce type de défaut peut reposer sur le déséquilibre des courants de phases.

III.3. Cause des défauts

La figure présente les phénomènes à l'origine des défauts dans la machine ; la Principale source de défauts provient de la mécanique ; la deuxième cause de défauts est la Surchauffe du moteur qui accentue le vieillissement des composants ; la troisième cause de Défauts références est le claquage d'isolants conduisant à des courts-circuits.

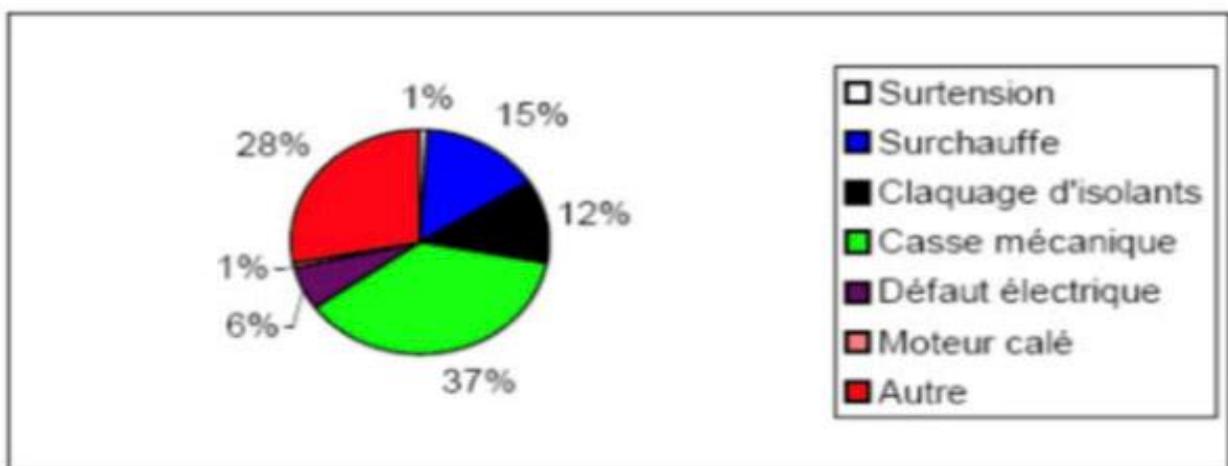


Figure III-3 les phénomènes à l'origine des défauts dans la machine

III.4. Modes de défaillances

Effet par lequel une défaillance se manifeste, on distingue :

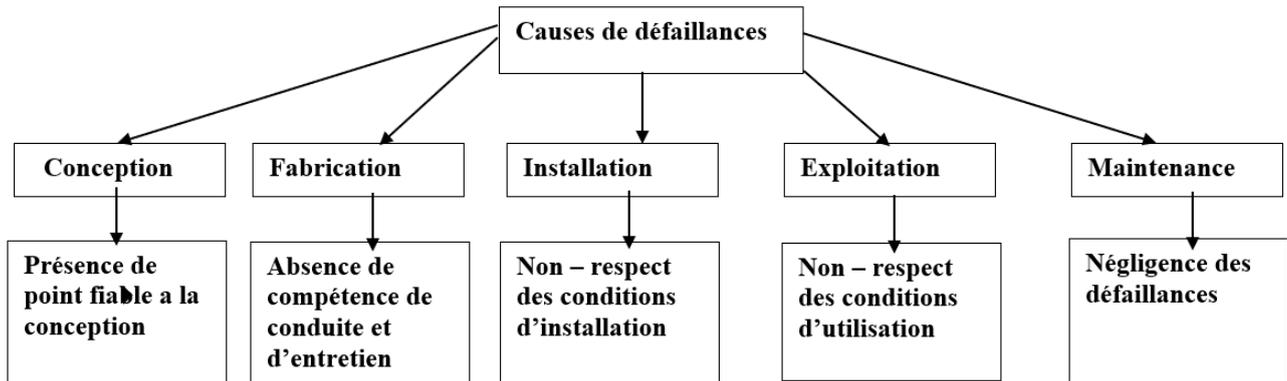


Figure III-4 Organigramme des causes des défaillances

III.4.1. Panne :

Etat d'un bien inapte à accomplir une fonction requise, excluant l'inaptitude due à la maintenance préventive ou à d'autres actions programmées ou à la durée d'utilisation.

III.4.2. Dégradation

Evolution irréversible des caractéristiques d'un bien liée au temps ou à la durée d'utilisation. Une dégradation peut conduire à la défaillance.

III.4.3. Etat dégradé

Etat d'un bien par lequel ce bien continue à accomplir une fonction avec des performances inférieures aux valeurs nominales ou continue à accomplir une partie seulement de ces fonctions requises. Implique automatiquement perte de performances.

III.4.4. Défaut

La non-conformité dans les relations de cause à effet d'un processus est indiquée lorsque le système est en état de défaut, de dégradation ou de panne, si les relations causales entre les variables du système ont été modifiées.

III.5. Outils et matériels pour la recherche des pannes

Le tableau suivant présente les principaux outils et matériels pour la recherche des pannes dans une machine asynchrone.

Outil ou matériel	Application
Indicateur de tension (magnétique)	<ul style="list-style-type: none"> Instrument portatif et robuste pour mesurer les tensions jusqu'à 600 volts

CHAPITRE III : LES DEFERENTS DEFAUTS DE LA MACHINE ASYNCHRONE

Multimètre	<ul style="list-style-type: none"> • Instrument portatif et robuste pour mesurer les tensions, des courants et des résistances
Fils isolé avec pinces crocodiles	<ul style="list-style-type: none"> • Employés pour contourner des composants sur un circuit ; mise à la masse temporaire, rallonge de multimètre
Schémas électrique	<ul style="list-style-type: none"> • Facilitent la compréhension du fonctionnement ; emplacement des composants ; essentiels pour une recherche des panne
Tableaux de recherche des pannes et dossiers d'entretien	<ul style="list-style-type: none"> • Servent de guide et donnent des renseignements précieux pour faciliter la recherche des pannes
Instrument pour essais d'isolement	<ul style="list-style-type: none"> • Employé pour faire les essais de la résistance d'isolement ; détecte les chemins de résistance insuffisantes
Tachymètre	<ul style="list-style-type: none"> • Mesure la vitesse de la machine tournantes
Autotransformateur variable	<ul style="list-style-type: none"> • Permet de de faire des essais sur les circuits à tension réduite
Détecteur de masse	<ul style="list-style-type: none"> • Indique et localise les masses sur les circuits
Indicateur de séquence de phase	<ul style="list-style-type: none"> • Détermine la séquence de phase sur les circuits polyphasés
Ampèremètre a pince	<ul style="list-style-type: none"> • Instrument portatif et robuste et pour mesure les courants facilement sur les courants
Transformateurs de tension et d'intensité shunts pour instrument	<ul style="list-style-type: none"> • Augment la plage utile des instruments pour permettre de lire des tensions et des courants de valeur élevée
Analyseurs de dispositifs de protection	<ul style="list-style-type: none"> • Permettent d'effectuer de façon simple divers essais sur les dispositifs de protection

CHAPITRE III : LES DEFERENTS DEFAUTS DE LA MACHINE ASYNCHRONE

Pont portatif pour les résistances et capacités	<ul style="list-style-type: none"> • Permet de faire des lectures précises sur les résistances et les condensateurs
---	--

Tableau III-1 Outils et matériels pour la recherche des pannes

Le tableau suivant présente quelques pannes ainsi que leurs causes possibles :

Difficulté	Cause possible
Le moteur chauffe anormalement ou même fume	<ul style="list-style-type: none"> • Surcharge • Charge électrique déséquilibre • Tension et fréquence incorrectes • Moteur bloqué par la machine entraînée ou par un palier coincé • Enroulement du stator court-circuité ou à la masse • Enroulement du stator avec connexions lâches • Courroie trop serrée • Moteur employé pour inversions rapides
Paliers chauds	<ul style="list-style-type: none"> • Flasques desserrés ou montés incorrectement • Tension de courroie excessive ou effort excessif des engrenages • Arbre faussé
Légers ronflements et parfois tendance au décollage	<ul style="list-style-type: none"> • Circuit du rotor ouvert : (rotor à cage : barres dessoudées) (Rotor bobiné défectueux : vérifier la tension)
Bruit mécanique	<ul style="list-style-type: none"> • Roulement défectueux • Accouplement défectueux • Mauvais alignement
Paliers lisses	<ul style="list-style-type: none"> • Manque d'huile • Corps étranger dans l'huile, ou huile de mauvaise qualité • Bague a huile tournant lentement ou pas du tout • Moteur trop incliné • Coquille faussées ou endommagées au remontage • Coquille ou douille hors de sa rainure • Palier défectueux ou arbre rugueux

CHAPITRE III : LES DEFERENTS DEFAUTS DE LA MACHINE ASYNCHRONE

Ronflement de moteur	<ul style="list-style-type: none"> • Tension aux bornes anormales • Couplage des barrettes à la plaque a bornes défectueuses • Mauvais contacts aux barrettes • Bobinage du stator défectueux
Fort ronflement	<ul style="list-style-type: none"> • Tension aux bornes (le moteur est alimenté en monophasé) • Couplage des barrettes a la plaque à bornes mauvaises • Sortie interrupteur • Mauvais contact aux barrettes
Le moteur décolle et tient ½ sa vitesse	<ul style="list-style-type: none"> • Coupure d'une phase dans le rotor (moteur à bagues)
Moteur décolle	<ul style="list-style-type: none"> • Erreur de branchement • Defaut d'accouplement • Frottement d'une pièce en mouvement • Defaut des roulements et de la ventilation • Masse ou court-circuit
Roulements à biles	<ul style="list-style-type: none"> • Trop de graisse • Type de graisse incorrect • Manque de graisse • Corps étrangers dans la graisse
Stator : Court-circuit entre spires d'une même phase Court-circuit entre phases Court-circuit entre phases et la masse	<ul style="list-style-type: none"> • Defaut de l'isolation • Détérioration lente de l'isolation par vibrations. • Defaut de l'isolation • Vibrations • Déplacements des barres dans des encoches • Ouverture accidentelle sur une phase d'un appareil de coupure du circuit
Rotor : Une seule masse sue le circuit Deux masses sur le circuit Coupure du circuit	<ul style="list-style-type: none"> • Détérioration de l'isolation • Rupture d'un conducteur • Rupture sur le circuit

Tableau III-2 Recherche approfondie des pannes au niveau du moteur asynchrone

III.6. Conclusion

En conclusion, il est essentiel de reconnaître que malgré ses avantages indéniables, le moteur asynchrone peut être sujette à divers défauts, allant des problèmes mécaniques aux dysfonctionnements électriques. Dans ce chapitre, nous avons traité les différents défauts de ce moteur, en les catégorisant en défauts internes et externes. Tout en considérons les défaillances de nature électriques et ceux mécaniques les plus courantes. De plus, nous avons examiné les différentes causes possibles. Le chapitre aborde également les outils et techniques utilisés pour détecter et diagnostiquer ces défaillances.

CHAPITRE.IV.
Algorithmes de détection des défauts

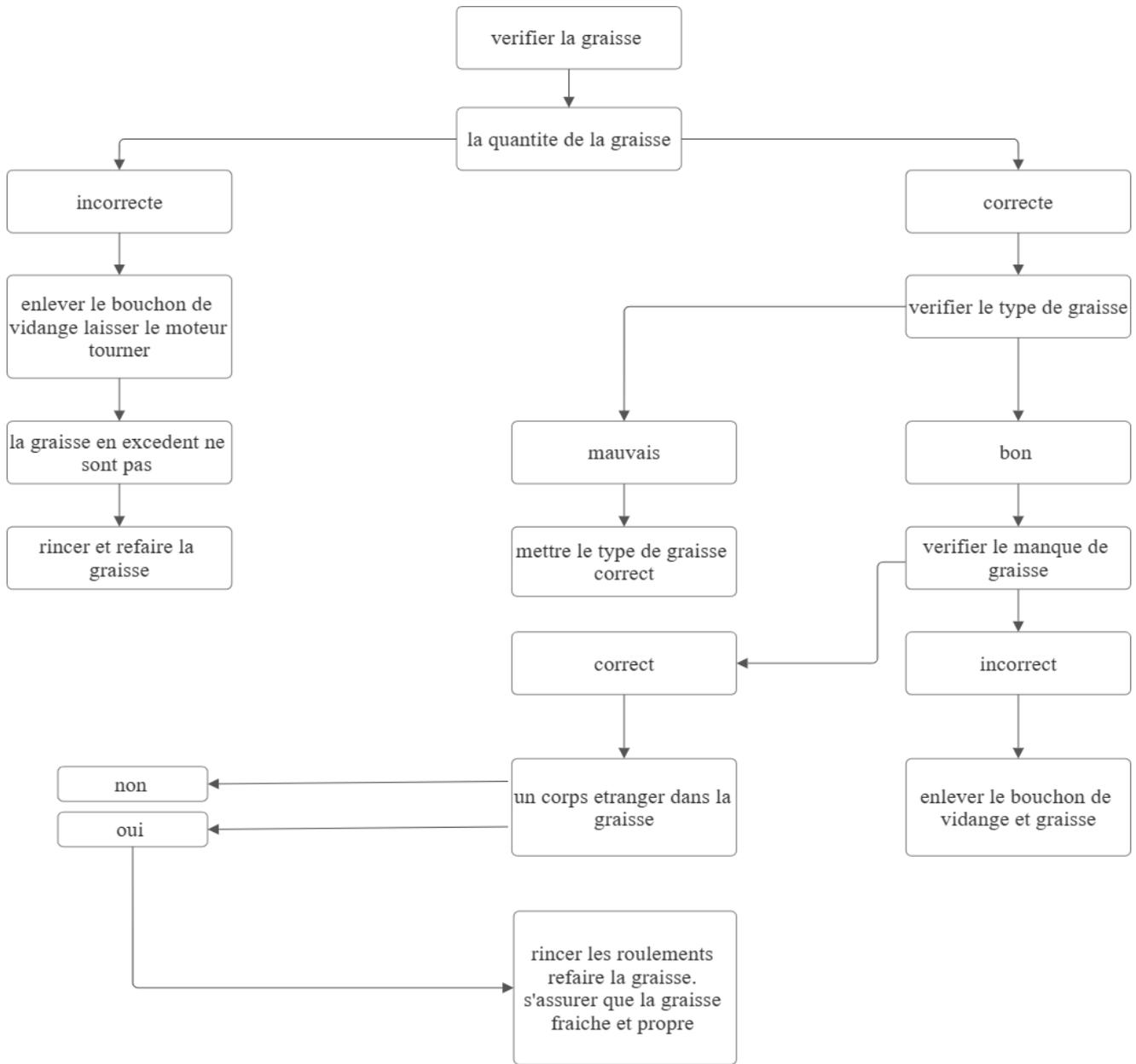
IV.1.Introduction

Afin de faciliter la tâche de l'agent operateur, et vu la complexité du problème de la recherche des pannes. Nous allons considérer sauf le cas du moteur désaccouplé ci-dessous l'ensemble des algorithmes développés traitent les cas possibles suivant :

- Le moteur chauffe anormalement ou même fume
- Paliers chauds
- Paliers lisses
- Roulement à billes
- Bruit mécanique
- Légers ronflements et parfois tendance au décollage
- Forts ronflements et parfois tendance au décollage (Forts ronflements, aucun ronflements)
- Le moteur décolle et atteint sa $\frac{1}{2}$ vitesse
- Le moteur décolle

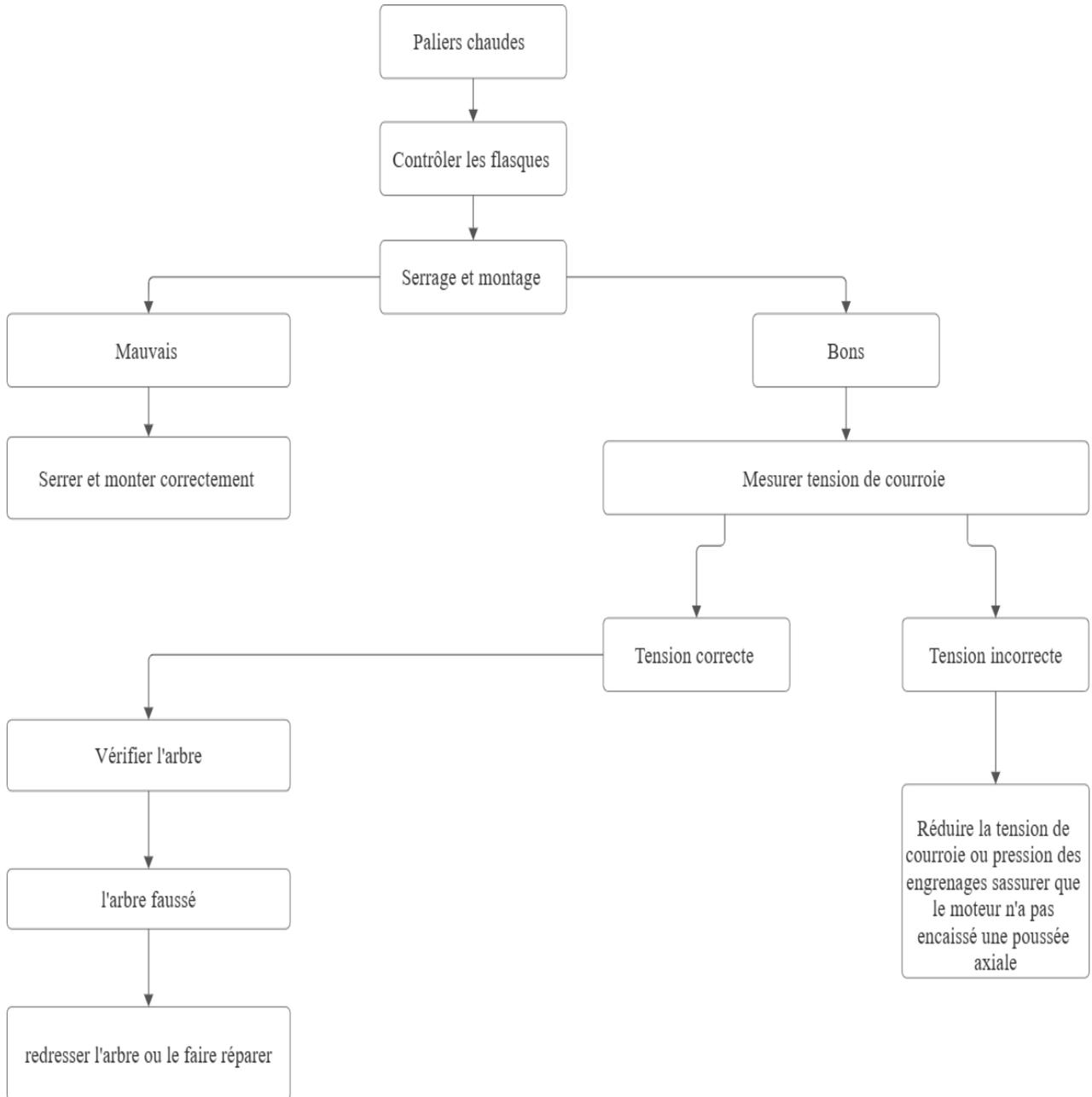
IV.2.Organigramme 1

Recherche de la panne au niveau des roulements



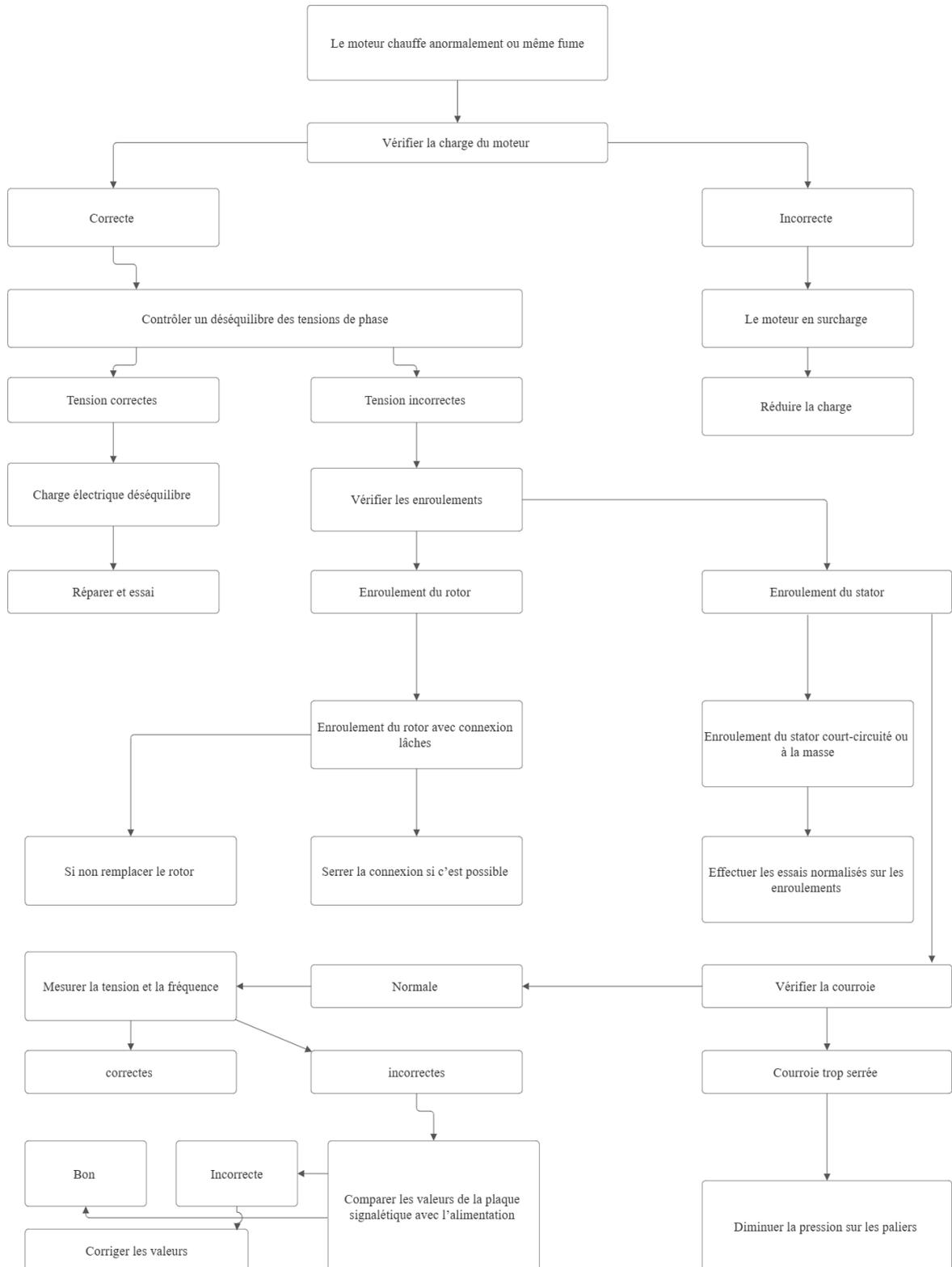
IV.3.Organigramme 2

Recherche de la panne lorsque les paliers chauds



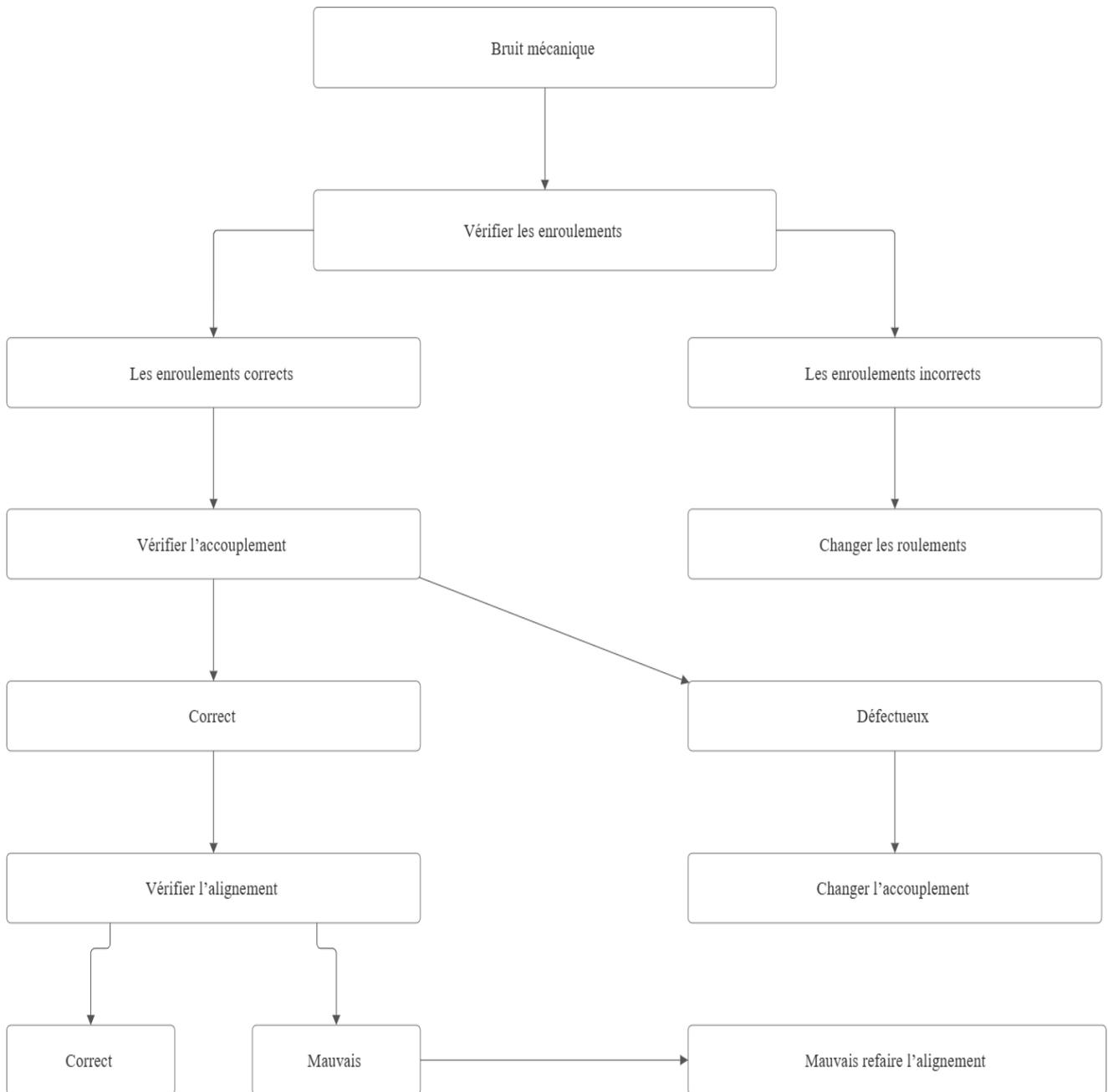
IV.4. Organigramme 3

Recherche de la panne en cas d'échauffement anormalement ou même fume



IV.5.Organigramme 4

Recherche de la panne encas d'un bruit mécanique au niveau de la machine



IV.6. Organigramme 5

Légers ronflements et parfois tendance au décollage



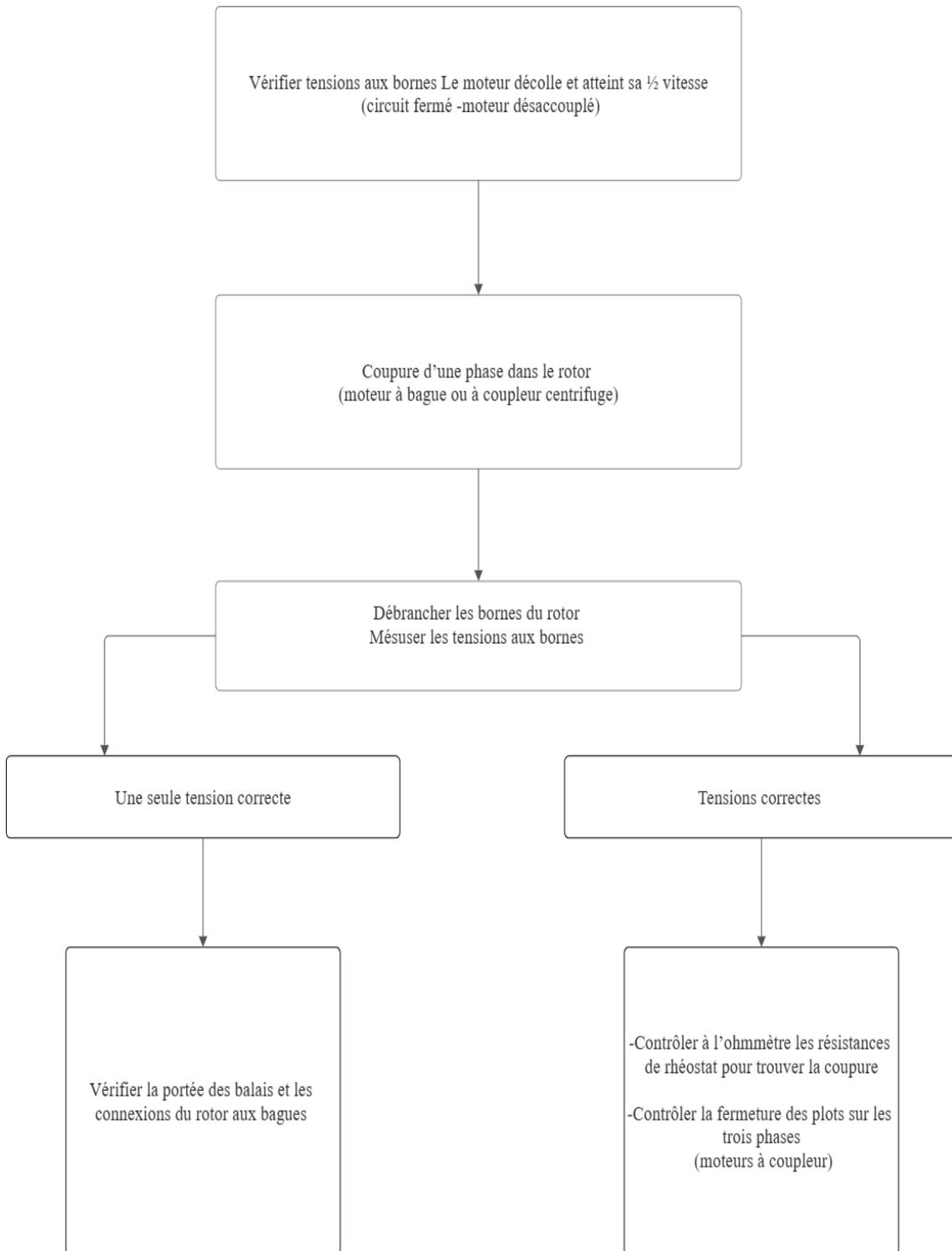
IV.7. Organigramme 6

Forts ronflements et parfois tendance au décollage



IV.8. Organigramme 7

Recherche de la panne lorsque le moteur décolle et atteint sa 1/2 vitesse.



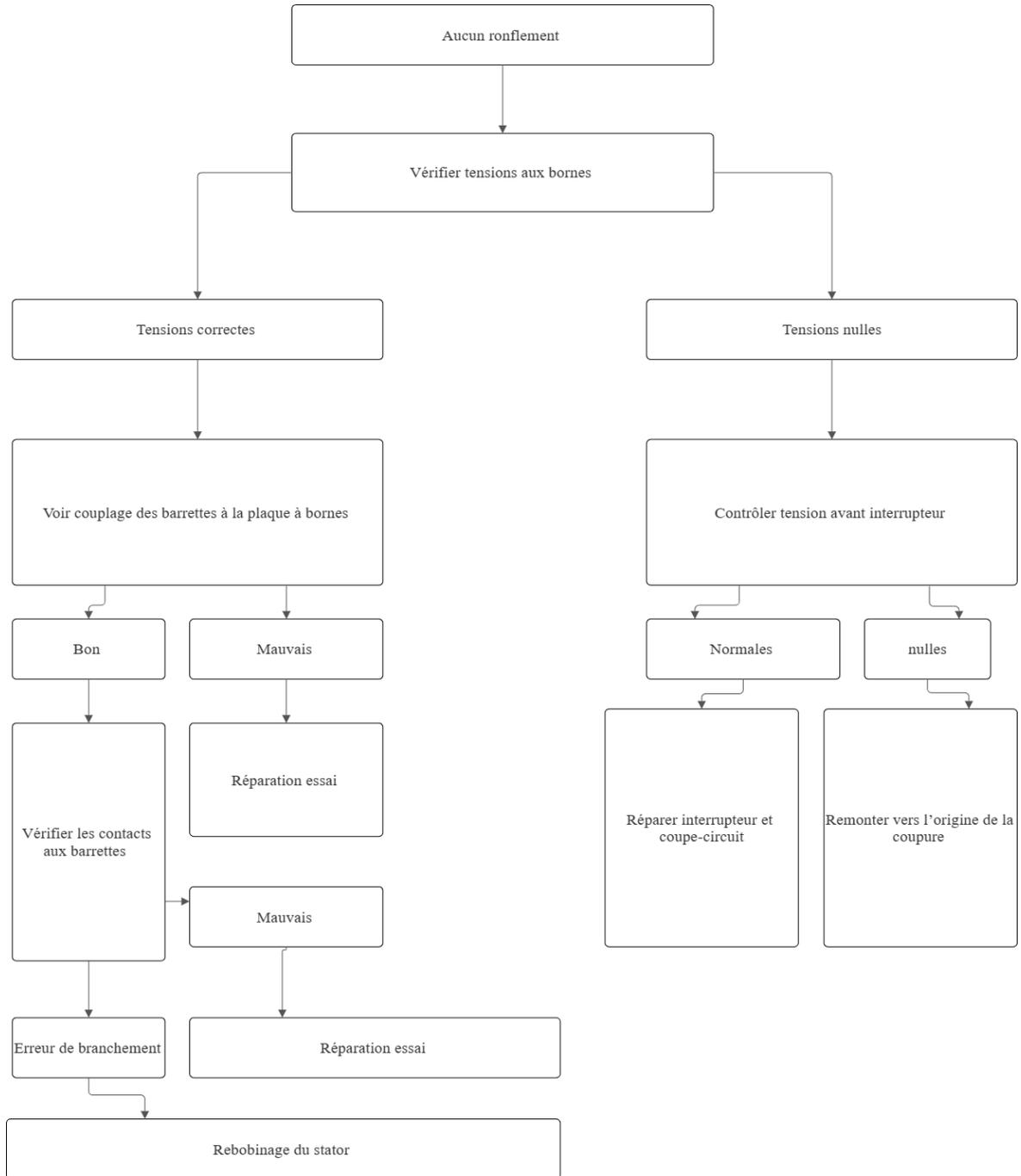
IV.9. Organigramme 8

Recherche de la panne lorsque le moteur décolle



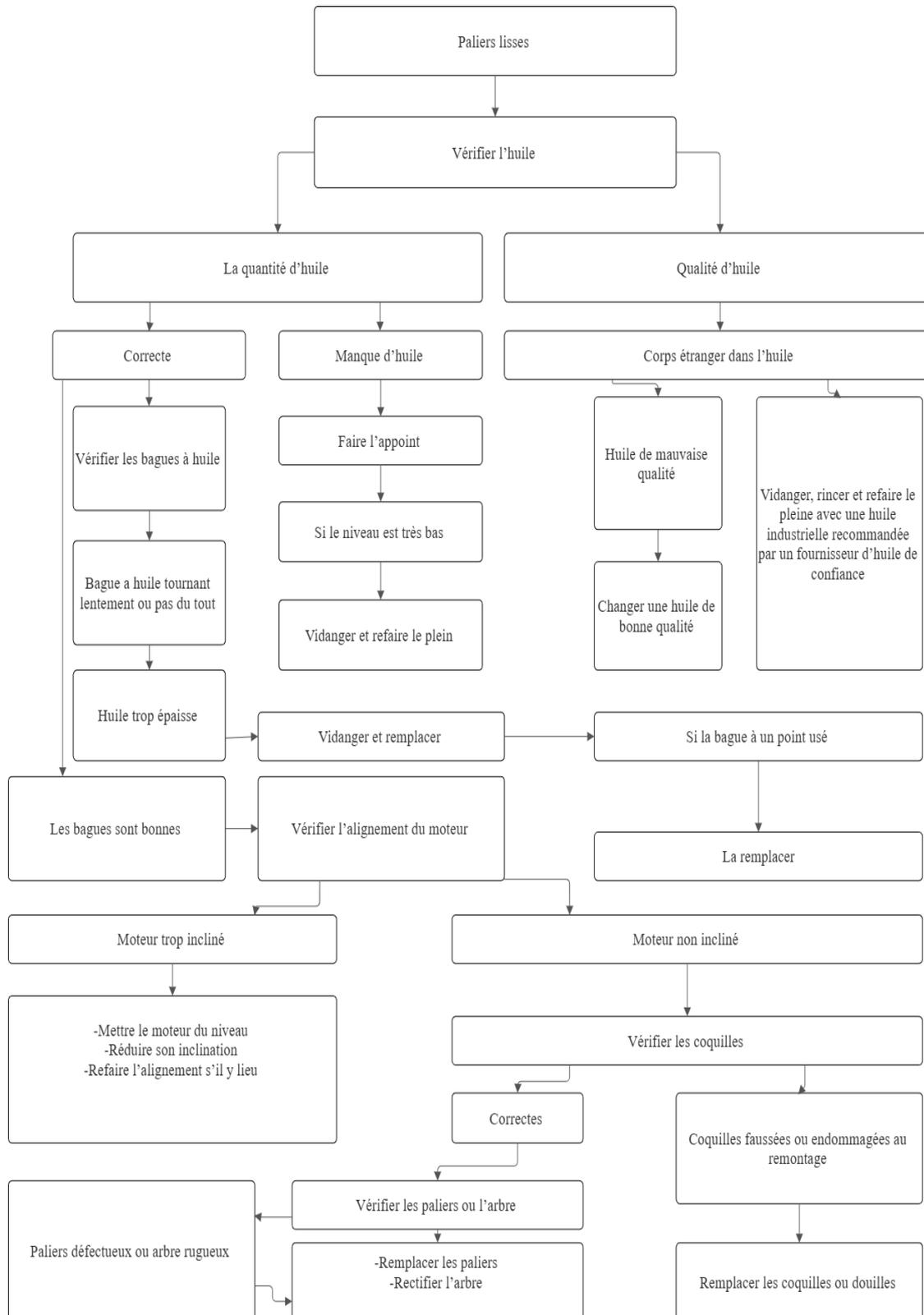
IV.10. Organigramme 9

Ronflement de moteur (aucun ronflement)



IV.11. Organigramme 10

Recherche de la panne en cas des paliers lisse



Conclusion Générale

CONCLUSION GENERALE

Le diagnostic des défauts est une partie intégrante de la maintenance industrielle. Sachant que cette dernière est utilisée dans divers domaines et secteurs d'activité telle que l'industrie, recherche et développement, d'où l'intérêt grandissant porté à ce sujet.

Le moteur asynchrone triphasé était l'élément le plus utilisé et l'un des plus répondu dans les systèmes électriques, sa surveillance et sa maintenance ont fait et font toujours l'objet de plusieurs études.

Au début de notre travail, nous avons présenté la raffinerie d'Alger où j'ai effectué mon stage de fin d'étude. Après, nous avons donné quelques rappels théoriques sur le moteur asynchrone. Puis, nous avons présenté les différents défauts qui peuvent apparaître lors du fonctionnement d'un moteur asynchrone avec leurs causes et leurs conséquences.

Ensuite nous avons essayé d'énumérer un ensemble de défauts pouvant affecter le bon fonctionnement du Moteur asynchrone. Enfin nous terminons par le développement d'une approche basé sur un ensemble de d'algorithme permettant à l'opérateur la détection et le diagnostic des défauts d'origine électriques et mécanique.

En conclusion, grâce au travail réalisé, nous avons conclu que l'utilisation de l'approche de détection des défauts du Moteur asynchrone par une approche algorithmique est essentielle pour les industrielles afin d'assurer une meilleure disponibilité de celui-ci et par conséquent une meilleure fiabilité du process industriel dans sa globalité.

Références Bibliographiques

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Document de Sonatrach.
- [2] « Machines électriques : Principes, construction et fonctionnement ». Dunod. Smékal, A. (2016).
- [3] « Machines électriques tournantes ». Séguier, J & Notelet, F. (2007).
- [4] « Failure identification and analysis for high voltage induction motors in the Pétrochemical industry, IEEE Transactions on industry application ». O.V. thorsen, Dalva. August 2021.
- [5] Cours en ligne « Électrotechnique Industrielle » de l'Université de Technologie de Compiègne, plus précisément de la section "Moteurs asynchrones triphasés" mise à jour en août 2023.
- [6] Thèse de doctorat intitulée par : « Surveillance et diagnostic des machines synchrones a aiment permanents ». M. Khov, Université de Toulouse, France ,2009.
- [7] Article « The Rôle of Electric Motors in the Mining Industry » de ABB (2017).
- [8] Article « Electric Motors in the Oil & Gas Industry » de Siemens (2014).
- [9] « Electric Machinery Fundamentals ». Stephen Chapman, 2011.
- [10] « Electric Machines and Drives ». Ned Mohan, 2011.
- [11] « Machines électriques - 7e édition ». Jean Rémy Roux, 2007.
- [12] « Machines électriques tournantes - Tome 1 ». Jean Sabonnadière et Jean-Claude Alonso, publié aux éditions Hermès en 2000.
- [13] « Commande et protection des moteurs électriques » publié par Schneider Electric, dans sa collection "Cahiers techniques", plus précisément le cahier technique n°194 paru en 2002.
- [14] « Machines électriques ». Jean Rémy Roux, 2007.
- [15] « Commande et protection des moteurs électriques », publié par Schneider Electric, dans sa collection "Cahiers techniques", plus

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

précisément le cahier technique n°194 paru en 2002.

[16] « Diagnostic et surveillance des machines asynchrones ». A. Bellini, F. Filippetti, G. Franceschini et C. Tassoni, publié dans le IEEE Transactions on Industrial Electronics en 2008.