

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT : ELECTRONIQUE
N° : 01



FILIERE : ELECTRONIQUE
OPTION : INSTRUMENTATION

Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique

Par : Bouhamla Moustafa
Barkati Badreeddine

Intitulé

DIAGNOSTIC D'UN FILTRE ACTIF SÉRIE

Soutenu devant le jury composé de:

| | | | |
|-----------------|------------|--------|------------|
| | Université | M'sila | Président |
| TABBAKH MOSTEFA | Université | M'sila | Rapporteur |
| | Université | M'sila | Examineur |

Année universitaire : 2020 /2021

Résumé

Les filtres actifs série sont utilisés pour filtrer et améliorer la qualité de l'énergie électrique. Le contrôle est une tâche très basique et complexe. Cette complexité est due aux différentes perturbations que peut rencontrer le réseau électrique (fluctuation, sous-tension ou surtension, perturbations harmoniques). Les filtres actifs séquentiels se composent de deux parties; Une partie contrôle principalement liée aux algorithmes et aux technologies de traitement du signal et une partie puissance principalement constituée de semi-conducteurs. Cette dernière partie constitue le point principal de notre étude, en effet, les semi-conducteurs sont les éléments les plus sensibles et peuvent être défectueux très rapidement. Où nous menons une étude bibliographique de diverses techniques de diagnostic et de simulations dans le cadre de SIMULINK / MATLAB qui est une technologie de diagnostic intelligente pour détecter un dysfonctionnement de type circuit ouvert.

Mots clés : Diagnostic, défaut circuit ouvert, filtre actif série. Intelligence artificielle.

Abstract

The series active filters are used to filter and improve the quality of electrical energy. Controlling them is a very basic and complex task. This complexity is due to the various disturbances that the electrical network may encounter (fluctuation, undervoltage or overvoltage, harmonic disturbances). Sequential active filters consist of two parts; A control part mainly related to algorithms and signal processing technologies and a power part mainly made up of semiconductors. This last part constitutes the main point of our study, in fact, semiconductors are the most sensitive elements and can be defective very quickly. Where we are conducting a bibliographic study of various diagnostic and simulation techniques within the framework of SIMULINK / MATLAB which is an intelligent diagnostic technology for detecting open circuit type dysfunction.

Key words: Diagnosis, open circuit fault, active series filter. Artificial intelligence.

ملخص

تستخدم الفلاتر النشطة المتسلسلة لتصفية وتحسين جودة الطاقة الكهربائية. السيطرة عليهم مهمة أساسية ومعقدة للغاية. يرجع هذا التعقيد إلى الاضطرابات المختلفة التي قد تواجهها الشبكة الكهربائية (التذبذب، أو انخفاض الجهد أو الجهد الزائد، أو الاضطرابات التوافقية). تتكون المرشحات النشطة المتتابعة من جزأين؛ جزء تحكم يتعلق بشكل أساسي بالخوارزميات وتقنيات معالجة الإشارات وجزء طاقة يتكون أساساً من أشباه الموصلات. يشكل هذا الجزء الأخير النقطة الرئيسية لدراستنا، في الواقع، تعتبر أشباه الموصلات هي العناصر الأكثر حساسية في إطار SIMULINK / MATLAB ويمكن أن تكون معيبة بسرعة كبيرة. حيث تجري دراسة بيليوغرافية لمختلف تقنيات التشخيص والمحاكاة في إطار وهي تقنية تشخيصية ذكية للكشف عن الخلل الوظيفي من نوع الدائرة المفتوحة

الكلمات المفتاحية: التشخيص، خطأ الدائرة المفتوحة، مرشح السلسلة النشطة. ذكاء إصطناعي

Remerciement

*Ce mémoire a pu le jour grâce à l'aide de nombreuses personnes à qui
on tien à adresser nos reconnaissance et nos remerciements.*

*En premier lieu, on tien à remercier Dieu le tout puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'il
nous a données durant toutes ces années d'études*

*En suit on adresse nous vifs et sincères remerciements à notre encadreur, Dr TABAKH
MOUSTAFA à l'université de M'sila, pour sa patience, le sujet de ce mémoire, son enseignement, sa
disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter notre réflexion.*

*On tient à remercier sincèrement les membres jury qui nous font le grand honneur d'évaluer ce
travail.*

Ainsi que tous nos professeurs qui nous ont enseigné durant nos études à la faculté de technologie.

Et nous exprimons également tous le bonheur du monde à nos collègues de promotion 2020/2021.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dédicaces

Je dédie ce travail :

- + A mon cher père et ma chère mère.*
- + A mes chers frères et sœurs.*
- + A toute ma famille.*
- + A tous ceux qui ont sacrifié leur temps pour la science et à tous ceux qui utilisent la science pour le bien et la prospérité de l'humanité.*

MOUSTAFA

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dédicaces

Je dédie ce travail :

- ✚ A mon cher père et ma chère mère.*
- ✚ A mes chers frères et sœurs.*
- ✚ A toute ma famille.*
- ✚ A tous ceux qui ont sacrifié leur temps pour la science et à tous ceux qui utilisent la science pour le bien et la prospérité de l'humanité.*

Badreeddine

Table des matières

| | |
|-------------------------------|----|
| Liste des figures | IV |
| Liste des tableaux :..... | V |
| Liste des abréviations :..... | VI |
| Introduction générale :..... | 1 |

chapitre I

| | |
|--|-----------|
| I.1.INTRODUCTION | 3 |
| I.2. La définition et objectif du diagnostic : | 3 |
| I.2.1.Définition : | 3 |
| I.2.2. Objectif du diagnostic : | 3 |
| I.2.3 Terminologies et concepts | 3 |
| I.3 Différents types de défauts..... | 4 |
| I.4 Les différentes étapes de diagnostic..... | 5 |
| I.4.1 La détection | 5 |
| I.5. Présentation des méthodes de diagnostic | 6 |
| I.6. Méthodes de diagnostic | 6 |
| I.6.1 Méthodes sans modèles..... | 8 |
| I.6.1.1. Diagnostic par outils statistiques : | 8 |
| I.6.1.2. Diagnostic par outils symboliques : | 8 |
| I.6.2. Méthodes de diagnostic avec modèle : | 11 |
| I.6.2.1.Méthodes de diagnostic par modélisation fonctionnelle et matérielle : | 12 |
| I.6.2.2. Méthodes de diagnostic par modélisation physique : | 12 |
| I.7.Conclusion :..... | 14 |

chapitre II

| | |
|--|-----------|
| II.1. introduction | 15 |
| II.2. Filtrage passif et actif | 15 |
| II.2.1. Filtrage passif : | 15 |
| II.2.2 le filtrage actif :..... | 16 |
| II.2.2.1Principe de fonctionnement du filtre actif..... | 17 |
| II. 3. Définition de l'onduleur : | 17 |
| I.4. Classification des onduleurs | 18 |
| II.4.1. Onduleur autonome | 18 |
| II.4.2 Onduleur non autonome..... | 18 |
| II.5.Les différents types d'onduleur(deux niveaux)..... | 18 |
| II.5.1. Onduleur autonome : | 18 |

| | |
|--|----|
| II.5.1.1.Onduleur de courant : | 18 |
| II.5.1.2.Onduleur de tension : | 19 |
| II.5.2. Onduleur non autonome : | 19 |
| II.6. Les applications des onduleurs : | 19 |
| II.6.1.Applications : | 19 |
| II.6.1.1.Réglage de la vitesse de rotation d'un moteur synchrone : | 19 |
| II.6.1.2..Alimentation de secours : | 20 |
| II.6.1.3.Transfert d'énergie entre deux réseaux de fréquences différentes : | 20 |
| II.7.Types d'onduleurs autonomes de tension: | 21 |
| II.7.1 Les onduleurs monophasés : | 21 |
| II.7.2 Les onduleurs triphasés : | 22 |
| II.8. Principe de fonctionnement de l'onduleur triphasé : | 23 |
| II.9. Les onduleurs multi niveaux : | 24 |
| II.10. Onduleur de tension à deux niveaux | 24 |
| II.10.1. Structure générale | 24 |
| II.10.2. Stratégie de commande de l'onduleur à deux niveaux | 24 |
| II.11.Présentation la défaillance d'un exemple d'interrupteur statique l'IGBT sur un convertisseur de puissance: | 25 |
| II.11.1. Court-circuit : | 25 |
| II.11.2.Circuit ouvert : | 25 |
| II.11.3. Vieillessement : | 26 |
| II.12.Nouvelles solutions de dépollution: | 26 |
| II.12.1 Filtres actifs : | 26 |
| II.12.2. Filtre actif parallèle : | 27 |
| II.12.3. Filtre actif série : | 27 |
| II.12.4. Filtre actif hybride : | 28 |
| II.12.5 .Combinaison de filtres actifs parallèles et séries (UPQC). | 29 |
| II.13.Comparaison des différents filtrages | 30 |
| Conclusion | 31 |

chapitre III

| | |
|---|----|
| III.1.Introduction : | 32 |
| III.2.Filtre actif série | 32 |
| III.3.Méthodes d'identification des signaux | 34 |
| III.3.1.méthodes des puissances active et réactive instantanée pq | 34 |
| III.3.2.Méthode des puissances instantanées | 37 |

| | |
|--|-----------|
| III.4 Commande des filtres actifs de puissance | 40 |
| III.4.1. Commande a modulation de largeur d'impulsion (MLI) : | 40 |
| III.4.1. 1. Principe de base de MLI : | 40 |
| III.4.1. 2. Caractéristiques de la modulation : | 41 |
| III.4.2.1. Le Principe de MLI vectorielle (Space Vector Modulation S.V.M):..... | 42 |
| III.4.3.La modulation vectorielle(SVPWM) : | 43 |
| III.4.3.1. Le principe de la modulation vectorielle(SVPWM) :..... | 43 |
| III.5. Partie sumilank..... | 44 |
| III.5. Conclusion..... | 44 |

[chapitre IV](#)

| | |
|---|-----------|
| IV.1.Introduction : | 46 |
| IV.2.Partie de simulation: | 46 |
| IV.2.1.Etat sain | 46 |
| IV.2.2.1^{er} cas : T1 de circuit ouvert | 47 |
| IV.2.3.2^{ème} cas T2 circuits ouvertes : | 47 |
| IV.2.4.3^{ème} cas T3 circuits ouvertes : | 48 |
| IV.2.5.4^{ème} cas T4 circuits ouvertes : | 48 |
| IV.2.6. 5^{ème} cas T5 circuits ouvertes : | 49 |
| IV.2.7.6^{ème} cas T6 circuits ouvertes : | 49 |
| IV.10.Caractéristique du RNA | 50 |
| Conclusion | 53 |
| CONCLUSION GENERALE | 54 |

TABLEAUX DES FIGURE

CHAPITRE I

| | |
|--|----|
| Figure I. 1 : Diffèrent type de défauts agissant sur un système | 5 |
| Figure I. 2 : Différentes étapes de diagnostic [2]. | 6 |
| Figure I. 3: méthode de diagnostic [3] | 7 |
| Figure I. 4: Principe de la reconnaissance des formes. | 9 |
| Figure I. 5: Structure d'un réseau neurone feed-forward..... | 10 |
| Figure I. 6: Estimation paramétrique pour la détection et le diagnostic de défauts | 13 |

CHAPITRE II

| | |
|---|----|
| Figure II. 1: Schéma de principe de l'onduleur..... | 17 |
| Figure II. 2 Réglage de la vitesse de rotation d'un moteur synchrone..... | 20 |
| Figure II. 3 Transfert de l'énergie entre deux réseaux de fréquences différentes..... | 20 |
| Figure II. 4 : Onduleur monophasé avec transformateur de sortie à point milieu..... | 21 |
| Figure II. 5: Onduleur monophasé avec diviseur capacitif. | 22 |
| Figure II. 6: Onduleur monophasé en pont | 22 |
| Figure II. 7: Onduleur de tension triphasé. | 23 |
| Figure II. 8: Filtre actif parallèle..... | 27 |
| Figure II. 9: Filtre actif série | 28 |
| Figure II. 10 : Filtre combiné actif parallèle et passif parallèle | 28 |
| Figure II. 11 : Filtre combiné actif série et passif parallèle..... | 29 |
| Figure II. 12: Combinaison parallèle-série..... | 29 |
| Figure II. 13 : Combinaison parallèle-série actifs..... | 30 |

CHAPITRE III

| | |
|---|----|
| Figure III . 1 : Schéma de principe d'un filtre actif série..... | 32 |
| Figure III . 2 : Identification des tensions perturbatrices par méthode PQ1 | 35 |
| Figure III . 3 : Identification des tensions perturbatrices par méthode PQ2 | 37 |
| Figure III . 4 : représentation de la puissance apparente. | 38 |
| Figure III . 5 : Schéma synoptique de la M.L.I..... | 41 |
| Figure III . 6 : Diagramme des 6 secteurs de la SVM..... | 42 |
| Figure III . 7 : Schema SUMILINK..... | 44 |

CHAPITRE IV

| | |
|---|----|
| Figure IV . 1 : Résultats de simulation Etat sain..... | 46 |
| Figure IV . 2 : Résultats de simulation «T1 circuit ouvert »..... | 47 |
| Figure IV . 3 : Résultats de simulation «T2 circuit ouvert »..... | 47 |
| Figure IV . 4 : Résultats de simulation «T3 circuit ouvert »..... | 48 |
| Figure IV . 5 : Résultats de simulation «T4 circuit ouvert »..... | 48 |
| Figure IV . 6 : Résultats de simulation «T5 circuit ouvert »..... | 49 |
| Figure IV . 7 : Résultats de simulation «T6 circuit ouvert »..... | 49 |
| Figure IV . 8 : réseau de neuronal (RNA)..... | 50 |
| Figure IV . 9 : Performances de training de réseau neuronal..... | 51 |

Liste des tableaux

| | |
|---|----|
| Tableau II . 1 : Comparaison des différents types de filtrage. | 31 |
| Tableau IV . 1 . Résultats de RNA..... | 52 |

ABREVIATIONS ET NOTATIONS

CEI : Commission Electrotechnique Internationale

RDF : Reconnaissance de formes

RNA : Réseaux de neurones artificiels

AMDEC : Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leurs Criticité

ADD : Arbres De Défaillances

GTO : Gate turn off

IGBT : Insulated Gate Bipolar Transistor.

MOFSET : Metal oxide Semiconductor Field Effect Transistor

DC : direct courant

AC : alternatif courant

MLI : Modulation de Largeur d'Impulsion

THD : le taux de distorsion harmonique

FAP : Filtre actif parallèle

FAS : . Filtre actif série

UPQC : Conditionneur universel d'énergie électrique.

PQ: Méthode des puissances active et réactive instantanées(PQ).

S: Puissance apparente.

D: Puissance Déformante.

P: Puissance active.

Q : Puissance réactive.

d,q: Axe direct, axe en quadrature du plan tournant synchrone (d,q)

\bar{P} : Puissance continue liée à la composante fondamentale active.

\bar{q} : Puissance continue liée à la composante fondamentale réactive.

\tilde{P} : Puissance harmonique active.

\tilde{q} : Puissance harmonique réactive.

$(V_d, V_i, V_o), (I_d, I_i, I_o)$: Les tensions et les courants symétriques.

\bar{V}_D et \bar{V}_q : : composante fondamentale (continue) de la tension dans le repère dq.

\tilde{V}_D et \tilde{V}_q : composante harmonique (alternative) de la tension dans le repère dq.

\bar{I}_D et \bar{I}_q :composante fondamentale (continue) de courant dans le repère dq.

\tilde{I}_D et \tilde{I}_q : composante harmonique (alternative) de courant dans le repère dq.

S.V.M : Space Vector Modulation

SVPWM : .La modulation vectorielle

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERAL

La qualité de l'énergie électrique est très importante pour le fonctionnement des appareils domestique, médical on industriel.

Cette qualité est très fragile et influençable par des perturbations interne ou externe à la ligne de production. il existe des perturbation en courant et en tension pouvant affecte le processus industriel voir la destruction des appareils électrique.

Afin de minimiser ou d'éliminer ces perturbations plusieurs méthode ont été proposé dans la littérature et en pratique parmi ces méthodes on peut citer les filtres actif série , le FAS sont des systèmes qui peuvent minimises on éliminer les perturbations en tension cependant la structure même du filtre peut être considéré comme sa faiblesse .

En effet, l'utilisation des semi-conducteur introduit des défaillance affectant le bon fonctionnement du filtre et ainsi de la qualité de l'énergie électrique .

Notre travail s'inscrit sous le thème du diagnostic des FAS . dans ce but on étudie la structure et le fonctionnement du FAS , ensuite le technique utilisées dans le diagnostic , on ajoute a notre travail le diagnostic automatique en introduisant la classification par méthode d'intelligence artificiel dite réseau dénuérons artificiel .

Finalement ce mémoire est diriger vers le diagnostic automatique des défauts des interrupteurs en utilisant les RNA .

Pour cela notre travail est divisé comme suite :

L'objectif de premier chapitre introductif est de rappeler les techniques les plus courantes dans le domaine de diagnostic des défauts, les différents types de défauts et les méthodes de diagnostic classiques et intelligents, ainsi que les définitions des termes souvent utilisés en diagnostic.

Dans le deuxième chapitre, nous définirons le filtre actif et ses types, et l'onduleur triphasé à deux niveaux.

Dans le troisième chapitre, nous étudions théoriquement la topologie du filtre actif série à deux niveaux et sa stratégie de commande. Nous exposons, notamment, la méthode des puissances réelles et imaginaires instantanées pour identifier les courants de référence. Enfin, les deux méthodes de commande, à hystérésis et par MLI sont évaluées et comparées aux critères d'efficacité du filtrage actif.

Dans le quatrième chapitre, nous effectuons le processus de simulation dans Matlab et examinons le résultat de l'identification des défauts .

Chapitre I : diagnostic

I.1.INTRODUCTION

L'identification des défaillances dans les processus industriels par des stratégies de diagnostic, est toujours un sujet d'actualité très important dans le domaine de l'automatique moderne. Cependant dans plusieurs travaux de recherches industrielles ont été réalisées dans ce domaine pour des finalités économiques posées par l'amélioration des performances de qualité, de disponibilité et de sûreté de Fonctionnement et de fiabilité de ces systèmes. En vue de remplir ces objectifs de qualité, de sécurité et de disponibilité des systèmes technologiques, on leur affecte des stratégies de diagnostic servant à identifier tout écart de fonctionnement par rapport au fonctionnement désiré et même dans les situations de reconfiguration de la commande de système.

Cette partie de travail sera consacrée à un état de l'art sur les techniques de diagnostic de défauts, pour les systèmes industriels, ou nous exposerons des approches à base de modèle ainsi que les différentes formes d'identification des systèmes avec des modèles analytiques. Pour ce faire, nous présenterons dans ce qui suit les concepts de certains principaux aspects de système de diagnostic, dont le but est de consulter toutes les performances en termes d'avantages et inconvénients de ces méthodes.

I.2. La définition et objectif du diagnostic :

I.2.1.Définition :

La définition du diagnostic selon la norme AFNOR et CEI stipule que : « Le diagnostic est l'identification de la cause probable de la défaillance à l'aide d'un raisonnement logique fondé sur un ensemble d'informations provenant d'une inspection, d'un contrôle ou d'un test » [1].

Cette définition résume les deux tâches essentielles du diagnostic :

- Observer les symptômes de la défaillance ;
- Identifier la cause de la défaillance à l'aide d'un raisonnement logique fondé sur les observations

I.2.2. Objectif du diagnostic :

L'objectif d'un système de diagnostic est de prévoir l'apparition d'un défaut le plus rapidement possible et le plus précisément possible. Pour pouvoir expliquer ce principe avec plus de précision, nous allons tout d'abord définir ce que nous entendons par défaut, puis nous rappellerons les fonctions du diagnostic telles que la détection, la localisation, et l'identification des défauts [2].

I.2.3 Terminologies et concepts

Définition de quelques termes utilisés dans le domaine de diagnostic :

Système "dispositif": ensemble déterminé d'éléments discrets (ou composants) interconnectés ou en interaction.

Processus: ensemble de phénomènes organisés dans le temps rapportés à un même système physique.

Une anomalie : Est une particularité non conforme à la loi naturelle ou logique .

La panne : Est l'inaptitude d'un dispositif à accomplir une fonction requise. Une panne résulte toujours d'une défaillance .

Un défaut : Est tout écart entre la caractéristique observée sur le dispositif et la caractéristique de référence lorsque celui-ci est en dehors des spécifications. Les défauts sont classifiés d'une façon similaire aux défaillances.

Une défaillance : Est l'altération ou la cessation de l'aptitude d'un ensemble à accomplir sa ou ses fonctions requises avec les performances définies dans les spécifications techniques.

Une perturbation : Consiste en tout phénomène conçu comme normal influençant un processus, non ou mal, représenté par un modèle de référence

Un résidu : Est un signal conçu pour être un indicateur d'anomalies fonctionnelles ou comportementales, nul en absence de défauts et non nul en leur présence.

Un symptôme : Est caractère distinctif d'un état fonctionnel ou comportemental anormal.

La surveillance : Est une tâche continue, réalisée en temps réel, qui permet de déterminer l'état d'un système physique, elle consiste en l'enregistrement des informations ainsi qu'en la reconnaissance et l'indication des anomalies du comportement.

La sensibilité : Représente la capacité d'un système de diagnostic à générer des résidus sensibles aux défauts à détecter.

Aucune entrée de table des matières n'a été trouvée.

La supervision : Est la surveillance d'un système physique et la prise de décision appropriée en vue de maintenir son opération lors de l'apparition de défauts [3].

I.3 Différents types de défauts

Un défaut correspond à une déviation du comportement normal du système, de son unité de commande ou de son système d'instrumentation. Les défauts peuvent être aléatoires ou progressifs, dans le cas du vieillissement ou de l'usure .

Les défauts apparaissent à différents endroits du système. Une classification pertinente des défauts peut être basée sur la nature du composant affecté. Nous distinguerons donc, les défauts d'actionneurs, de celles liées aux capteurs et celles du système de commande figure I.1. [2].

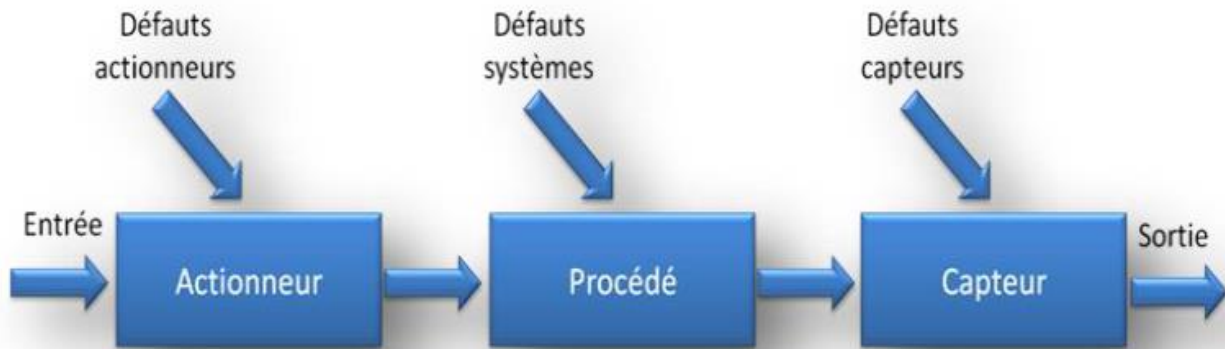


Figure I. 1 : Différent type de défauts agissant sur un système

- **Défauts actionneurs** : modélisés en général comme des signaux additifs aux signaux d'entrée, ils agissent au niveau de la partie opérative et détériore ainsi le signal d'entrée du système. [4].
- **Défauts systèmes** : modélisés en général comme des dynamiques additionnelles avec une matrice de distribution, ils s'identifient par la modification des caractéristiques du système. [4].
- **Défauts capteur** : modélisés en général par des signaux additifs aux signaux de sortie, ils fournissent une mauvaise image de l'état physique du système [4].

I.4 Les différentes étapes de diagnostic

Le terme diagnostic correspond à la caractérisation du défaut, pour effectuer ce dernier il faut passer par un certain nombre d'étapes qui s'enchaînent.

I.4.1 La détection

Cette opération permet de décider si le système est en fonctionnement normal ou non.

- Probabilité de fausse détection : conduit à des arrêts ou des reconfigurations inutiles,
- Probabilité de non détection : peut conduire à une panne intolérable dans les systèmes à haut niveau de sécurité (aéronautique, nucléaire, ...etc). [5].

I.4.2 La localisation

C'est l'identification de l'élément qui a causé le défaut. Parfois il est impossible de localiser les interactions entre les composants du système et l'instrumentation. La solution est d'isoler un sous système comportant des composants susceptibles de contenir le ou les défauts [6].

I.4.3 L'identification

L'objectif de l'identification est de caractériser plus finement le défaut et déterminer les causes qui ont engendré la défaillance constatée.

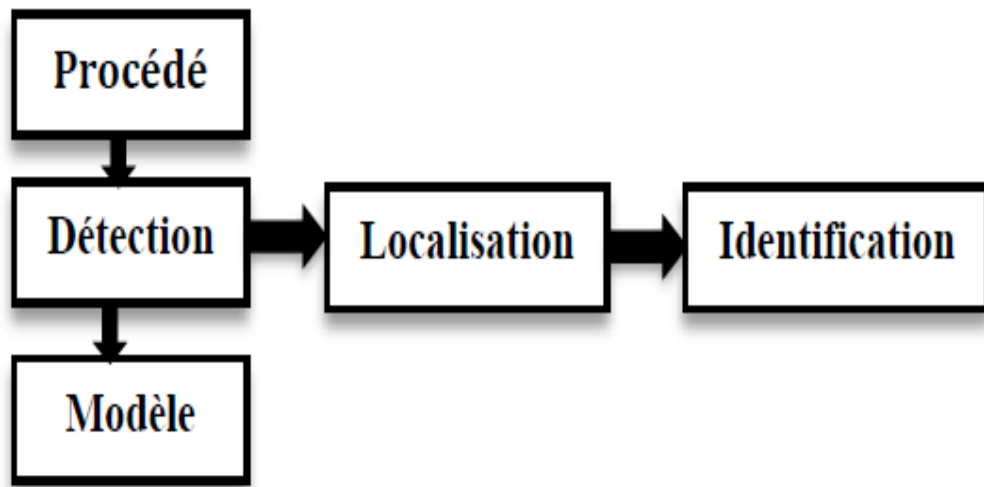


Figure I. 2 : Différentes étapes de diagnostic [2].

I.5. Présentation des méthodes de diagnostic

Les méthodes de diagnostic se répartissent en deux grandes classes.

- **Dans le premier cas:** on utilise des redondances d'informations et la connaissance fournie par le modèle mathématique pour caractériser le mode de fonctionnement ou l'état du système, puis décider s'il est normal ou anormal [7].
- **Dans le deuxième cas:** c'est l'analyse des données fournies par le système qui permet de décider de son état. Les méthodes les plus familières aux automaticiens sont les méthodes basées sur l'utilisation de modèles mathématiques. Celles-ci utilisent la redondance existant entre les différentes variables mesurées en termes de relations statiques ou dynamiques. Dans l'étude qui suit, il sera question de présenter les différentes méthodes de détection et d'isolation des défauts. L'intérêt portera surtout sur les méthodes à base de modèle mathématique [8].

I.6. Méthodes de diagnostic

De façon générale, il y a plusieurs méthodes de diagnostic connues et de nouvelles techniques sont proposées constamment dans la littérature. Ces méthodes sont divisées en deux catégories : les méthodes de diagnostic avec modèle et les méthodes de diagnostic sans modèle. L'existence d'un modèle formel ou mathématique de l'équipement détermine la méthode de diagnostic utilisée. La première catégorie se base sur le modèle analytique du système à surveiller et utilise généralement des techniques de l'automatique. En revanche, les techniques de diagnostic sans modèle sont divisées en deux parties. La première partie regroupe les outils de traitement de bas niveau et la deuxième partie est celle des techniques dites de haut niveau. La première sous-catégorie est orientée vers les outils statistiques de traitement du signal qui sont en contact direct avec le signal capteur, et ne servent généralement que pour la génération d'alarmes brutes, sans aucune information concernant leur signification. Également,

CHAPITRE I

la deuxième sous-catégorie est orientée vers la communication avec l'opérateur, cette sous-catégorie utilise l'intelligence Artificielle, et serve comme outil de base pour l'aide à la décision, les méthodes de cette catégorie sont plus efficaces, car elles sont capables de détecter, d'interpréter et de diagnostiquer les défauts [3].

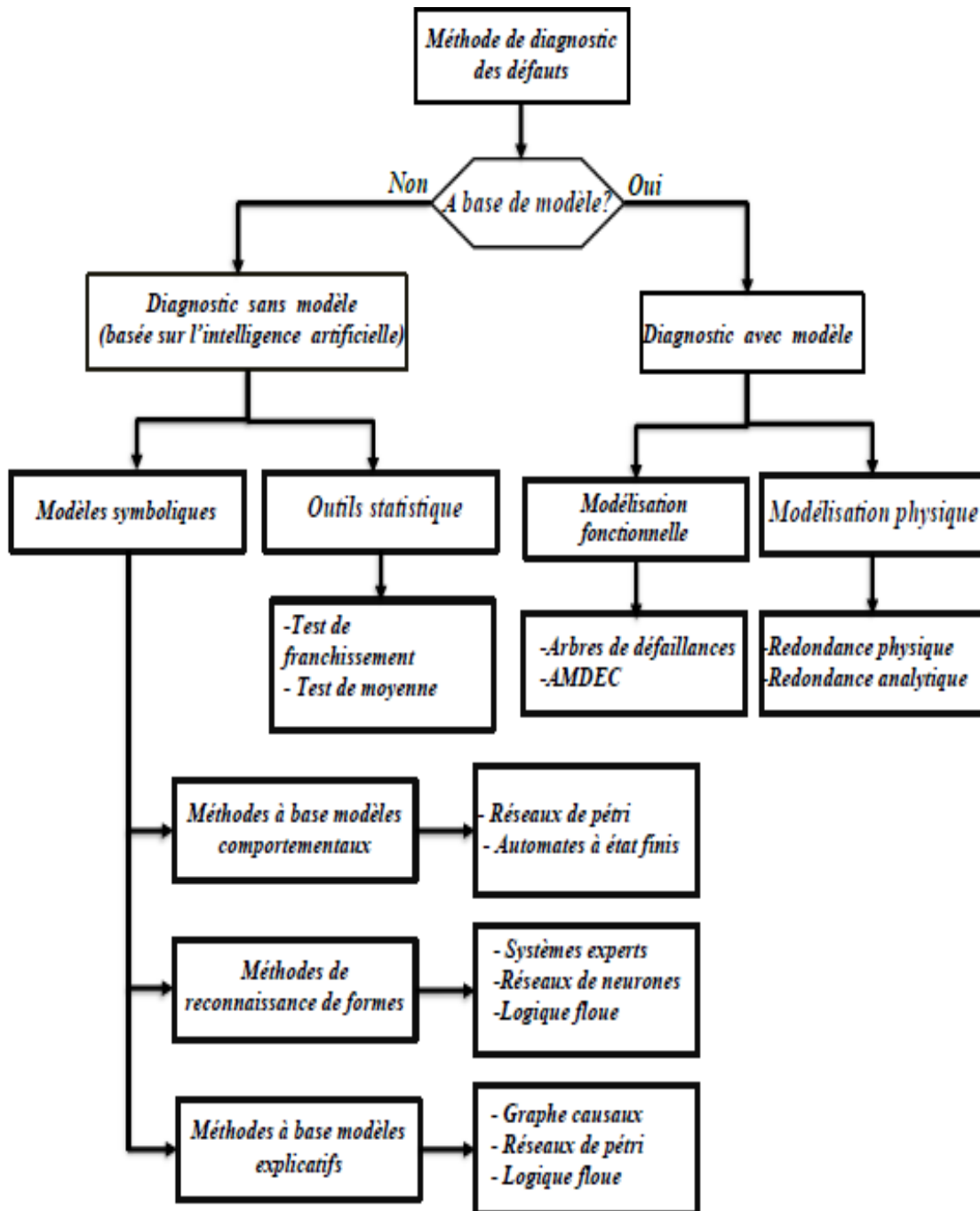


Figure I. 3: méthode de diagnostic [3]

I.6.1 Méthodes sans modèles

Cette méthode suppose que les connaissances du processus se limitent à son observation passée et présente. Elle repose sur l'expertise humaine. L'historique de ce système constitue une base de données qui sert à l'extraction de descripteurs dans divers mode de fonctionnements du processus [9].

I.6.1.1. Diagnostic par outils statistiques :

L'idée de base de cette technique de diagnostic par outils statistiques consiste à supposer que les signaux provenant de la chaîne de mesure possèdent certaines propriétés statistiques. On effectue alors quelques tests qui permettent de vérifier si ces propriétés sont présentées dans un échantillon des signaux mesurés. Nous citons les tests les plus importants [3].

I.6.1.1.1. Test de franchissement de seuils : Comme le nom indique, ce test consiste à comparer les signaux avec des seuils préétablis. Le franchissement de ce seuil par un des signaux capteurs génère une alarme. Ce type de méthode est très simple à mettre en oeuvre mais ne permet pas d'établir un diagnostic de défaillance, cette méthode est aussi très sensible aux fausses alarmes.

I.6.1.1.2. Test de moyenne :

On note aussi la méthode de test de moyenne, ce test de comparaison est effectué sur la moyenne du signal contenu dans une Comme le nom indique, ce test consiste à comparer les signaux avec des seuils préétablis. Le franchissement de ce seuil par un des signaux capteurs génère une alarme. Ce type de méthode est très simple à mettre en oeuvre mais ne permet pas d'établir un diagnostic de défaillance, cette méthode est aussi très sensible aux fausses alarmes.

fenêtre d'un ensemble de valeurs et non sur une valeur ponctuelle.

I.6.1.1.3. Test de variance :

Un autre outil statistique se base sur le calcul de la variance d'un signal. Tant que cette variance se situe dans une bande située autour de sa valeur nominale, l'évolution du système est supposée normale

I.6.1.2. Diagnostic par outils symboliques :

I.6.1.2.1..Méthodes à base de modèles comportementaux

Ces méthodes se caractérisent par les termes modélisation et simulation. Elles regroupent notamment des outils tels que :

- Les réseaux de pétri,
- Les automates d'états finis.

CHAPITRE I

Habituellement, ces méthodes sont basées sur la simulation de comportement du fonctionnement du système, à partir d'une modélisation faite sur son comportement, le plus souvent une modélisation de bon fonctionnement qui, contrairement aux modèles numériques, n'est pas basée sur la physique du système mais sur une considération en terme de mode de fonctionnement [3].

I.6.1.2.2..Méthodes de reconnaissance de formes (RdF) :

Utilisées très peu à ce jour. Un vecteur de paramètres, appelé vecteur de forme, est extrait à partir de plusieurs mesures. Les règles de décision adoptées permettent de classer les observations, décrites par le vecteur de forme, par rapport aux différents modes de fonctionnement connus avec et sans défaut. Pour classer ces observations, il faut obligatoirement être en mesure de fournir les données de chaque mode de fonctionnement. Pour cela, il faut disposer d'une base de données, ce qui permettra ensuite de construire la classe correspondante au défaut créé. Une autre voie consisterait à calculer les paramètres du vecteur de forme en effectuant des simulations numériques de la machine étudiée [10].

La reconnaissance des formes "RdF" repose sur le classement des objets ou des formes en les comparant à des formes-types. De manière générale, 2 types de RdF se distinguent :

- La RdF structurelle qui se base sur une représentation des formes à l'aide de grammaires.
- La RdF statistique qui s'appuie sur une représentation numérique des formes [11].
- Choisir les paramètres représentant les observations, ce qui permet de définir l'espace de représentation.
- Réaliser une base d'apprentissage.
- Construire une règle de décision permettant d'associer une nouvelle forme à un mode de fonctionnement. [12].

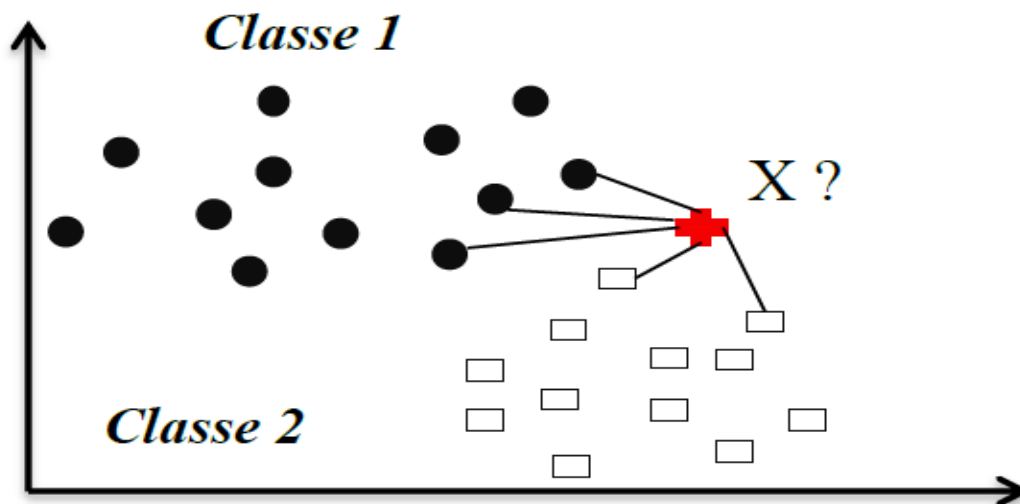


Figure I. 4: Principe de la reconnaissance des formes.

I.6.1.2.3. Réseaux de neurones artificiels (RNA)

Un grand intérêt a été accordé à l'utilisation des réseaux de neurones pour le diagnostic de défaillances dans la littérature. Ils ont été proposés pour les problèmes d'approximation de fonction et de classification. Les réseaux de neurones utilisés pour le diagnostic sont classés selon deux critères : l'architecture du réseau (sigmoïde, radial... etc.) et la stratégie d'apprentissage supervisé ou d'apprentissage non supervisé.

Dans le cas d'apprentissage supervisé, le réseau est configuré ce qui signifie que le problème est réduit à l'estimation des poids de connexions, comme il est montré sur la Figure I.6. Les poids sont ajustés en utilisant explicitement la différence entre les valeurs actuelles et désirées pour guider la recherche. Ce qui fait des réseaux à apprentissage supervisé un bon choix pour la classification des défaillances, car le réseau est capable d'établir des frontières de classification dans l'espace. La stratégie la plus redondante pour l'apprentissage supervisé est l'algorithme de rétropropagation [13].

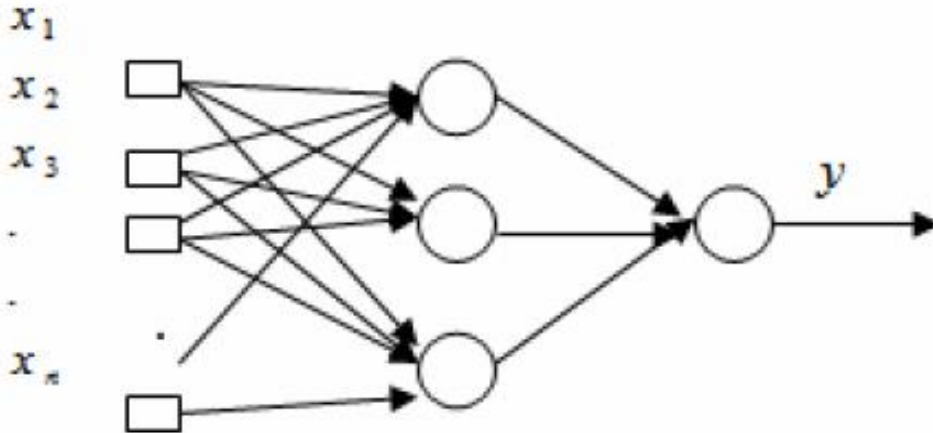


Figure I. 5: Structure d'un réseau neurone feed-forward

Le réseau multicouche est le plus couramment employé pour le contrôle et la modélisation des systèmes avec une fonction sigmoïde et linéaire respectivement, dans leurs couches (internes et de sortie) est définie par l'équation suivante:

$$u_j = f_1(\sum_{i=1}^N W_{ij}^1 X_i + b_j^1) \quad \text{I.1}$$

$$y_k = f_2(\sum_{l=1}^N W_k^2 u_l + b_k^2) \quad \text{I.2}$$

Avec : f_1, f_2 sont les fonctions d'activation.

Avec l'algorithme de rétropropagation utiliser la règle d'apprentissage pour minimiser l'erreur carrée donnée par l'équation suivante

$$E_{app}(\mathbf{w}) = \frac{1}{2} \sum_{k \in E_{app}} \sum_{j=1}^m |y_j(x_k, \mathbf{w}) - d_{jk}|^2 \quad \text{I.3}$$

Avec k est la sortie du réseau de l'entrée k de k ème élément de l'ensemble d'apprentissage et d_{jk} est j ème élément de la sortie souhaitée.

Donc, un réseau de neurone artificiels est composé d'automates connectés en réseau et fonctionnant en boucle combinée avec des fonctions d'activation. Les décisions sur une connaissance sont prises dans les interconnexions et en relation avec les fonctions de transition [13].

A. Les avantages des réseaux de neurones sont :

- **Rapidité :** Très utile lorsque le diagnostic doit être conduit en ligne.
- **Robustesse :** Un réseau de neurones est robuste surtout vis-à-vis du bruit.
- la principale raison de leur intérêt en diagnostic industriel est leur faculté d'apprentissage et la mémorisation d'un grand volume d'information [10].

B. Toutefois, un réseau de neurone présente des inconvénients tels que :

- L'apprentissage peut être long et difficile.
- L'apprentissage est gourmand en temps de calcul. Par ailleurs, il doit être réalisé sur toutes les données à la fois, avec le risque que le réseau oublie les résultats précédents
- Un réseau de neurones ne fonctionnera pas, forcément, correctement hors de sa plage
- d'apprentissage L'inconvénient majeur est d'arriver à déterminer une méthodologie pour maîtriser les problèmes inhérents [11].

I.6.1.2.4. Logique Floue :

La logique floue proposée par L.Zadeh dans les années 1965, a été introduite en 1969 par Goguen et est présentée comme un cadre pour le raisonnement approximatif, C'est la logique qui régit les mécanismes mentaux humains beaucoup plus souvent que la logique formelle, car si l'on a besoin d'interpréter un événement entaché d'incertitude, on procède assez souvent par donner des explications logiques en exploitant toutes les règles disponibles pour approcher le résultat obtenu. En d'autre terme, c'est la logique qui s'efforce d'apporter des solutions à un problème en utilisant toutes les réalisations pratiques en exploitant le savoir-faire de l'opérateur expert. Avant d'aborder, le raisonnement en logique floue, il est nécessaire de définir ses bases [14].

I.6.2. Méthodes de diagnostic avec modèle :

L'approche de diagnostic à base de modèles permet le suivi et la supervision en ligne du système. Elle consiste à embarquer un modèle du système permettant l'estimation de son état. Une faute est alors détectée par comparaison, en temps réel, de l'état prédit et des mesures issues des capteurs. Le diagnostic est ensuite établi en déterminant l'état (de faute) du système qui est cohérent avec les mesures et qui permet d'expliquer la faute [15].

I.6.2.1. Méthodes de diagnostic par modélisation fonctionnelle et matérielle :

Les méthodes les plus couramment rencontrées sont :

- L'Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leurs Criticité (AMDEC).
- Les Arbres De Défaillances (ADD).
- Le principe de ces méthodes consiste à établir a priori et de la manière la plus complète possible, les liens entre les causes initiales des défaillances et leurs effets mesurables

I.6.2.2. Méthodes de diagnostic par modélisation physique :

Une autre catégorie de méthodes analytiques est représentée par les méthodes basées sur une modélisation physique des processus surveillés. Ces méthodes sont les méthodes les plus familières aux automaticiens. Le principe de ces méthodes est de comparer les mesures effectuées sur le système avec les informations fournies par le modèle analytique.

Tout écart représente alors une défaillance, ce qui explique la nécessité des outils de la théorie de la décision utilisés pour déterminer si cet écart est dû à des aléas normaux, comme par exemple le bruit de mesure ou s'il traduit une défaillance du système. Généralement, ces méthodes peuvent être séparées en deux catégories :

- Techniques de redondance physique et analytique,
- Les techniques d'estimation paramétrique [3].

I.6.2.2.1. Redondance analytique

Il existe deux types de redondance dans les processus technologiques; Analytique et matériel, la redondance matérielle est basée sur la redondance d'installation des capteurs. Elle a été utilisée largement dans le domaine du contrôle des processus à hauts dangers tel que les installations nucléaires et dans les aéroports et les navettes spatiales, mais son utilisation reste limitée à cause des coûts supplémentaires et l'espace additionnel nécessaire.

La redondance mathématique est basée sur un ensemble des modèles mathématiques reliant l'état du système aux variables d'entrées et de sorties. La fonction de base de la redondance analytique est de comparer le comportement actuel du système avec son modèle pour l'identification. Une différence identifiée comme résidu peut être utilisée pour la détection des défaillances. Les écarts de comportement devront être adjacents du zéro lorsqu'il n'y a pas de défaillance. La génération de tel résidu est basée sur un modèle dérivé analytiquement.

Les approches basées sur la redondance mathématiques donnent des écarts de fonctionnement (résidus) qui sont insensibles aux ambiguïtés de fonctionnement et le contraire pour les défaillances.

Une des techniques bien connues pour réaliser cette indépendance est la séparation des signaux de perturbations. Dans cette technique toutes les incertitudes sont analysées comme des signaux de perturbations et des filtres sont conçus pour séparer l'effet des défaillances et des perturbations pour permettre leur distinction [13].

I.6.2.2.Redondance physique :

Pour s'assurer de la validité d'une mesure et distinguer les défaillances capteurs des défaillances système, une méthode simple consiste à mesurer la même grandeur physique, à l'aide de différents capteurs, d'où le nom "Redondance physique" ou "Redondance matérielle". Ensuite, on considère qu'une défaillance capteur s'est produite dans au moins une des composantes, si les composantes identiques placées dans le même environnement émettent des signaux distincts, et dans le cas contraire, on considère que ces composants sont dans un état de fonctionnement nominal [3].

I.6.2.3.Méthodes d'estimation paramétrique :

L'approche d'estimation paramétrique mesure l'influence des défauts sur les paramètres et non plus, comme précédemment, sur les variables du système physique .
Le principe consiste à estimer en continu des paramètres du procédé en utilisant les mesures d'entrée/sortie et en l'évaluation de la distance qui les sépare des valeurs de référence de l'état normal du procédé comme est indiqué dans la **Figure 1.7** :

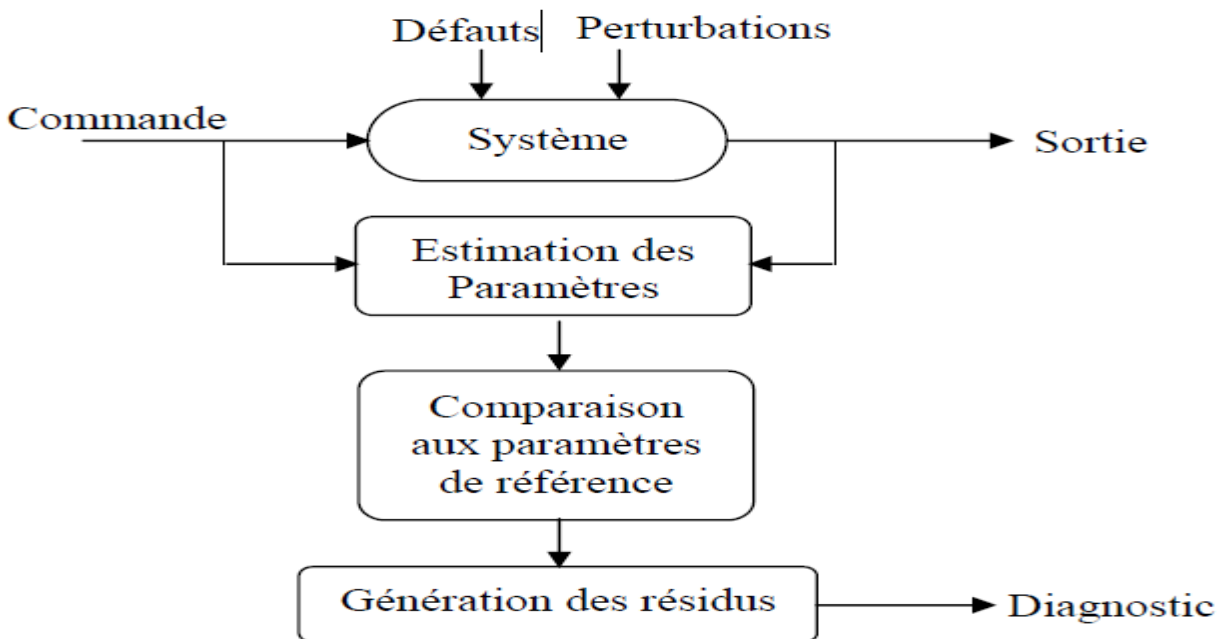


Figure I. 6: Estimation paramétrique pour la détection et le diagnostic de défauts

L'estimation paramétrique possède l'avantage d'apporter de l'information sur la taille des déviations. Toutefois, un des inconvénients majeurs de la méthode réside dans la nécessité d'avoir un système physique excité en permanence. Ceci pose des problèmes pratiques dans le cas de procédés dangereux ou fonctionnant en mode stationnaire. De plus, les relations entre les paramètres mathématiques et physiques ne sont pas toujours inversibles de façon unitaire, ce qui complique la tâche du diagnostic basé sur les résidus [16].

I.7. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté les différentes méthodes utilisées dans le domaine de diagnostic de défauts. Ces méthodes sont généralement divisées en deux groupes : méthodes de diagnostic avec modèle et sans modèle. Les premières se basent sur l'existence d'un modèle formel de l'équipement et utilisent généralement les techniques de l'automatique. La deuxième catégorie est plus intéressante dès lors qu'un modèle de l'équipement est inexistant ou difficile à obtenir. Dans ce cas, on utilise les outils de la statistique et de l'intelligence artificielle. Le choix d'une de ces méthodes dépend essentiellement des connaissances disponibles sur le procédé, sans oublier les considérations techniques et é

*Chapitre II : filtre actif et
onduleur deux niveau*

II.1. introduction

L'objectif de ce chapitre est d'étudier la structure général d'un filtre actif ainsi que sa commande adapté à l'objectif souhaité. En vue de dépolluer les réseaux électriques de toutes perturbations de type tension. Dans un premier temps, on présentera les composants d'un filtre actif connecté avec le réseau électrique, ainsi que la description de son principe de fonctionnement. Il s'en suivra, par la description de la partie puissance et commande.

II.2. Filtrage passif et actif

II.2.1. Filtrage passif :

Les filtres passifs constitués d'une inductance L et d'un condensateur C ont traditionnellement été utilisés pour absorber les harmoniques générés par les charges industrielles non linéaires, ceci étant dû à leur faible coût et à leur grande efficacité.

Le principe consiste à insérer en amont de la charge un ou plusieurs circuits de composants passifs accordés sur les harmoniques à rejeter. Ainsi, pour filtrer un courant à une fréquence particulière, un filtre résonant série est placé en parallèle sur le réseau [17].

Cependant, ce filtre possède un certain nombre de défauts qui sont cités ci-dessous :

- L'impédance de la source influence fortement les caractéristiques de compensation du filtre passif. L'impédance de la source dépend de l'impédance du réseau électrique et est habituellement non connue. De plus, les filtres passifs sont aussi sensibles aux tolérances de l'inductance L et du condensateur C .
- La conception d'un filtre passif nécessite d'effectuer des études poussées du système à filtrer et de considérables efforts d'ingénierie. Développer un filtre passif n'est pas quelque chose qui peut se généraliser à tout système. Pour chaque système à filtrer, il faut développer son propre filtre.
- Le filtre passif peut provoquer une résonance parallèle avec la source causant l'amplification d'harmoniques de courants du côté de la source à des fréquences spécifiques.
- Le filtre passif possède un ensemble de résonances avec la source soulevant la possibilité d'exciter cette résonance sous certaines conditions.
- Les filtres passifs accordés sur une fréquence dominante de la charge ont tendance à attirer les harmoniques de courants des charges ambiantes.

➤ Les filtres passifs se chargent et lissent les transitoires de découpage.

Les défauts mentionnés ci-dessus peuvent aussi causer une surcharge des filtres passifs. Par conséquent, les filtres passifs sont toujours accordés sur une fréquence juste en dessous de la fréquence de l'harmonique dominant de la charge [17].

Les filtres passifs ne constituent pas un moyen fiable et efficace pour la compensation d'harmoniques de charges industrielles, surtout dans le cas des systèmes de distribution. En revanche, ils sont parfaitement adaptés pour les systèmes de transmission de hautes tensions pour lesquelles les études de systèmes détaillés sont faites une fois pour toutes et dont l'effort d'ingénierie est seulement une petite fraction du coût total du système [17]

II.2.2 le filtrage actif :

Les filtres actifs de puissance ont été étudiés pour la compensation d'harmoniques dans les réseaux de puissance industriels depuis le principe de compensation proposé par H. Sasaki et T. Machida en 1971[18]. Dans ces années, le filtrage actif ne connaissait que des progrès au stade théorique en laboratoire. La technologie des semi-conducteurs n'était pas encore assez développée pour l'implantation pratique du principe de compensation. Quelques années plus tard, le développement des semi-conducteurs de puissance, commandables à la fermeture et à l'ouverture, connaissait une éclosion remarquable. Ce phénomène a stimulé l'intérêt dans la recherche du filtrage actif pour la compensation d'harmoniques et de la puissance réactive. De plus l'apparition de microcontrôleurs facilitant l'implantation des algorithmes de contrôle et de commande des convertisseurs ; a rendu possible leur matérialisation au niveau pratique. Au début des années 1990, le filtre actif a connu un regain d'intérêts. Il a été démontré que ses performances de compensation d'harmoniques sont supérieures à celles d'un filtre passif *LC* classique [19].

De nos jours, les filtres actifs ont atteint une maturité technologique sans précédent. Ils peuvent faire la compensation d'harmoniques, de puissance réactive et/ou de courant de neutre. Ils ont évolué dans le dernier quart du siècle au niveau de la variété de leur configuration, de leur stratégie de commande et de leurs technologies, couvrant ainsi de larges gammes de puissance.

Les filtres actifs sont maintenant utilisés dans d'autres domaines que la compensation d'harmoniques. On les utilise dans la régulation de tension, pour supprimer le papillotement de la tension et pour améliorer l'équilibre des phases des systèmes de distribution triphasés.

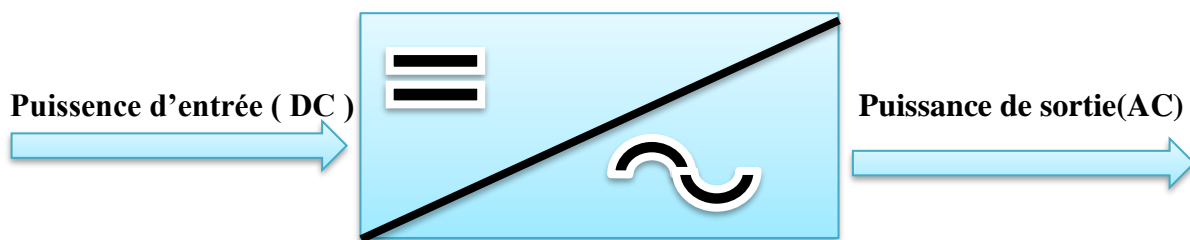
II.2.2.1 Principe de fonctionnement du filtre actif

Les filtres actifs sont des convertisseurs de puissance, agissant comme source de courants ou de tensions harmoniques, qui injectent en série ou en parallèle sur les réseaux des tension ou des courants harmoniques, de forme adéquate de tel sorte à maintenir la tension du réseau au point de raccordement de forme de phase de fréquence et d'amplitude bien définie [20].

Les convertisseurs de puissance dit « onduleur » totalement commandable à base de GTO, d'IGBT ou de MOSFET, sont utilisés comme organe de réglage en vue d'asservir certaines grandeurs relatives au générateur ou au récepteur. La principale raison de l'utilisation de dispositif de commutation rapide est de pouvoir commander l'onduleur par modulation de largeur d'impulsions, pouvant ainsi suivre n'importe quelle forme de référence. [21].

II. 3. Définition de l'onduleur :

Un onduleur est un convertisseur statique assurant la conversion continue alternative, alimenté en continu, il modifie de façon périodique les connexions entre l'entrée et la sortie et permet d'obtenir l'alternatif à la sortie. L'onduleur est essentiellement utilisé pour fournir une tension ou un courant alternatif afin d'assurer l'alimentation en énergie des charges critiques (micro-ordinateur, station de télécommunication.) pendant la coupure du réseau électrique ou une alimentation permanente pour les systèmes autonomes (centrales photovoltaïques, engins aérospatiaux,...). La représentation symbolique d'un onduleur est donnée par la figure (II.1) [22] :



Convertisseur continu (DC) – Alternatif (AC)

Figure II. 1: Schéma de principe de l'onduleur

I.4. Classification des onduleurs

Les onduleurs sont en général classés selon les modes de commutation de leurs interrupteurs.

II.4.1. Onduleur autonome

C'est un système qui nécessite des composants commandés à la fois à la fermeture et à l'ouverture, de fréquence variable, dont les instants de commutations sont imposés par des circuits externes [23].

II.4.2 Onduleur non autonome

Dans ce cas, les composants utilisés peuvent être de simples thyristors commandés uniquement à la fermeture et la commutation est «naturelle » contrairement à l'onduleur autonome [23].

II.5.Les différents types d'onduleur(deux niveaux)

Les onduleurs sont classes en deux grandes catégories :

II.5.1. Onduleur autonome :

Un onduleur est dit autonome s'il utilise l'énergie d'un circuit auxiliaire propre a lui pour la commutation des thyristors ou l'autre semi-conducteurs dans ce cas nous commandons la fréquence la forme d'onde de la tension de sortie. On distingue deux types d'onduleurs autonomes :[24][25].

Les onduleurs de tension alimentée par une source de tension continue.

Les onduleurs de courant alimentes par une source de courant continue.

II.5.1.1.Onduleur de courant :

L'onduleur de courant transforme un courant continu en courants triphasés dans les enroulements de la machine. Il peut fonctionner en commutation naturelle, c'est le cas des machines synchrones. La commutation forcée est réalisée pour toutes les autres machines. Ce type d'onduleur ne permet que le réglage de la fréquence des grandeurs de sortie, l'amplitude de celle-ci doive être réalisée par ajustement de la grandeur d'entrée [24].

II.5.1.2. Onduleur de tension :

Les onduleurs de tension constituent une fonction incontournable de l'électronique de puissance. Les deux grands domaines d'application classiques des onduleurs de tension sont les alimentations de secours et les entraînements à vitesse variable, la forte évolution des onduleurs de tension s'est appuyée, d'une part, sur le développement des composants semi-conducteurs contrôlables, puissants, robustes, et rapides, et d'autre part, sur l'utilisation quasi généralisée des techniques dites de modulation de largeur d'impulsion[24].

II.5.2. Onduleur non autonome :

C'est le nom donné au montage redresseur tous les thyristors (pont de Graetz) qui, en commutation naturelle assistée par le réseau auquel il est raccordé, permet un fonctionnement en onduleur (par exemple par récupération de l'énergie lors des périodes de freinage dans les entraînements à moteurs électriques). À la base du développement des entraînements statiques à vitesse variable pour moteurs à courant continu et alternatif, cyclo convertisseurs, onduleurs de courant pour machines synchrones et asynchrones, jusqu'à des puissances de plusieurs MW, ce type de montage est progressivement supplanté, au profit de convertisseurs à IGBT ou GTO [24][25].

II.6. Les applications des onduleurs :

Parmi les nombreux domaines d'emploi des onduleurs autonomes, on trouve principalement Les onduleurs à fréquence fixe à commutation forcée : Alimentés le plus souvent par une batterie d'accumulateur, ils jouent d'ordinaire le rôle d'alimentation de sécurité, Les onduleurs à fréquence variable à commutation forcée : Alimentés à partir du réseau industriel par l'intermédiaire d'un montage redresseur, ils délivrent une tension de fréquence et de valeur efficace nécessaires pour faire tourner à vitesse variable un moteur à courant alternatif[26].

II.6.1.Applications :

II.6.1.1.Réglage de la vitesse de rotation d'un moteur synchrone :

La vitesse d'un moteur synchrone est liée par la pulsation des courants statiques. Pour changer de vitesse il faut donc changer la fréquence des tensions d'alimentation. Il faut donc redresser la tension du réseau puis l'onduler à la fréquence désirée.[26]

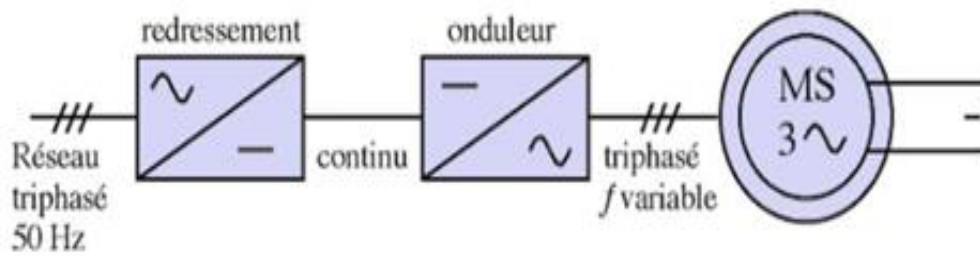


Figure II. 2 Réglage de la vitesse de rotation d'un moteur synchrone

Remarque : Pour que la puissance du moteur reste nominale lorsque la fréquence varie, il faut en fait conserver le rapport (f / V) constant. (Si la fréquence augmente, il faut augmenter la tension d'alimentation proportionnellement)

II.6.1.2..Alimentation de secours :

Lors d'une panne d'électricité, un onduleur assure la continuité de l'alimentation des machines à partir de batteries. En informatique professionnelle, un onduleur est indispensable pour éviter la perte d'informations en cas de panne du secteur[26].

II.6.1.3. Transfert d'énergie entre deux réseaux de fréquences différentes :

La France fournit de l'énergie électrique à la Grande-Bretagne, mais la fréquence du réseau anglais est 60 Hz. Il faut donc adapter la fréquence.[26]

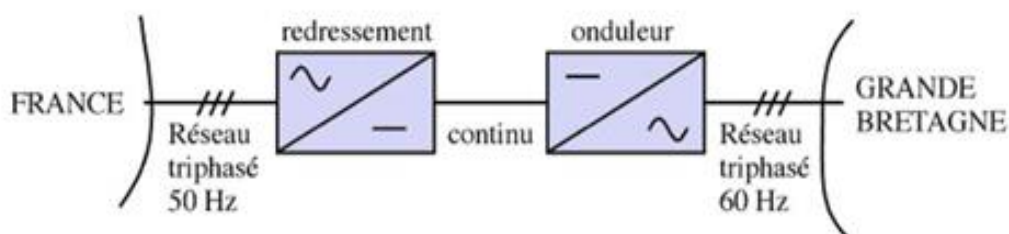


Figure II. 3 Transfert de l'énergie entre deux réseaux de fréquences différentes

II.7.Types d'onduleurs autonomes de tension:

II.7.1 Les onduleurs monophasés :

Pour obtenir une tension alternative à partir d'une tension continue en utilisant deux interrupteurs, il faut un point milieu, soit du côté de la sortie alternative, soit du côté de l'entrée continue, cela correspond à :

- l'onduleur monophasé avec transformateur de sortie à point milieu appelé onduleur Pushpull (**Figure II .4**).
- l'onduleur monophasé avec diviseur capacitif à l'entrée appelé onduleur en demi pont. (**Figure II.5**).
- Si on veut varier la largeur relative des créneaux formant les alternances de la tension de sortie, il faut quatre interrupteurs c'est : l'onduleur monophasé en pont (**Figure II.6**), [27].

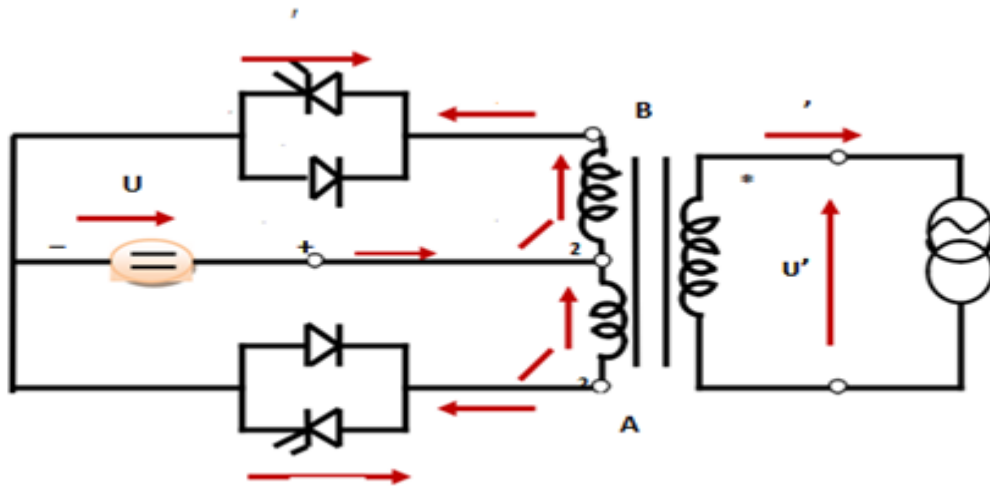


Figure II. 4 : Onduleur monophasé avec transformateur de sortie à point milieu.

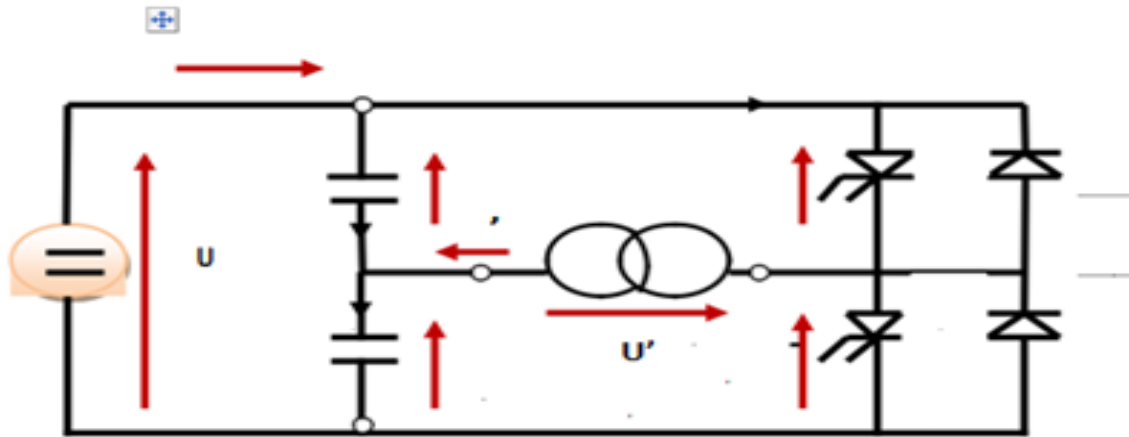


Figure II. 5: Onduleur monophasé avec diviseur capacitif.

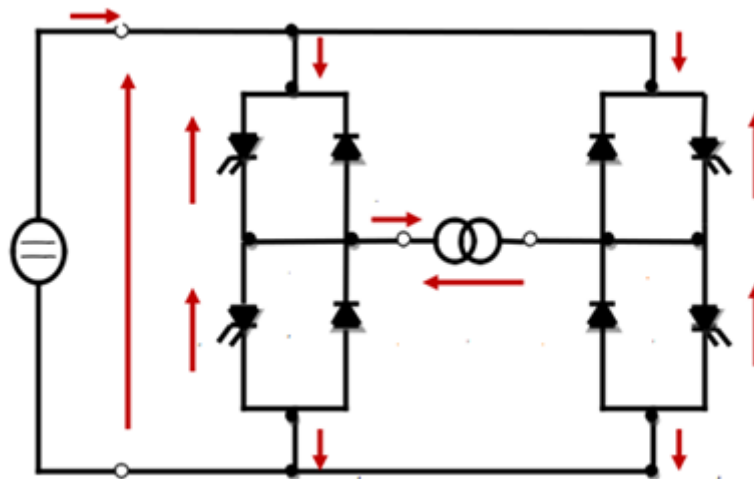


Figure II. 6: Onduleur monophasé en pont

II.7.2 Les onduleurs triphasés :

L'onduleur de tension triphasé découle immédiatement de trois demi pont monophasé, on obtient l'onduleur triphasé à six interrupteurs (figure II.7).

Chaque demi pont comprend un thyristor (ou un transistor) et une diode . la source de tension continue est obtenue à partir d'un pont redresseur, [27].

Pour assurer la continuité des courants de sortie alternatif , les interrupteurs $K_1, K'1$ et $K_2, K'2, K_3$ et $K'3$ doivent être complémentaires deux à deux.

On définit (T_i, D_i) .

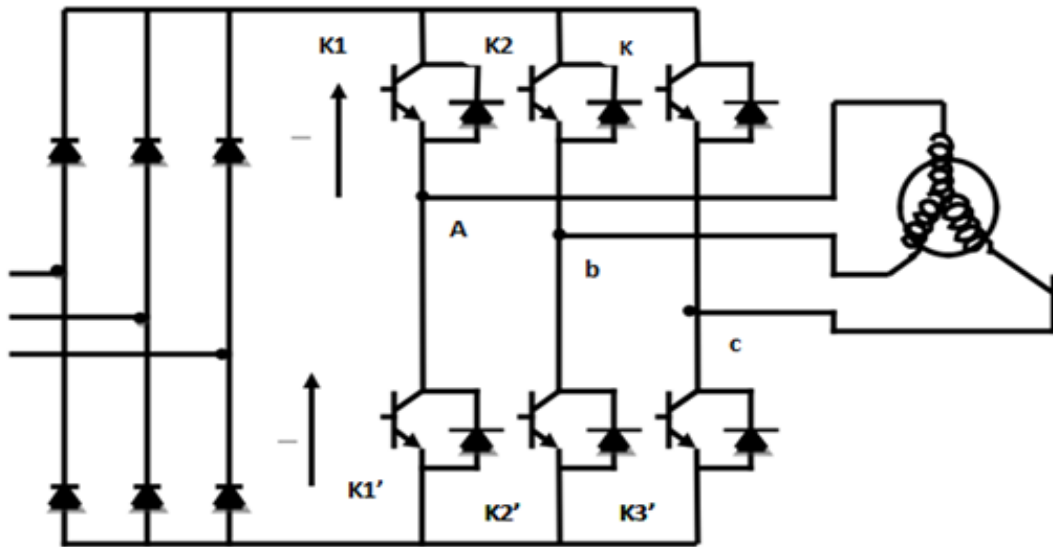


Figure II. 7: Onduleur de tension triphasé.

II.8. Principe de fonctionnement de l'onduleur triphasé :

La représentation schématique de l'onduleur est fournie par la figure (II.7).

Pour assurer la continuité des courants de sortie alternatif , les interrupteur K1 et K'1, K2 et K'2, K3 et K'3 doivent être complémentaire deux à deux , et pour que les tensions de sortie ,soient identiques à un tiers de la période T de leur fondamental prés, il faut commander chaque demi pont avec un retard de $T/3$ sur le précédent.

En commande pleine onde on ferme donc :

- K1 pour $= 0$ K'1 pour $= \pi$
- K2 pour $= 2\pi/3$ K'2 pour $= \pi + 2\pi/3$
- K3 pour $= 4\pi/3$ K'3 pour $= \pi + 4\pi/3$

La présence du neutre relié à la source est indispensable si le récepteur est déséquilibré et tout particulièrement s'il comporte des charges monophasées montées entre phase et neutre. Si le récepteur triphasé est équilibré (moteur triphasé par exemple) on peut supprimer la liaison entre le point neutre « N » et le point milieu « 0 » du la source.

Donc supprimer celui-ci, on obtient alors l'onduleur triphasé proprement dit (figure II.7), [27].

II.9. Les onduleurs multi niveaux :

Les onduleurs multi niveaux permettent d'augmenter la tension de sortie des convertisseurs statiques au-delà des limites des semi-conducteurs. Pour les réaliser on doit disposer de plusieurs sources de tension continue (obtenue par exemple à partir d'un diviseur capacitif). On peut faire apparaître autant de cellules de commutation élémentaires et les associer en les superposant ou en les mettant en cascade. Cela permet de multiplier le nombre de niveau que l'on peut donner à la tension de sortie. Cette dernière est souvent obtenue par une modulation de largeur d'impulsions (MLI). Ces onduleurs sont utilisés pour l'entraînement des moteurs asynchrones de grande puissance, d'autres applications sont possibles pour des moteurs qui tournent à vitesse élevée (> 5000 tr/mn). Pour le cas de notre mémoire, on a mis en évidence un onduleur de tension autonome triphasé, [27].

II.10. Onduleur de tension à deux niveaux

II.10.1. Structure générale

L'un du côté continu et l'autre du côté alternatif. L'étage passif du côté alternatif, a comme fonction principale le filtrage, il est constitué d'inductance de sortie. Celui du côté continu assure le stockage. L'onduleur triphasé de tension à deux niveaux à base d'IGBT est constitué de six interrupteurs bidirectionnels en courant (commandés à l'amorçage et au blocage) conduisant le courant dans les deux directions grâce aux diodes en antiparallèles. Il est associé généralement à deux étages passifs de l'énergie par l'intermédiaire d'un condensateur C_{dc} de tension V_{dc} . [28].

II.10.2. Stratégie de commande de l'onduleur à deux niveaux

Les performances du filtre actif, notamment la diminution du THD du courant de source sont certes liées aux performances de la génération des courants de référence, mais dépendent également de la stratégie de commande de l'onduleur de tension [29], [30]. Différentes commandes sont recensées dans la littérature [31]. Deux stratégies principales de commande sont couramment mises en œuvre, à savoir :

la commande par hystérésis;

la commande par Modulation de Largeur d'Impulsion (MLI).

L'objectif de la commande, que ce soit à MLI ou par hystérésis, est de générer les ordres d'ouverture et de fermeture des interrupteurs de manière à ce que le courant du filtre actif soit le plus proche de sa référence. On trouve diverse variantes de contrôle par MLI: MLI calculée, MLI à échantillonnage naturel et MLI vectorielle

II.11.Présentation la défaillance d'un exemple d'interrupteur statique l'IGBT sur un convertisseur de puissance:

II.11.1. Court-circuit :

Le défaut de type court-circuit se produit lorsqu'un des composants d'une cellule de commutation reste constamment fermé. Un tel défaut peut avoir deux causes : soit la mise en court-circuit physique de la puce de silicium (IGBT ou diode) par dépassement de température critique, soit la défaillance de la commande rapprochée. L'analyse du déroulement d'un court-circuit est décrite dans.

Dans ce cas, les courants de phases sont fortement altérés. Ce type de défaillance est extrêmement préjudiciable au convertisseur et nécessiterait la mise en œuvre de sécurité permettant de déconnecter le bras défaillant dès l'apparition de cette défaillance [32].

II.11.2.Circuit ouvert :

Il se peut, pour diverses raisons, qu'un des IGBT (supérieur ou inférieur) d'une cellule de commutation d'un bras reste constamment ouvert (défaut de type circuit ouvert).

Ce type de défaut a pour principale cause une défaillance de la commande rapprochée (défaut thermique du driver ou perte d'alimentation par exemple).

Selon la localisation du défaut dans la cellule, celui-ci sera visible soit sur l'alternance positive du courant (défaut sur IGBT supérieur), soit sur l'alternance négative (défaut

IGBT inférieur). Lorsque le défaut est visible, la signature se matérialise par le passage d'un rapport cyclique α à 0 ou à 1, mais uniquement sur la cellule défailante.

La conséquence est que la cellule défailante se retrouve alors en surtension et qu'un arrêt du convertisseur est obligatoire pour éviter une propagation du défaut [32].

II.11.3. Vieillessement :

Comme pour la diode classique, ce mode de défaillance de l'IGBT est corrélé avec l'augmentation de l'impédance thermique qui peut être entraînée par :

- Sollicitations successives (cyclage).
- Défaut au niveau de la puce de silicium.
- Boîtier non hermétique, permettant à l'humidité de pénétrer à l'intérieur (plus ou moins fréquent sur les composants non militaire) et la corrosion du composant [32].

II.12. Nouvelles solutions de dépollution:

II.12.1 Filtres actifs :

Les progrès réalisés durant ces dernières années dans le domaine des composants semi-conducteurs commandés ont rendu l'utilisation des filtres actifs intéressante. Ce sont aussi des convertisseurs à commutation forcée, utilisés pour la dépollution harmonique des réseaux. Cette pollution a pour origine deux sources.

Les harmoniques provenant du côté charge qui se comporte comme des sources de courant harmonique et ceux provenant du côté réseau qui sont des sources de tension harmonique .

Les avantages de ces filtres actifs par rapport aux filtres passifs sont les suivants :

- le volume physique du filtre est plus réduit ;
- la capacité de filtrage est supérieure ;
- la flexibilité et adaptabilité sont très supérieures.

Pourtant, ils possèdent aussi quelques inconvénients :

- leur coût élevé a limité leur implantation dans l'industrie ;
- l'absence de réglementation spécifique n'incite pas leur intégration ;
- les pertes sont légèrement plus élevées.

Le but de ces filtres est d'engendrer soit des courants, soit des tensions harmoniques de manière à ce que le courant et la tension soient rendus sinusoïdaux. Le

filtre actif est connecté en série ou en parallèle suivant qu'il est conçu respectivement pour compenser les tensions ou les courants harmoniques [33].

II.12.2. Filtre actif parallèle :

Le filtre actif parallèle, appelé aussi compensateur shunt SAPF. Il est le plus souvent commandé comme un générateur de courant. Il est commandé de façon à injecter au réseau des courants harmoniques égaux à ceux générés par la charge polluante mais de phases opposées, le courant côté réseau est alors sinusoïdal. Sur la Figure (II.8) apparaît le synoptique d'un filtre actif parallèle. Le filtre actif est constitué d'un onduleur de tension et d'un filtre inductif en sortie. Ainsi, l'inductance en sortie de l'onduleur donne la nature de source de courant au filtre actif. La capacité joue le rôle d'une source de tension continue, la tension à ses bornes doit obligatoirement être régulée [33].

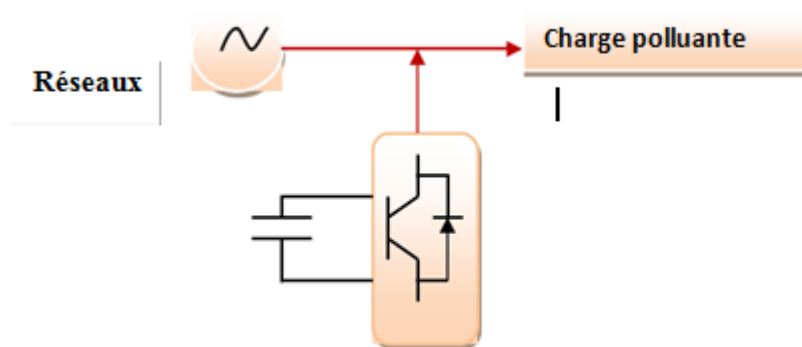


Figure II. 8: Filtre actif parallèle..

II.12.3. Filtre actif série :

Dans cette configuration, le filtre est placé en série sur le réseau comme le montre la Figure (II.9). Il se comporte comme une source de tension qui engendre des tensions harmoniques dont la somme avec la tension réseau est une onde sinusoïdale. Il est destiné à protéger les installations sensibles aux perturbations provenant du réseau telles que les harmoniques en tension, les surtensions, etc. En revanche, le filtrage série ne permet pas de compenser les courants harmoniques consommés par la charge [33].

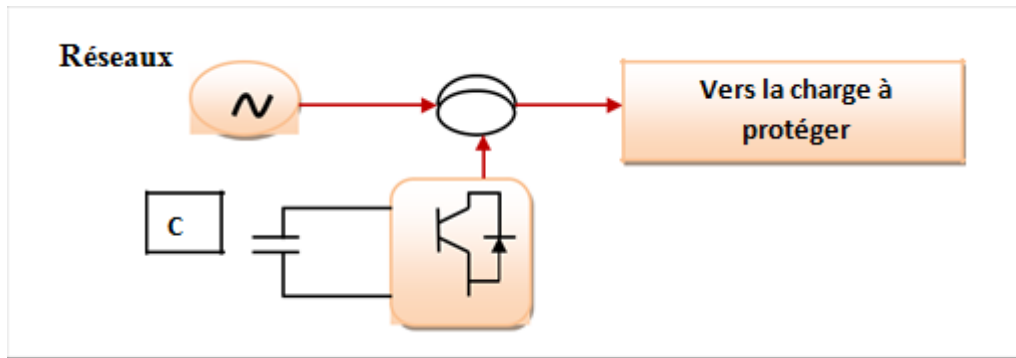


Figure II. 9: Filtre actif série

II.12.4. Filtre actif hybride :

Afin de réduire le dimensionnement et par conséquent le prix des filtres actifs, l'association de filtres actifs de faible puissance à des filtres passifs peut être une solution. Plusieurs configurations sont possibles combinant éléments passifs et filtre actif série ou parallèle :

- le filtre actif série avec des filtres passifs parallèles.
- le filtre actif série connecté en série avec des filtres passifs parallèles.
- le filtre actif parallèle avec un filtre passif parallèle.

Les Figures (II.10) (II.11) (II.1) montrent l'une des configurations les plus récentes (Filtre actif hybride) [33].

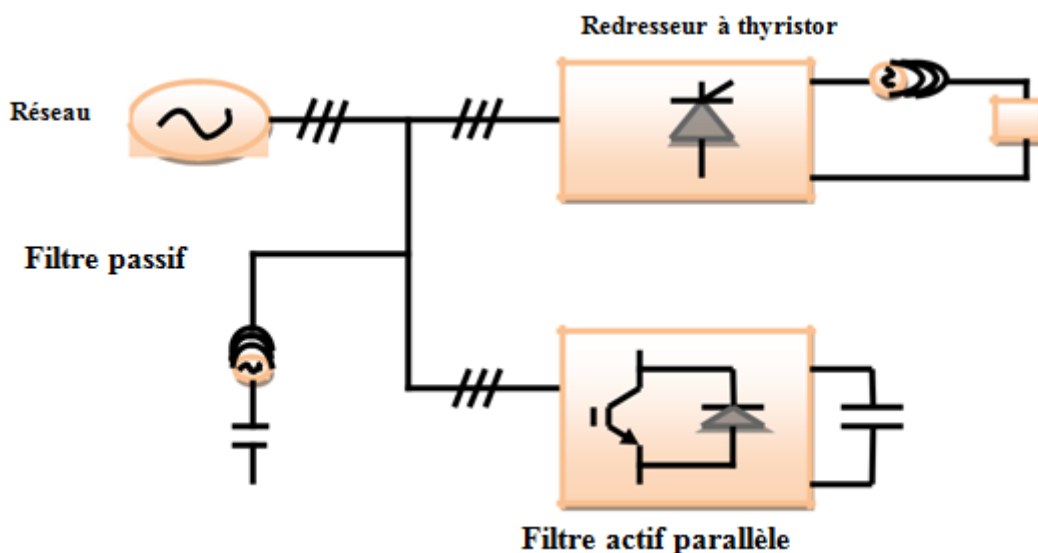


Figure II. 10 : Filtre combiné actif parallèle et passif parallèle

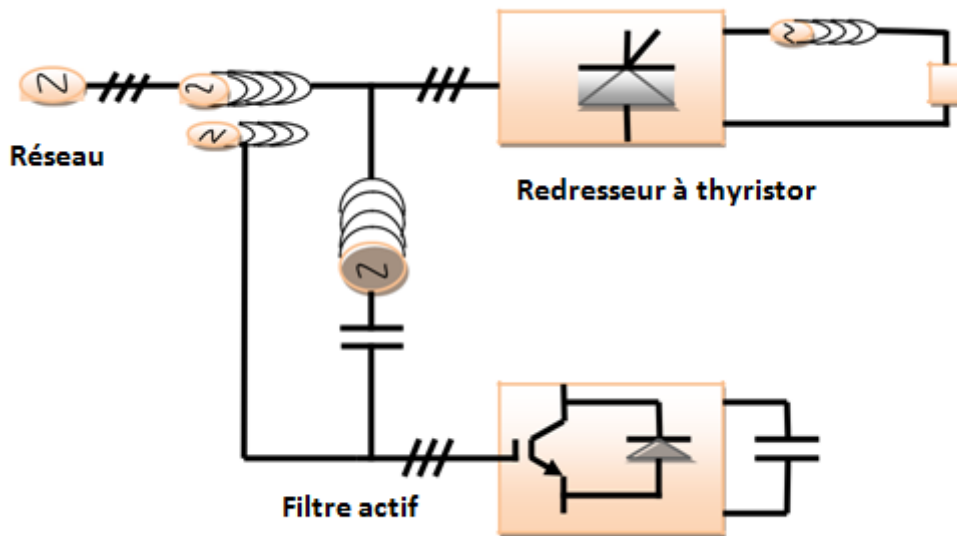


Figure II. 11 : Filtre combiné actif série et passif parallèle.

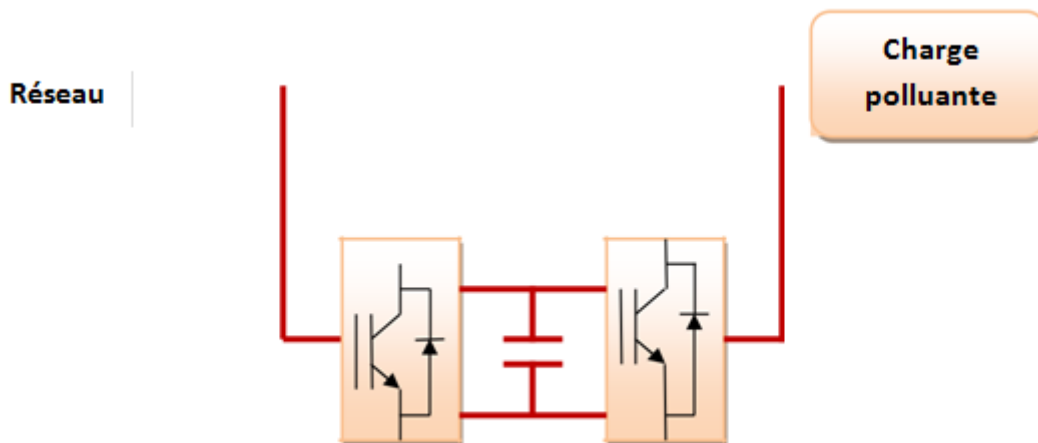


Figure II. 12: Combinaison parallèle-série.

II.12.5 .Combinaison de filtres actifs parallèles et séries (UPQC).

C'est une solution de compensation universelle basée sur le fonctionnement simultané des filtres actifs parallèle et série figure (II.13). Donc, elle possède les avantages cumulés des filtres actifs parallèles et série. Cette nouvelle topologie est appelée combinaison parallèle série actif ou en anglais Unified Power Quality Conditioner (UPQC). Un filtre actif série placé en amont du filtre actif parallèle permet de dépolluer la source des tensions

perturbatrices; or s'il est placé en aval, il permet d'isoler la charge de la sou rce perturbée [34] , [35].

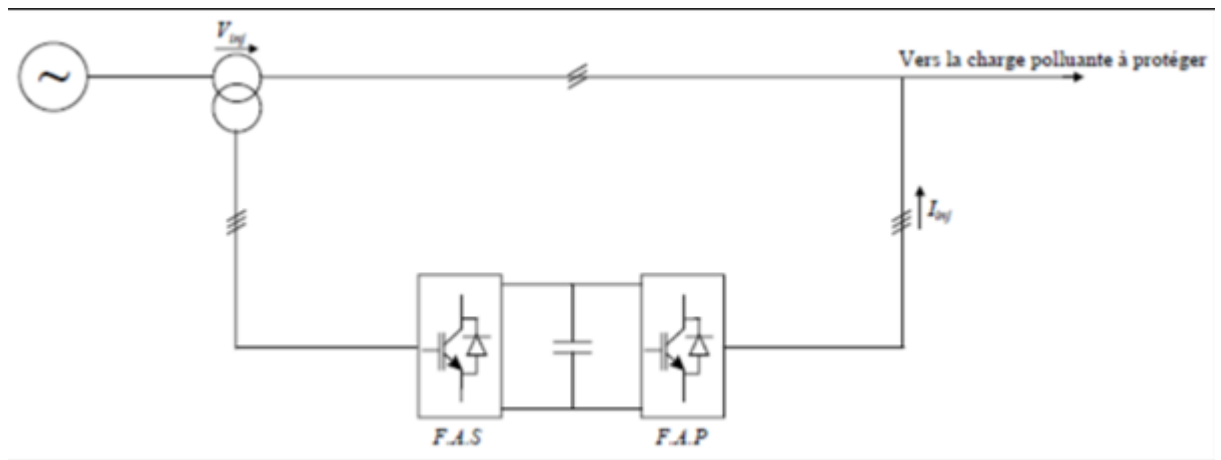


Figure II. 13 : Combinaison parallèle-série actifs.

II.13.Comparaison des différents filtrages

Le tableau I.1montre un récapitulatif des avantages et inconvénients du filtrage passif, filtrage actif série, filtrage parallèle et du filtrage actif parallèle-série [36].

| Principe | Avantages | Inconvénients |
|---------------------------------|---|---|
| Filtrage passif | Amélioration de la forme du courant | Risque de résonance pas d'adaptabilité, encombrant |
| Filtrage actif parallèle | | Amélioration de la forme de la tension pas toujours évidant |
| Filtrage actif série | Amélioration de la forme de la tension, adaptabilité aux variations de la charge et du réseau | Pas d'amélioration de la forme d'onde |

CHAPITER II

| | | |
|--|---|-----------------------|
| La combinaison parallèle – série actifs | Amélioration de la forme du courant ,amélioration de la forme de la tension adaptabilité aux variations de charge et du réseau | Réalisation difficile |
| | | |

Tableau II . 1 : Comparaison des différents types de filtrage.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présent la théorie sur les onduleurs, sa constitution physique élémentaire, son fonctionnement, leurs principales applications et nous avons présent les di errantes structures des onduleurs.

Nous avons consacre notre étude aux onduleurs de tension et principalement ceux en pont triphasé et les di errantes stratégies de commande d'un onduleur.

Chapitre III : filtre actif série

III.1.Introduction :

Le problème de la qualité d'énergie devient de plus en plus préoccupant depuis ces dernières décennies. Ceci à cause de l'utilisation accrue des charges dites non linéaires notamment les convertisseurs statiques, les ordinateurs, les fours à arc électriques etc. pour pallier à ce problème plusieurs solutions ont été développées.

Le filtre actif série s'est montré être la solution la plus efficace pour la compensation des problèmes liée à la tension. Cependant ces performances dépendent de la technique utilisée pour identifier les tensions harmoniques de références et la stratégie de commande mise en oeuvre. Il existe plusieurs techniques d'identification des harmoniques de référence et stratégies de commande que nous aborderons dans ce chapitre.

III.2.Filtre actif série

Le filtre actif série est une solution pour protéger des charges sensibles contre les perturbations de tension du réseau électrique. Il s'insère entre le réseau perturbé et la charge à protéger par l'intermédiaire d'un transformateur d'injection de tension. Le schéma du circuit de puissance est donné par la Figure (III-1), Le filtre actif se compose de deux parties distinctes: la partie puissance et la partie commande. La partie puissance est constituée le plus souvent d'un convertisseur de tension triphasé deux ou trois-niveaux (NPC), d'un système d'alimentation en tension continue, d'un filtre de sortie et de transformateurs monophasés d'injection de tension. Pour la partie commande, on a le bloc d'identification ou de calcul des tensions de références, et le contrôle des tensions injectées au réseau [37]

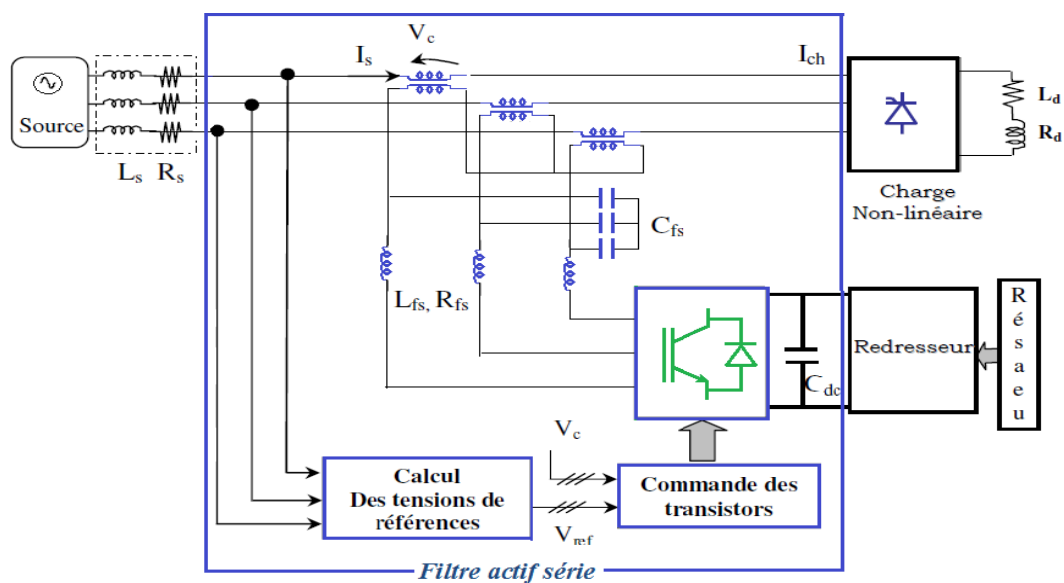


Figure III . 1 : Schéma de principe d'un filtre actif série

III.3.Methodes d'identification des signaux

III.3.1.methodes des puissances active et réactive instantanée pq

Deux stratégies peuvent être utilisées pour l'identification des tensions perturbatrices en utilisant la théorie des puissances actives et réactives instantanées. La première approche peut être formulée de la façon suivante [38]:

Admettons que la tension source est triphasé symétrique et polluée, nous avons:

$$\begin{bmatrix} U_a \\ U_b \\ U_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{n=1}^{\infty} \sqrt{2} U_n \sin(nwt + \theta_n) \\ \sum_{n=1}^{\infty} \sqrt{2} U_n \sin\left(nwt - \frac{2\pi}{3} + \theta_n\right) \\ \sum_{n=1}^{\infty} \sqrt{2} U_n \left[\sin\left(nwt + \frac{2\pi}{3}\right) + \theta_n\right] \end{bmatrix} \quad \text{III.1}$$

U_n et θ_n Sont respectivement la valeur de tension efficace et l'angle de phase initiale, (n) est l'ordre de l'harmonique.

Lorsque n=1, nous avons une source de tension triphasé fondamentale:

$$\begin{bmatrix} U_a \\ U_b \\ U_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sqrt{2} U_1 \sin(nwt + \theta_1) \\ \sqrt{2} U_1 \sin\left(nwt - \frac{2\pi}{3} + \theta_1\right) \\ \sqrt{2} U_1 \left[\sin\left(nwt + \frac{2\pi}{3}\right) + \theta_1\right] \end{bmatrix} \quad \text{III.2}$$

La transformation de l'équation (II.2) au repère de référence ($\alpha - \beta$) donne l'équation (II.3)

$$\begin{bmatrix} U_\alpha \\ U_\beta \end{bmatrix} = C_{32} \begin{bmatrix} U_a \\ U_b \\ U_c \end{bmatrix} = \sqrt{3} \begin{bmatrix} \sum_{n=1}^{\infty} U_n \sin(nwt + \theta_n) \\ \sum_{n=1}^{\infty} \mp U_n \left[\sin(nwt + \theta_n)\right] \end{bmatrix} \quad \text{III.3}$$

Avec

$$C_{32} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & -\sqrt{\frac{3}{2}} & \sqrt{\frac{3}{2}} \end{bmatrix} \quad \text{III.4}$$

L'image de courant triphasé fondamentale est donné par :

$$\begin{pmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{pmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} \sin(wt) \\ \sin\left(wt - \frac{2\pi}{3}\right) \\ \sin\left(wt + \frac{2\pi}{3}\right) \end{bmatrix} \quad \text{III.5}$$

La transformation de l'équation (II.5) au repère de référence ($\alpha - \beta$) est donné par:

$$\begin{bmatrix} I_\alpha \\ I_\beta \end{bmatrix} = C_{32} \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sin(\omega t) \\ -\cos(\omega t) \end{bmatrix} \quad \text{III.6}$$

En faisant appel à la théorie des puissances active et réactive instantanées [39] :

$$\begin{bmatrix} p \\ q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} U_\alpha & U_\beta \\ U_\beta & -U_\alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_\alpha \\ I_\beta \end{bmatrix} \quad \text{III.7}$$

Où les composantes DC et AC sont incluses:

$$\begin{bmatrix} p \\ q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \bar{p} & + & \tilde{p} \\ \bar{q} & + & \tilde{q} \end{bmatrix} \quad \text{III.8}$$

En faisant passer p et q à travers des filtres passe-bas (FPB), la composante continue est donné par:

$$\begin{bmatrix} \bar{p} \\ \bar{q} \end{bmatrix} = \sqrt{3} \begin{bmatrix} U_1 \sin(\theta_1) \\ U_1 \sin(\theta_1) \end{bmatrix} \quad \text{III.9}$$

En utilisant l'équation (II.7), la transformation est réalisée:

$$\begin{bmatrix} p \\ q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} U_\alpha & U_\beta \\ U_\beta & -U_\alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_\alpha \\ I_\beta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_\alpha & I_\beta \\ -I_\beta & I_\alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_\alpha \\ U_\beta \end{bmatrix} \quad \text{III.10}$$

Les composantes DC de p et q sont donnés par :

$$\begin{bmatrix} \bar{p} \\ \bar{q} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} U_{\alpha f} & U_{\beta f} \\ U_{\beta f} & -U_{\alpha f} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_\alpha \\ I_\beta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_\alpha & I_\beta \\ -I_\beta & I_\alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_{\alpha f} \\ U_{\beta f} \end{bmatrix} \quad \text{III.11}$$

Les tensions fondamentales dans le référentiel $(\alpha - \beta)$ sont donné par:

$$\begin{bmatrix} U_{\alpha f} \\ U_{\beta f} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_\alpha & I_\beta \\ -I_\beta & I_\alpha \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \bar{p} \\ \bar{q} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_\alpha & -I_\beta \\ I_\beta & I_\alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{p} \\ \bar{q} \end{bmatrix} \quad \text{III.12}$$

Finalement les tensions fondamentales triphasés sont données par:

$$\begin{bmatrix} U_{\alpha f} \\ U_{\beta f} \\ U_{c f} \end{bmatrix} = C_{23} \begin{bmatrix} U_{\alpha f} \\ U_{\beta f} \end{bmatrix} = \sqrt{2} U_1 \begin{bmatrix} \sin(\omega t + \theta_1) \\ \sin(\omega t + \theta_1 - \frac{2\pi}{3}) \\ \sin(\omega t + \theta_1 + \frac{2\pi}{3}) \end{bmatrix} \quad \text{III.13}$$

Avec :

$$C_{23} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \frac{1}{2} & \sqrt{\frac{3}{2}} \\ -\frac{1}{2} & -\sqrt{\frac{3}{2}} \end{bmatrix}$$

III.14

Le schéma de principe permettant l'identification des tensions perturbatrices basée sur la méthode des puissances active et réactive est donnée par la figure (III.2)

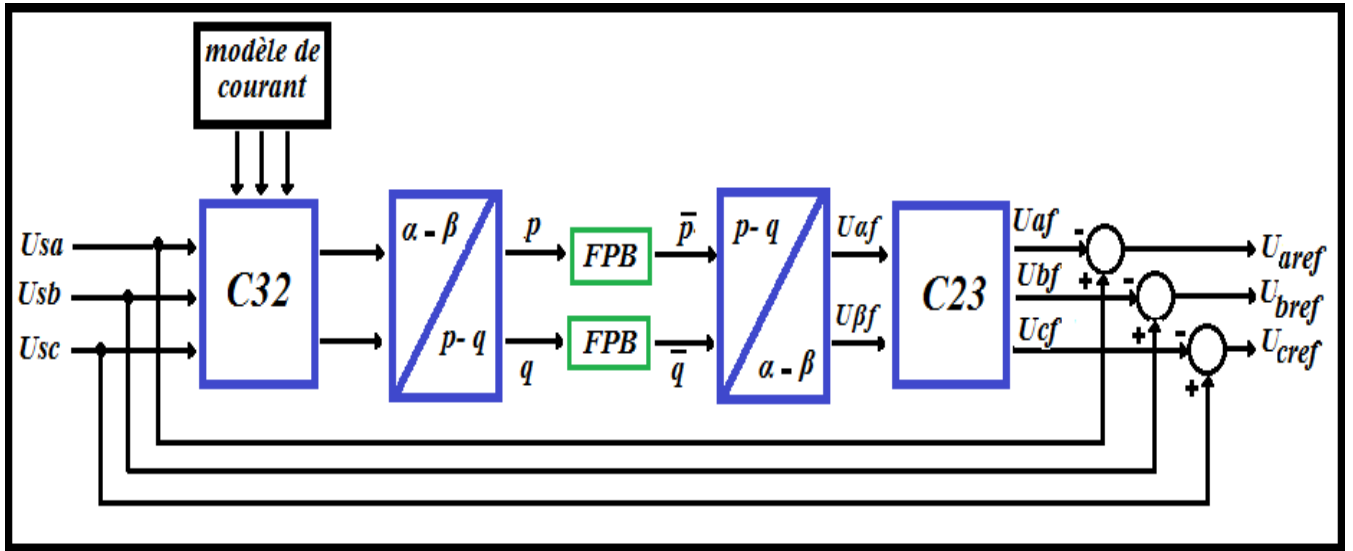


Figure III. 2 : Identification des tensions perturbatrices par méthode PQ1

La deuxième approche consiste en la transformation des tension triphasés de charge ,

, U_{lv} et des courants , i_{lv} , i_{lw} en cordonné biphasé $(\alpha - \beta)$, deux tensions de phase \bar{u} , \bar{i} et deux courants de phase \bar{i}_α , \bar{i}_β sont respectivement obtenus [40]:

$$\begin{bmatrix} U_{\alpha f} \\ U_{\beta f} \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \sqrt{\frac{3}{2}} & -\sqrt{\frac{3}{2}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_{lv} \\ U_{lv} \\ U_{lw} \end{bmatrix} = C_{32} \begin{bmatrix} U_{lv} \\ U_{lv} \\ U_{lw} \end{bmatrix} \quad \text{III.15}$$

$$\begin{bmatrix} I_{\alpha f} \\ I_{\beta f} \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \sqrt{\frac{3}{2}} & -\sqrt{\frac{3}{2}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{lv} \\ I_{lv} \\ I_{lw} \end{bmatrix} = C_{32} \begin{bmatrix} I_{lv} \\ I_{lv} \\ I_{lw} \end{bmatrix} \quad \text{III.16}$$

Dans le plan $(\alpha - \beta)$, \bar{u} peut être décomposé en \bar{u}_α et \bar{u}_β de même que pour i , il peut être décomposé en \bar{i}_α et \bar{i}_β

$$\bar{u} = \bar{u}_\alpha + \bar{u}_\beta \quad \text{III.17}$$

$$\bar{i} = \bar{i}_\alpha + \bar{i}_\beta \quad \text{III.18}$$

Chapitre III

Assumons que u_p est la projection de \bar{u} dans la direction de $\dot{\psi}$ et u_q et la projection de \bar{u} dans la direction verticale de $\dot{\psi}$, u_p et u_q sont données par:

$$\begin{bmatrix} U_\alpha \\ U_\beta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sin wt & -\cos wt \\ -\cos wt & -\sin wt \end{bmatrix} \left(\sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \sqrt{\frac{3}{2}} & -\sqrt{\frac{3}{2}} \end{bmatrix} \right) \begin{bmatrix} I_{lu} \\ I_{lv} \\ I_{lw} \end{bmatrix} \quad \text{III.19}$$

$$\begin{bmatrix} U_p \\ U_q \end{bmatrix} = C_{pq} C_{32} \begin{bmatrix} U_{lu} \\ U_{lv} \\ U_{lw} \end{bmatrix} \quad \text{III.20}$$

Avec :

C_{pq} : est la transformation matricielle permettant la conversion des tensions de phase

u_α et u_β en u_p et .

U_{lu}, U_{lv} et U_{lw} : sont les tensions de phase triphasé.

Les composantes respective \bar{u}_p et \bar{u}_q dans u_p et u_q correspondent à la séquence positive active et réactive fondamentale des tensions de phase triphasé. Les composantes fondamentale , U_{lvf} et U_{lwf} dans la charge peuvent être obtenue par la transformation inverse :

$$\begin{bmatrix} U_{lu} \\ U_{lv} \\ U_{lw} \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{1}{2} & \sqrt{\frac{3}{2}} \\ -\frac{1}{2} & -\sqrt{\frac{3}{2}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sin wt & -\cos wt \\ -\cos wt & -\sin wt \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{u}_p \\ \bar{u}_q \end{bmatrix} \quad \text{III.21}$$

$$\begin{bmatrix} U_{lu} \\ U_{lv} \\ U_{lw} \end{bmatrix} = C_{23} C_{pq}^{-1} \begin{bmatrix} \bar{u}_p \\ \bar{u}_q \end{bmatrix} \quad \text{III.22}$$

Ou C_{pq}^{-1} est la matrice inverse de . Cependant les tensions de compensation peuvent être calculées selon:

$$\begin{bmatrix} U_{luc} \\ U_{lvc} \\ U_{lwc} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} U_{lu} \\ U_{lv} \\ U_{lw} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} U_{luf} \\ U_{lvf} \\ U_{lwf} \end{bmatrix} \quad \text{III.23}$$

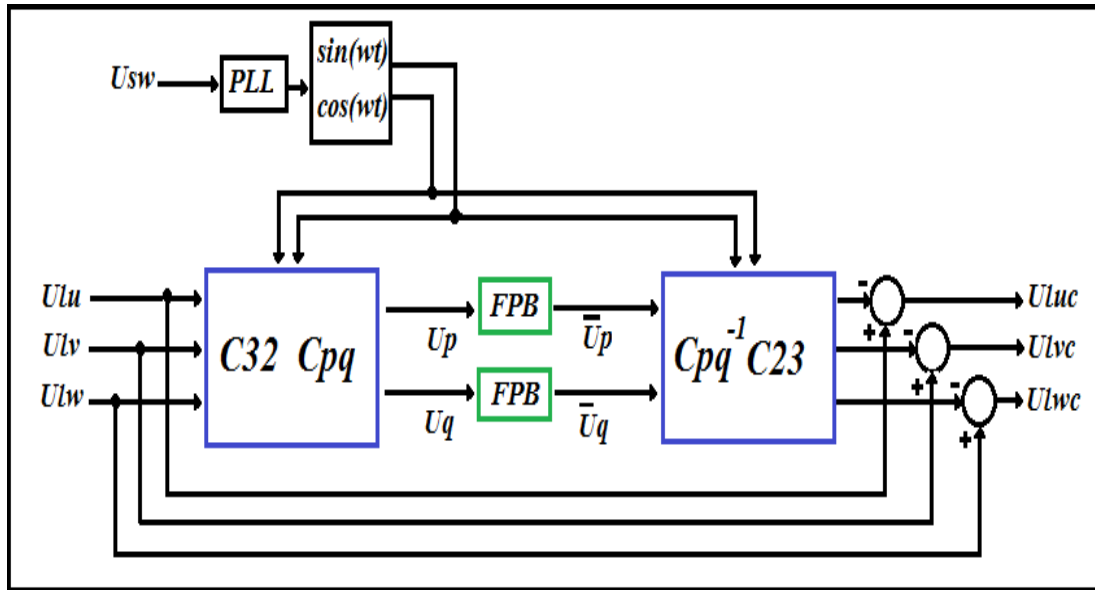


Figure III . 3 : Identification des tensions perturbatrices par méthode PQ2

III.3.2.Méthode des puissances instantanées

La méthode des puissances instantanées est une méthode temporelle. Elle a été utilisée afin d'éviter les difficultés dues au nombre élevé de calcul lors de la mise en œuvre des méthodes fréquentielles telle que la méthode de Fourier (Transformées de Fourier rapide ou discrète). Cette méthode a été introduite par H. Akagi. Son principe est basé sur le passage de systèmes triphasés constitués par les tensions simples et les courants de ligne, à un système diphasé(Repèr, $\alpha \beta$ (en utilisant la transformation de Clark, afin de calculer les puissances réelles et imaginaires instantanées. La méthode des puissances réelle et imaginaire instantanées basée essentiellement sur le principe de la puissance active $p(t)$ et réactive $q(t)$ instantanées pour la détermination de la tension fondamentale v_{\square} et la tension harmonique v_{\square} d'une tension de réseau perturbé, elle utilise la transformation de (α, β)

[41,42,43,44]

En présence des harmoniques, la puissance apparente est composée de trois parties : active(P), décalage (Q) et déformante (D), l'ensemble des puissances du a la déformation et au décalage des courant par rapport à la tension représente la puissance réactive, ainsi l'expression de la puissance apparent sera donne par la relation suivante :

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2 + D^2} \quad \text{III.24}$$

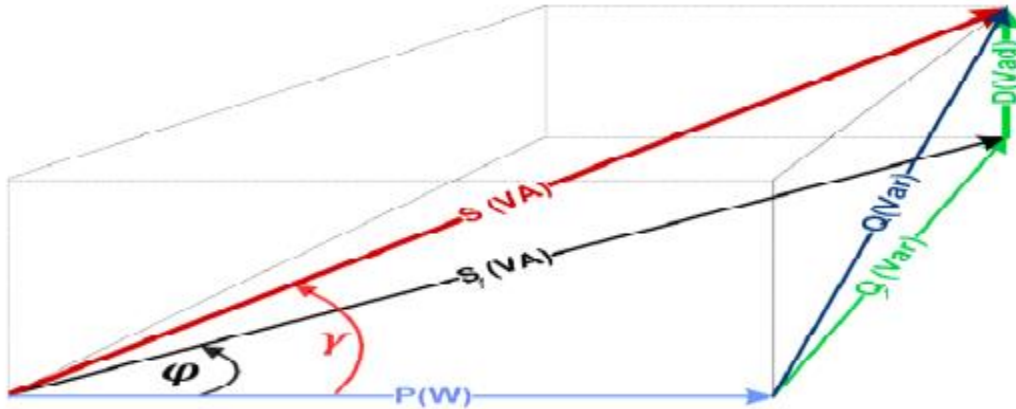


Figure III . 4 : représentation de la puissance apparente.

Dans le repère (a, b, c) les puissances active et réactive instantanées $p(t)$ et $q(t)$ sont données par :

$$P(t) = V_a * I_a + V_b * I_b + V_c * I_c \quad \text{III.25}$$

$$Q(t) = -\frac{1}{\sqrt{3}} [(V_a - V_b) * I_c + (V_b - V_c) * I_a + (V_c - V_a) * I_b] \quad \text{III.26}$$

Pour définir les puissances instantanées active et réactive $p(t)$ et $q(t)$ on note respectivement :

$$(\mathbf{V}) = \begin{pmatrix} V_d \\ V_i \\ V_o \end{pmatrix} \quad \text{III.27}$$

$$(\mathbf{I}) = \begin{pmatrix} I_d \\ I_i \\ I_o \end{pmatrix} \quad \text{III.28}$$

AVEC :

$(V_d, V_i, V_o), (I_d, I_i, I_o)$: Les tensions et les courants symétriques.

Si on note (V_d, V_q) et (I_d, I_q) les composantes orthogonales du repère dq associées respectivement aux tensions (V_d, V_i, V_o) et aux courants (I_d, I_i, I_o) , les valeurs de (V_d, V_q) et (I_d, I_q) seront données par les expressions suivantes :

La relation des tensions

$$\begin{pmatrix} V_d \\ V_q \\ V_o \end{pmatrix} = P(\theta) \begin{pmatrix} V_d \\ V_i \\ V_o \end{pmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{pmatrix} \cos \theta & \cos(\theta - \frac{2\pi}{3}) & \cos(\theta - \frac{4\pi}{3}) \\ \sin \theta & \sin(\theta - \frac{2\pi}{3}) & \sin(\theta - \frac{4\pi}{3}) \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_d \\ V_i \\ V_o \end{pmatrix} \quad \text{III.29}$$

$$\begin{pmatrix} I_d \\ I_q \\ I_o \end{pmatrix} = P(\theta) \begin{pmatrix} I_d \\ I_i \\ I_o \end{pmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{pmatrix} \cos \theta & \cos(\theta - \frac{2\pi}{3}) & \cos(\theta - \frac{4\pi}{3}) \\ \sin \theta & \sin(\theta - \frac{2\pi}{3}) & \sin(\theta - \frac{4\pi}{3}) \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_d \\ I_i \\ I_o \end{pmatrix} \quad \text{III.30}$$

On peut décomposer les tensions (V_d, V_q) et les courants (I_d, I_q) en deux termes, les composantes fondamentales et harmoniques. Les harmoniques se comportent comme une composante alternative et les termes fondamentaux se comportent comme une composante continue, donc on peut écrire :

$$\begin{pmatrix} V_d \\ V_q \\ V_o \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \overline{V_D} & + & \widetilde{V_D} \\ \overline{V_q} & + & \widetilde{V_q} \\ V_o \end{pmatrix} \quad \text{III.31}$$

ET :

$$\begin{pmatrix} I_d \\ I_q \\ I_o \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \overline{I_D} & + & \widetilde{I_D} \\ \overline{I_q} & + & \widetilde{I_q} \\ V_o \end{pmatrix} \quad \text{III.32}$$

Avec

$\overline{V_D}$ et $\overline{V_q}$: : composante fondamentale (continue) de la tension dans le repère dq.

$\widetilde{V_D}$ et $\widetilde{V_q}$: : composante harmonique (alternative) de la tension dans le repère dq.

$\overline{I_D}$ et $\overline{I_q}$: : composante fondamentale (continue) de courant dans le repère dq.

$\widetilde{I_D}$ et $\widetilde{I_q}$: : composante harmonique (alternative) de courant dans le repère dq.

Les composantes ayant l'indice (o) représentent les composantes homopolaires du système triphasé du courant et de la tension.

A partir des équations (III.29) et (III.30), on calcule les puissances actives p, réactive q et la puissance homopolaire p_0 elles sont données par la relation suivante :

$$\begin{pmatrix} V_d \\ V_q \\ V_o \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} V_d & V_q & 0 \\ -V_q & V_d & 0 \\ 0 & 0 & V_o \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_d \\ I_i \\ I_o \end{pmatrix} \quad \text{III.33}$$

Dans le repère (d q) on peut écrire les puissances réelles et imaginaires sous la forme suivante :

$$P = V_d * I_d + V_q * I_q + V_o * I_o \quad \text{III.34}$$

$$P = P_o + P_a \quad \text{III.35}$$

$$P_a = V_d * I_d + V_q * I_q \quad \text{III.36}$$

$$P_o = V_o * I_o$$

$$Q = V_d * I_q - V_q * I_d \quad \text{III.37}$$

III.4 Commande des filtres actifs de puissance

III.4.1. Commande a modulation de largeur d'impulsion (MLI) :

Les tensions obtenues aux bornes du récepteur (la charge) pour les onduleurs triphasés conventionnels présentent plusieurs harmoniques, il est donc nécessaire de chercher à se rapprocher d'une forme d'onde sinusoïdale. Pour cela on fait appel à la technique de modulation de largeur d'impulsion (MLI). Dans ce contexte, nous savons bien qu'avec la possibilité d'avoir des transistors de puissance à un coût moindre il est devenu possible d'utiliser la technique MLI pour améliorer la forme d'onde du courant du moteur, et par la conséquence, la minimisation des harmoniques provoquant l'échauffement de la machine et les ondulations du couple. En fait l'onduleur de tension à MLI est toujours choisi pour avoir une réponse rapide et des performances élevées. Dans ce type d'onduleur, la tension redressée alimentant l'onduleur peut être xée par l'utilisation d'un redresseur à diodes.

Dans ce cas, la tension et la fréquence de sortie sont contrôlées par l'onduleur en utilisant la technique MLI. Elle consiste à adopter une fréquence de commutation supérieure à la fréquence des grandeurs de sortie, et à former chaque alternance de la tension de sortie d'une succession de créneaux de largeurs convenables.[45] La manipulation de nombre des impulsions formant chacune des alternances d'une tension de sortie d'un onduleur à MLI présente deux avantages importantes à s'avoir :

- Repousser vers des fréquences élevées les harmoniques d'ordres inférieurs de la tension

de sortie, ce que facilite le lettrage au niveau de la charge.

- Elle permet de faire varier la valeur fondamentale de la tension désirée.

En été, les deux stratégies de modulation les plus utilisées en boucle ouverte pour un onduleur de tension triphasé sont la modulation sinusoïdale et la modulation vectorielle

III.4.1. 1. Principe de base de MLI :

Le principe de base de la modulation de largeur d'impulsion est basé sur le découpage d'une pleine onde rectangulaire. Ainsi la tension de sortie de l'onduleur est formée par une succession de créneaux d'amplitude égale à la tension d'alimentation (continue) et de largeur variable. La technique la plus répandue pour la reproduction d'un signal MLI est de

comparer un signal triangulaire appelé porteuse de haute fréquence à un signal de référence appelé modulateur et qui constitue l'image du signal de sortie de l'onduleur, Figure III.5 .[46]

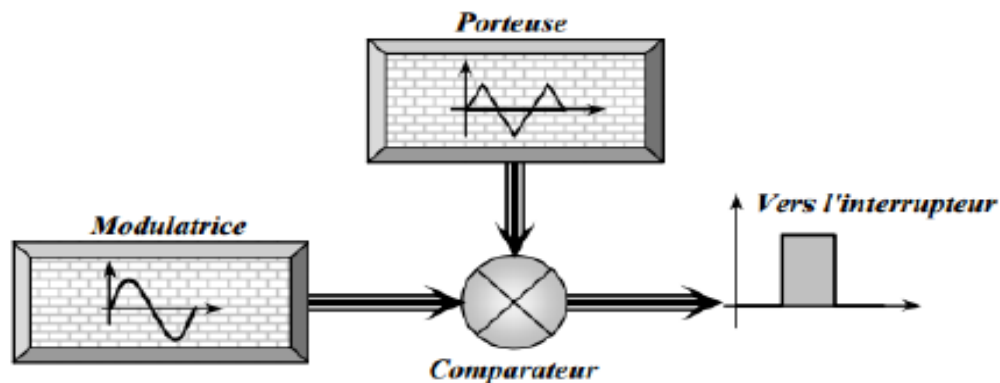


Figure III . 5 : Schéma synoptique de la M.L.I

III.4.1. 2. Caractéristiques de la modulation :

La technique de la MLI se caractérise par deux grandeurs :

Le coefficient de réglage :

qui est défini comme étant le rapport de l'amplitude de l'onde modulante à celle de l'onde porteuse. Il permet de déterminer l'amplitude du fondamental de l'onde de modulation de largeur d'impulsion :

$$r = A_r / A_p$$

A_r : Amplitude de la référence A_p : Amplitude de la porteuse B L'indice de modulation :

Il est défini comme étant le rapport de la fréquence de l'onde porteuse à celle de l'onde Modulante [46]

$$m = f_p / f_r$$

f_p : La fréquence du modulation f_r : La fréquence de la référence La modulation montre que plus(m) est grand et plus la neutralisation des harmoniques est efficace, d'autre part on cherche à obtenir une valeur de (r) la plus élevée possible.[47]

-La modulation est dite synchrone si (m) est un nombre entier cela conduit à une tension de sortie (U) qui se reproduit identiquement à elle-même tout les $T = 1/f$

- Dans certains cas la modulation est asynchrone, notamment quand à fréquence de modulation

f_p , donnée, on fait varier de façon continue la fréquence de la référence.

- Pour le choix de m , on doit tenir compte des pertes supplémentaires pendant les commutations d'un état à l'autre Ces pertes croissent lorsque la séquence de modulation augmente[47] .

- On ne pourra jamais fonctionner avec un rapport de réglage égal à "1", car il faut toujours laisser une dead-time aux intervalles de conduction et de blocage des interrupteurs d'un même bras [47].

III.4.2 Commande par MLI vectorielle (Space Vector Modulation S.V.M):

La méthode MLI vectorielle est largement utilisée dans la commande des onduleurs, elle peut augmenter la valeur maximale de la tension de sortie de l'onduleur avec un taux de distorsion harmonique réduit par rapport à ceux obtenus par la méthode MLI sinusoïdale. Il y a plusieurs algorithmes utilisant la MLI vectorielle pour commander l'onduleur ou le redresseur. Le but de toutes les stratégies de modulation est de réduire les pertes de commutation et les harmoniques, et d'assurer une commande précise [48].

III.4.2.1. Le Principe de MLI vectorielle (Space Vector Modulation S.V.M):

Les tensions de référence sont la tension simple désirée. Cette technique de MLI suit les principes suivants :

- le signal de référence est échantillonné à intervalles réguliers T . -pour chaque phase, réalisation d'une impulsion de largeur T centrée sur la période dont la valeur moyenne est égale à la valeur de la tension de référence à l'instant d'échantillonnage.
- tous les interrupteurs d'un même demi-point ont un état identique au centre et aux deux extrémités de la période (pour une MLI discontinue, l'état d'un des interrupteurs de chaque demi-point reste constant ce qui diminue les pertes de commutation mais augmente les harmoniques) [48].

Le principe de la modélisation par la méthode vectorielle est généralisée dans la figure suivante [49] :

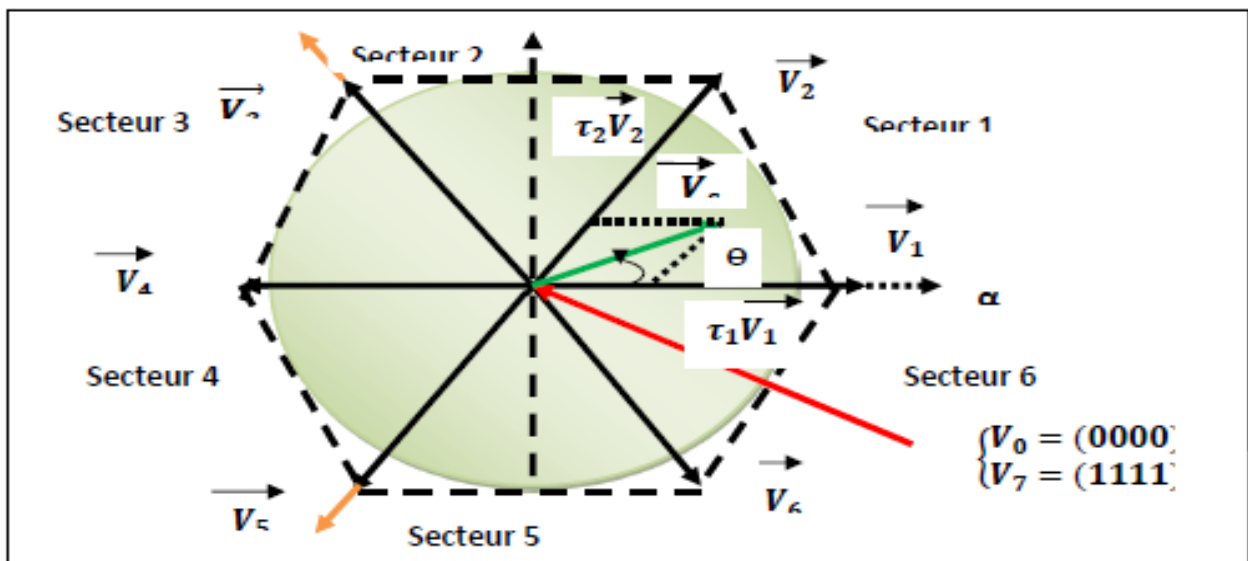


Figure III . 6 : Diagramme des 6 secteurs de la SVM.

III.4.3. La modulation vectorielle (SVPWM) :

La stratégie de la modulation vectorielle est proposée par < Der Broeck in 1988 >. Elle consiste à générer une séquence spéciale des états de l'onduleur. La modulation vectorielle est une modulation en temps réel. Elle utilise le fait qu'un vecteur peut représenter les trois tensions d'un système triphasé de somme nulle.

Cette modulation est utilisée par les commandes modernes des machines à courant alternatif, les tensions de référence sont les tensions désirées à la sortie de l'onduleur. Cette technique à SVPWM est basée sur les principes suivants : [37][50]

- Le signal de référence est échantillonné sur des intervalles T (SVPWM régulière).
- Pour chaque phase, on envoie une impulsion de largeur centrée sur la période (SVPWM symétrique) dont la valeur moyenne est égale à la valeur de la tension de référence à l'instant d'échantillonnage.
- Tous les interrupteurs d'un même demi-point ont un état identique au centre et aux deux extrémités de la période.

III.4.3.1. Le principe de la modulation vectorielle (SVPWM) :

Le principe de la modélisation vectorielle (SVPWM) consiste à reconstruire le vecteur tension V_{ref} à partir de huit vecteurs tensions. Chacun de ces vecteurs correspond à une combinaison de l'état des interrupteurs d'un onduleur de tension triphasé. La SVPWM est la méthode récemment la mieux adaptée au contrôle des moteurs alternative alimentés par des onduleurs contrairement à d'autres méthodes. Elle consiste à considérer globalement le système triphasé, et à lui appliquer une transformée de Concordia pour se ramener dans le plan $(V;V)$. Le système triphasé des tensions à générer pour la durée d'échantillonnage en cours peut alors être représenté comme un unique vecteur dans ce plan. Ce vecteur n'est pas directement réalisable par les interrupteurs du variateur, mais on peut chercher les trois conjonctions les plus proches (situées sur les sommets et au centre de l'hexagone), et les appliquer successivement pendant une fraction adéquate de la période d'échantillonnage, de façon à obtenir en valeur moyenne le vecteur recherché [37][45][50].

III.5. Partie sumilank

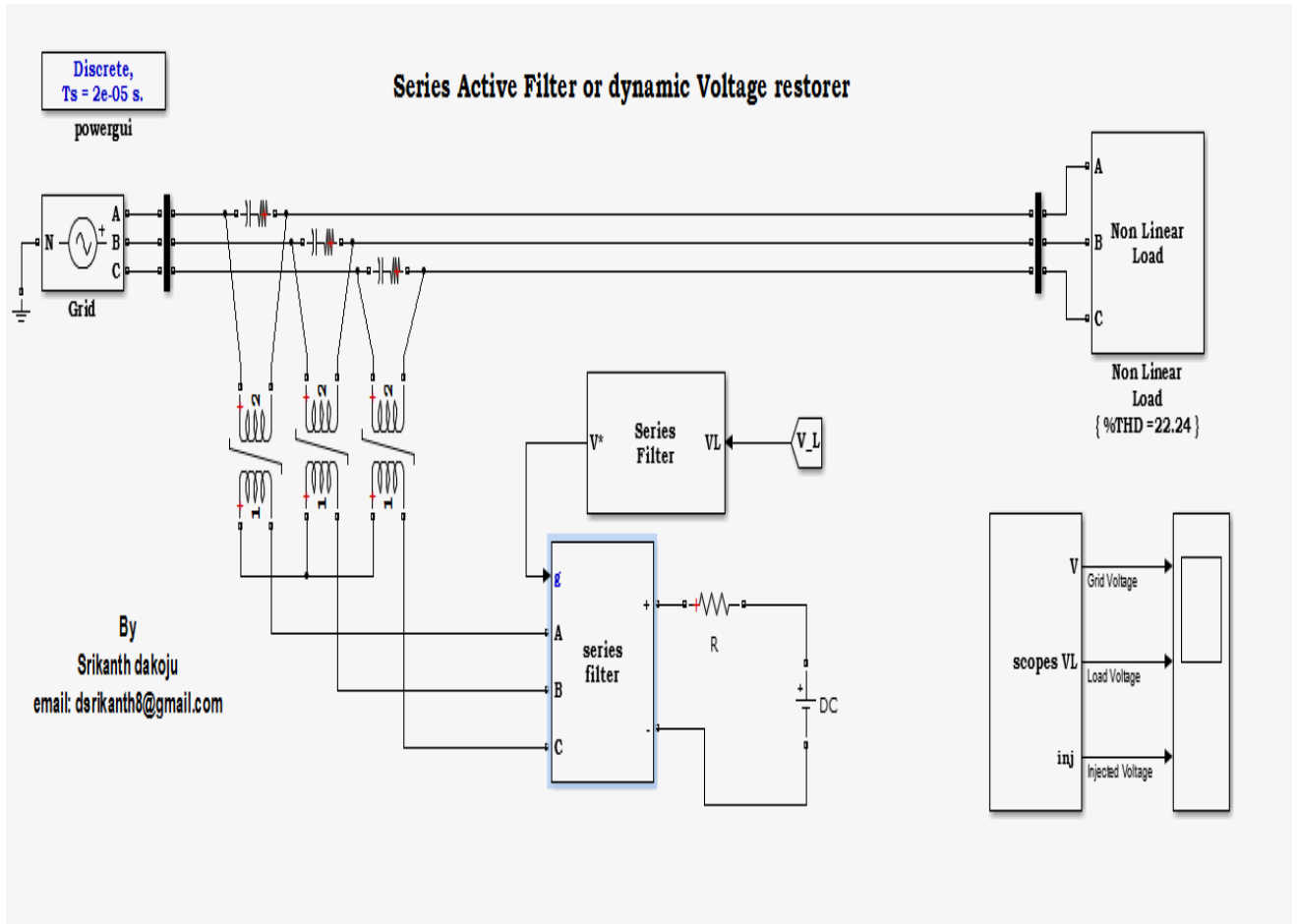


Figure III . 7 : Schema SUMILINK

III.5. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons d'abord vu la méthode de reconnaissance des balises,

Ensuite, nous avons introduit les méthodes de contrôle des filtres de puissance active et les principe de chaque méthode

*Chapitre IV : simulation et
résultat*

IV.1.Introduction :

Les systèmes d'entraînement électrique sont soumis à des divers défauts dont les conséquences dépendent de manière significative de leurs emplacements. Un défaut un des composants des blocs constituant la chaîne de conversion d'énergie peut entraîner une perte partielle ou totale du contrôle de l'actionneur et des arrêts de maintenance non planifiés entraînant des pertes de production importantes. Dans d'autres situations, ces défauts peuvent provoquer des conséquences désastreuses et des dangers. Ainsi, il est primordial de surveiller le fonctionnement des systèmes et à réagir aux problèmes potentiels au bon moment afin d'améliorer la sécurité et la fiabilité des processus. Le développement d'une surveillance fiable et des méthodes de détection de défauts rapides, ainsi que des stratégies de contrôle tolérantes aux pannes ont reçu une attention accrue à la fois dans les domaines de la recherche et de l'industrie. Il y a plusieurs défauts dans un système d'entraînement électrique Dans cette étude, nous nous intéressons aux défauts qui peuvent survenir de circuit ouvert et leur détection

IV.2.Partie de simulation:

IV.2.1.Etat sain

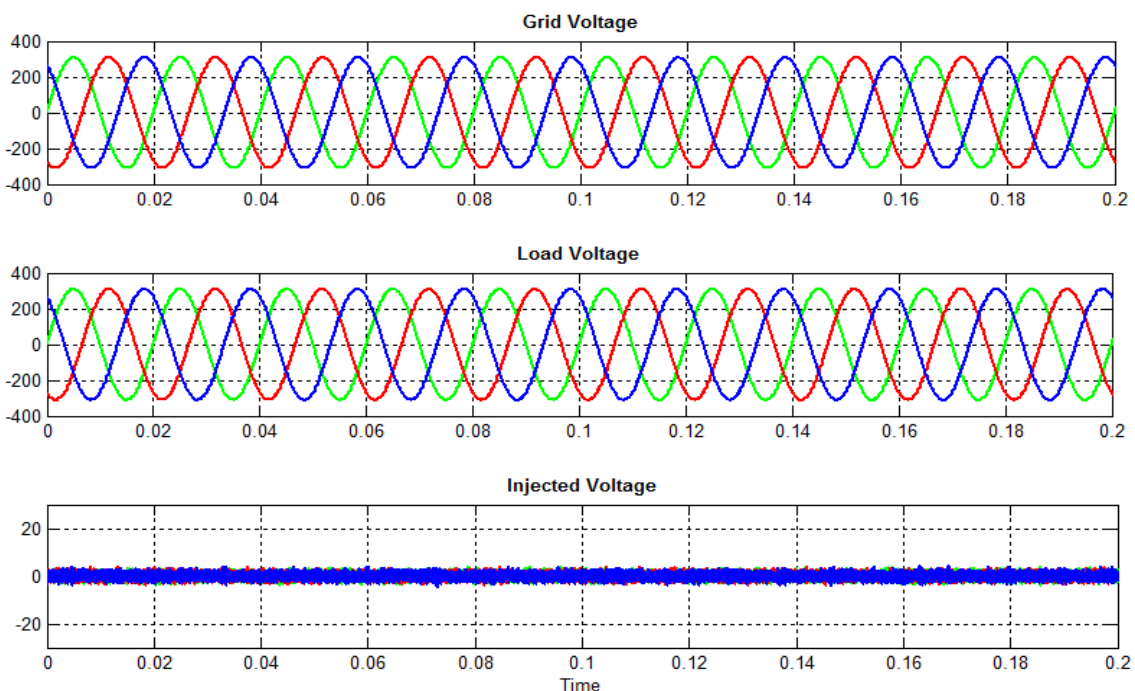


Figure IV . 1 : Résultats de simulation Etat sain

IV.2.2.1er cas : T1 de circuit ouvert

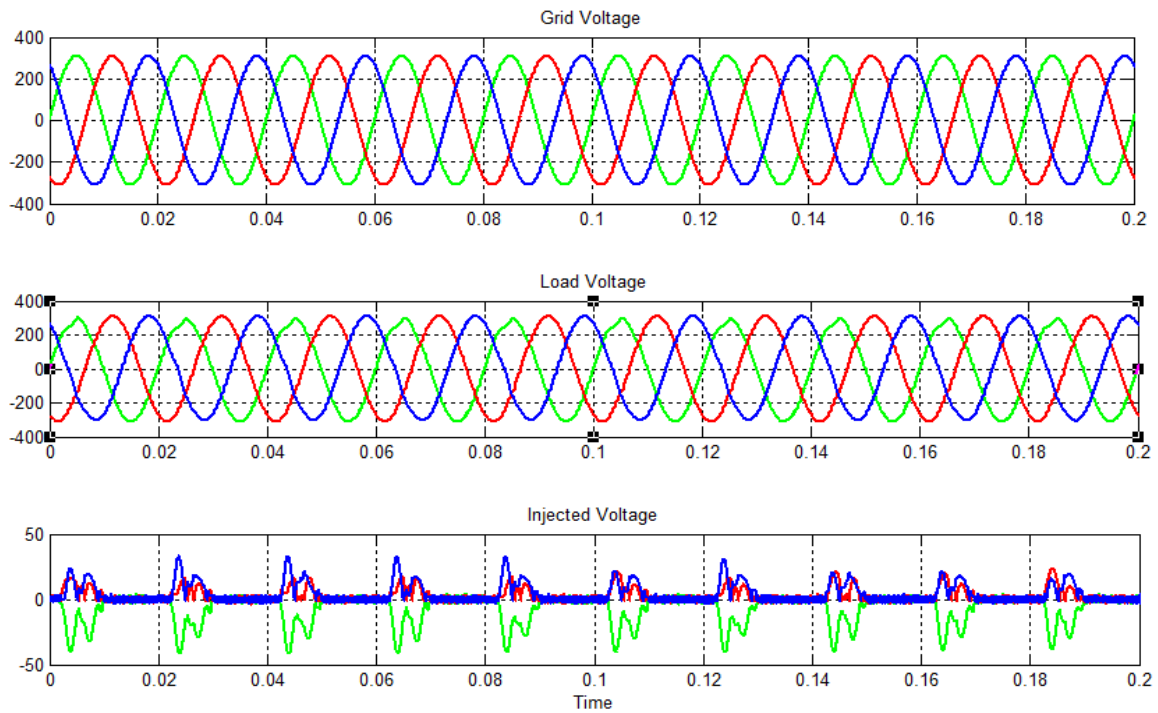


Figure IV . 2 : Résultats de simulation «T1 circuit ouvert ».

IV.2.3.2ème cas T2 circuits ouvertes :

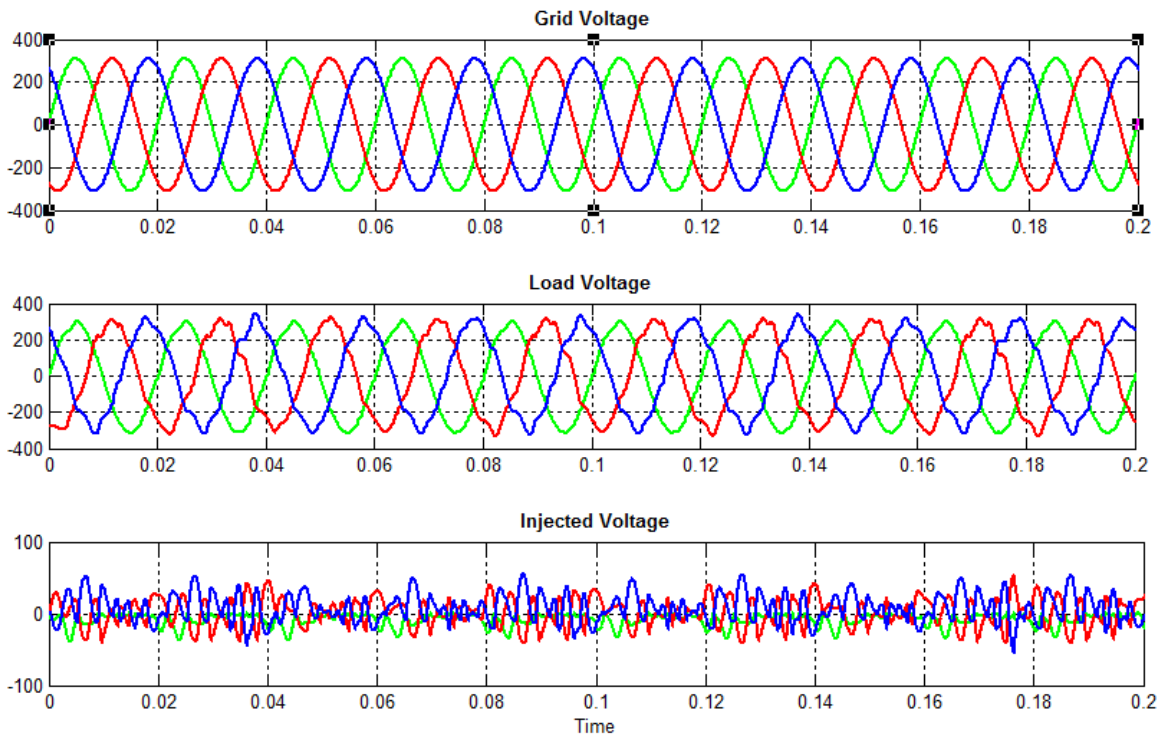


Figure IV . 3 : Résultats de simulation «T2 circuit ouvert ».

IV.2.4.3^{ème} cas T3 circuits ouvertes :

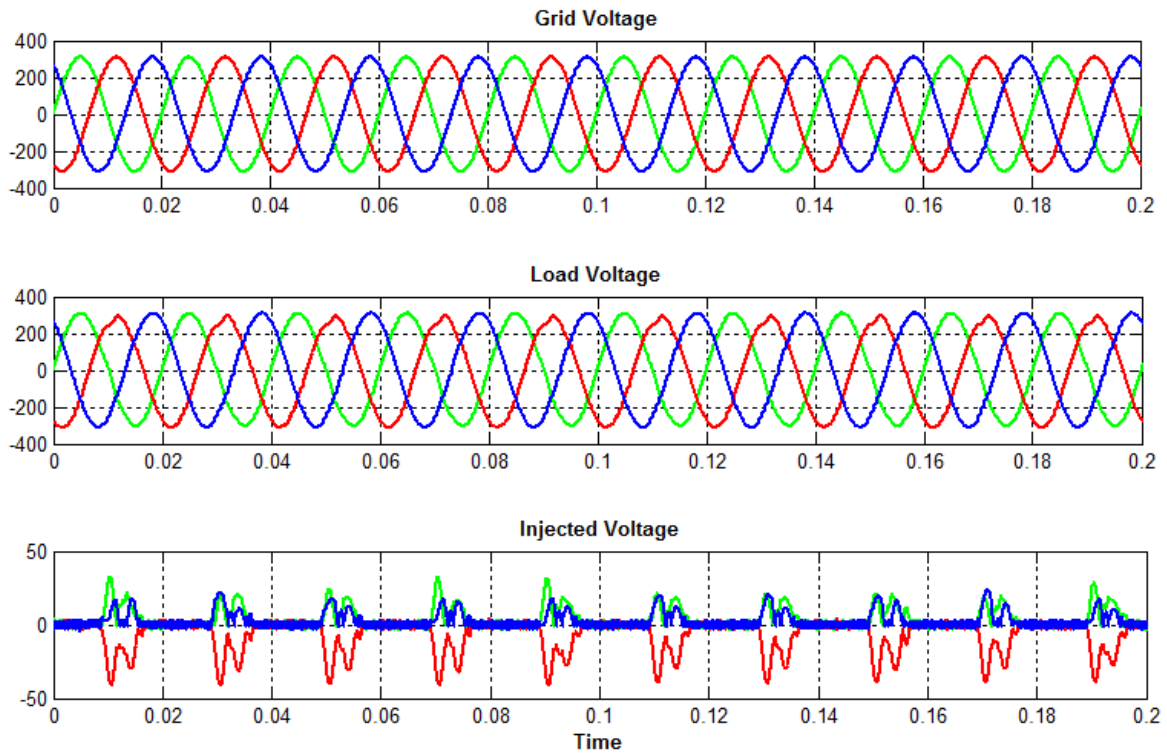


Figure IV . 4 : Résultats de simulation «T3 circuit ouvert ».

IV.2.5.4^{ème} cas T4 circuits ouvertes :

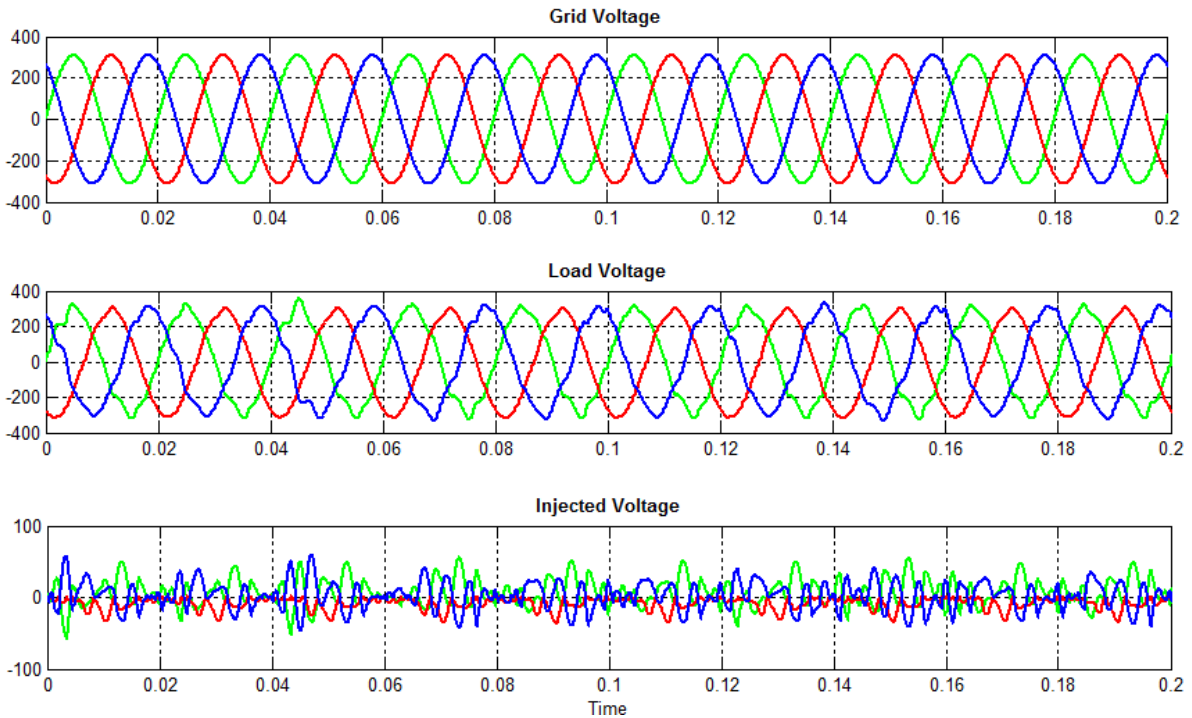


Figure IV . 5 : Résultats de simulation «T4 circuit ouvert ».

IV.2.6. 5^{ème} cas T5 circuits ouvertes :

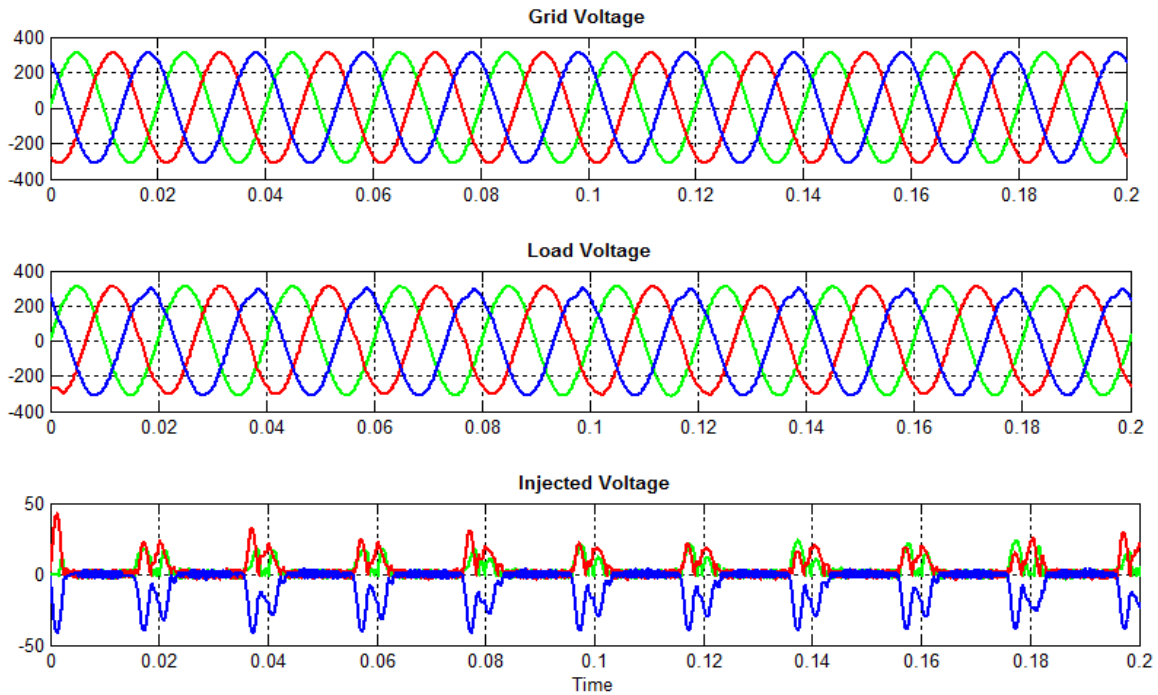


Figure IV . 6 : Résultats de simulation «T5 circuit ouvert ».

IV.2.7.6^{ème} cas T6 circuits ouvertes :

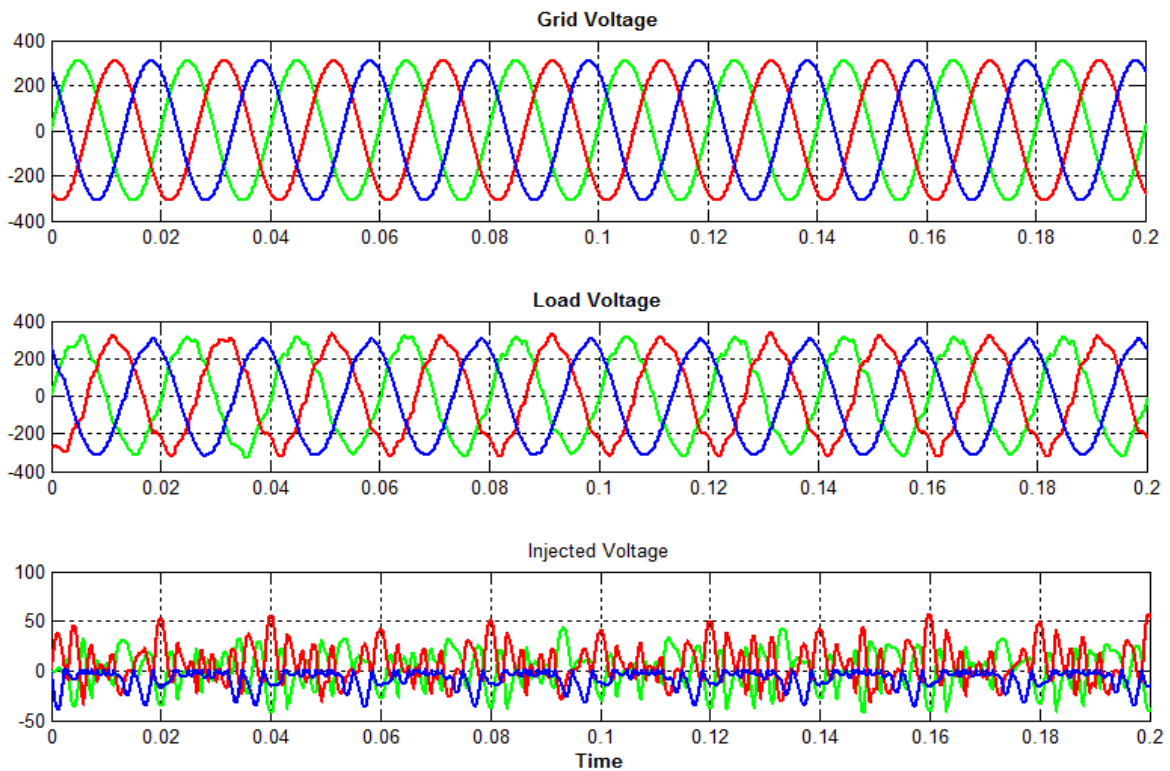


Figure IV . 7 : Résultats de simulation «T6 circuit ouvert ».

IV.10.Caractéristique du RNA

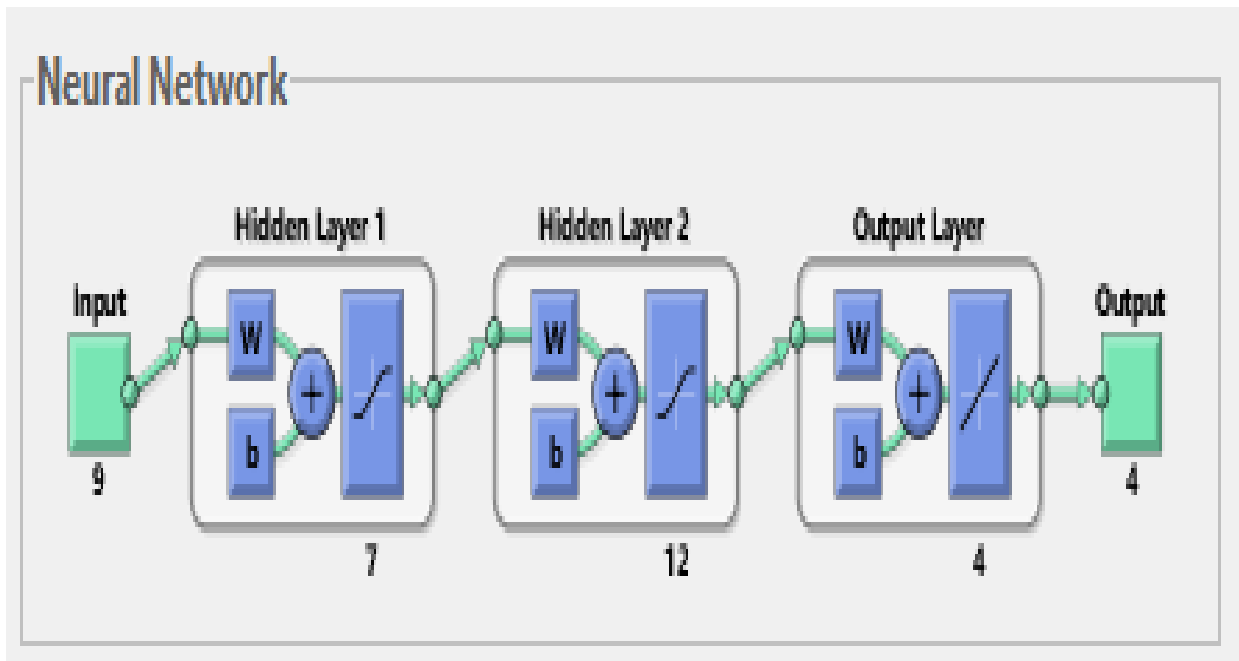


Figure IV . 8 : réseau de neuronal (RNA)

| | |
|------------------------------|------------|
| Nombre de couche | 04 |
| Nombre neurone couche entrée | 06 |
| Nombre neurone couche sortie | 04 |
| Nombre couche cachée 02 | [7 , 12] |
| Couche 1 | 7 |
| Couche 2 | 12 |
| Erreur | 10^{-12} |
| Nombre d'itération | 300000 |

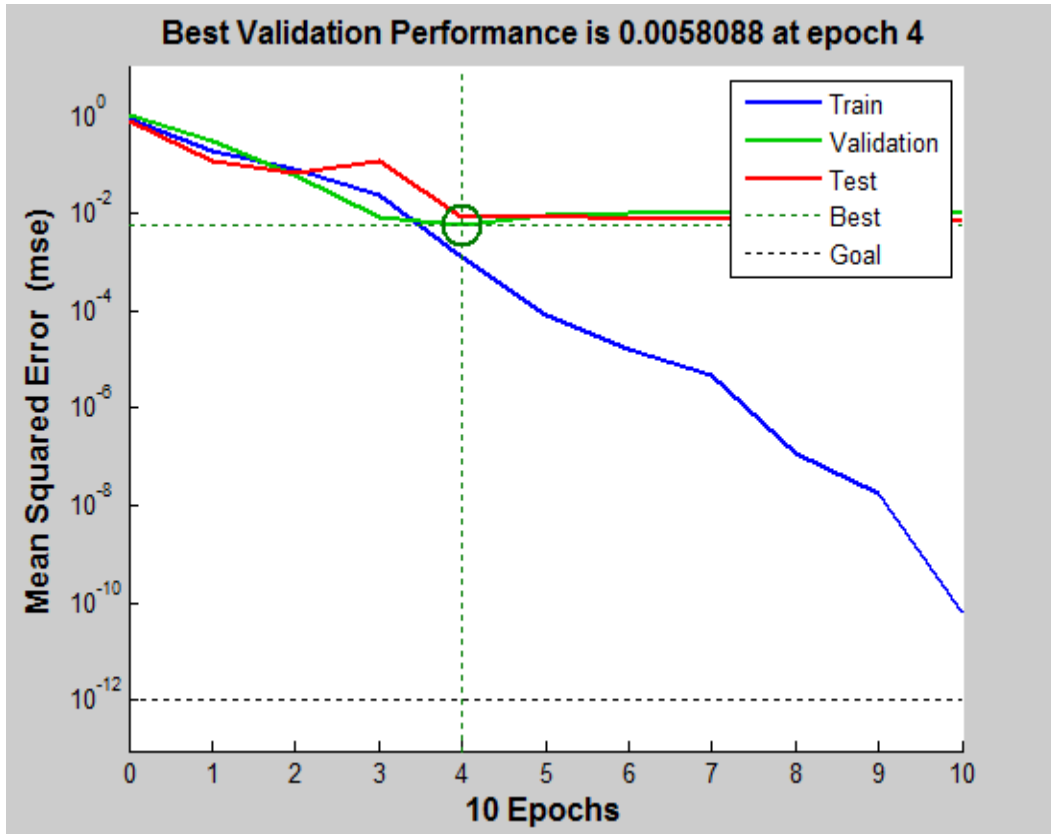


Figure IV . 9 : Performances de training de réseau neuronal

CHAPITRE IV

| ETAT | Sortie désiré | Sortie réel | Taux de classification |
|-----------|---------------|-------------|------------------------|
| Sain | 0 | 0.1372 | 97 % |
| | 0 | - 0.0027 | |
| | 0 | 0.0341 | |
| | 0 | - 0.0786 | |
| Switch T1 | 1 | 0.9622 | |
| | 0 | 0.1769 | |
| | 0 | 0.1123 | |
| | 1 | 0.9093 | |
| Switch T2 | 1 | 0.9786 | |
| | 0 | -0.0873 | |
| | 1 | 1.0467 | |
| | 0 | 0.2823 | |
| Switch T3 | 1 | 0.9583 | |
| | 0 | 0.0337 | |
| | 1 | 0.9133 | |
| | 0 | 0.9383 | |
| Switch T4 | 1 | 1.0339 | |
| | 1 | 0.9073 | |
| | 0 | 0.9260 | |
| | 0 | 0.2325 | |
| Switch T5 | 1 | 0.9921 | |
| | 1 | 0.9705 | |
| | 0 | 0.0195 | |
| | 1 | 0.9799 | |
| Switch T6 | 1 | 0.9792 | |
| | 1 | 1.1245 | |
| | 1 | 0.9442 | |
| | 1 | 0.9312 | |

Tableau IV . 1 . Résultats de RNA

Conclusion

Ce chapitre a été consacré à l'étude du système de détection, localisation du défaut de circuit ouvert d'un transistor du convertisseur statique et son impact sur le comportement de tout le système.

Nous avons proposé une nouvelle méthode basée sur le RNA, permettant de détecter, d'identifier automatiquement le défaut, et ainsi signaler sa présence et entamer la maintenance. La méthode proposée détecte l'apparition du défaut concerné et identifie le composant défectueux.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Lois de l'élaboration de notre projet, il est apparue claire l'importance d'un système de diagnostic automatique par RNA applique au filtre actif série. L'étude des FAS a permis de mettre en évidence son importance et les risque que peut engendré une défaillance d'un interrupteur dès l'onduleur.

Pour élaborer notre système de diagnostic nous avons étudié les différentes caractéristiques que nous pourrions utiliser et notre choix c'est fait sur des caractéristiques statistiques qui sont la moyenne, le minimum et le maximum une fois ce choix effectué nous avons testé différentes architectures RNA afin d'obtenir l'architecture la plus adaptée à notre application, les tests effectués ont permis d'obtenir un taux de reconnaissance de 97%. Le système de diagnostic identifie le bras et l'interrupteur défaillant.

Notre mémoire ainsi que les travaux de simulation ont été effectués selon ce qui suit : Premièrement, nous avons discuté des types de défauts et des méthodes de diagnostic, y compris le diagnostic avec un réseau de neurones artificiels. Nous avons expliqué les filtres et leurs types, l'onduleur triphasé, multi-niveaux et deux niveaux, et les méthodes de commande. Enfin, nous avons effectué le processus de simulation, qui nous a montré le taux de diagnostic du défaut.

En conclusion notre système permet une reconnaissance de l'interrupteur de 97% automatiquement.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

- [1] **Benkaci . M**, “Surveillance des systèmes mécatronique d’automobile par des méthodes d'apprentissage.” Université de Toulouse, Université Toulouse III-Paul Sabatier, 2011.
- [2] **khenfer Riad** « Détection et isolation de défauts combinant des méthodes à base de données appliquées aux systèmes électro-énergétiques » thèse de Docteur en Sciences Université Ferhat Abbes - Setif-1.le 05 Mars 2015.
- [3] **BAKHTI, K., & HADDED, M.** (2020). Diagnostic intelligente d’un Filtre Actif Parallèle pour un défaut circuit ouverte d’IGBT (Doctoral dissertation, Univ M’sila).
- [4] **ACHBI Mohammed Said** «Commande et Identification des Systèmes Dynamiques Commande tolérante aux défauts en utilisant les Réseaux de Neurones Artificiels et les Systèmes d’Inférence Floue», Magister en Automatique, Université Mohamed Khider-Biskra, le : 26/01/2012.
- [5] **Saadi Sakhara**, «Diagnostic des défauts d’un entrainement électronique par technique onduleur » Docteur en Electromécanique Université Badji Mokhtar- Annaba,
- [6] **Berdjag .D**, “Méthodes algébriques pour la décomposition de modèles comportementaux: Application à la détection et à la localisation de défaillances.” Université des Sciences et Technologie de Lille-Lille I, 2007.
- [7] **N. S. Boukhalfa**, « synthèse d’observateur non linéaires : application au diagnostic de défaut », mémoire magister, université mouloud Mammeri Tizi-Ouzou.
- [8] **I.Benlaloui**, « commande, observation et diagnostic d’un système non-linéaire : application à la machine asynchrone en présence de défauts », Université de Batna 2 faculté de technologie département d’électrotechnique, 2016.
- [9] **SAKHARA, S.** (2017). *Diagnostic des défauts d’un entrainement électrique par la technique ondelette* (Doctoral dissertation, thèse de doctorat, université Badji Mokhtar–Annaba).
- [10] **Cocquempot.V, Chang .X, Christophe .C** « Modélisation de la machine Asynchrone en présence de pannes stator »Université Lille 1, France 2003
- [11] **Didier 2004 décrypte** « Modélisation et diagnostic de la machine asynchrone en présence de défaillances» l’Université Henri Nancy-Octobre 2004
- [12] **BENNA .A, KHELIF .S et AOUICHAT .M** « Détection des défauts de l’association convertisseur-moteur asynchrone a double stator par l’application des réseaux de neurones artificiels» Mémoire d’ingénieur, université de Mohamed Boudiaf M’sila, [2007]

-
- [13] **Mohamed BEN RAHMOUNE** « Diagnostic des défaillances d'une turbine a gaz a base des reseaux de neurones artificiels pour l'amelioration de leur systeme de detection des vibrations » These de doctorat de L'Universite de Djelfa, 2017
- [14] **P. Vas,** " Parameter Estimation, Condition Monitoring and Diagnosis of Electritcal machines : 'clarendon press.oxford .1993
- [15] **R. Mrani Alaoui,** "Conception d'un module de diagnostic à base de suites de bandes temporelles en vue de la supervision des procédés énergétiques: application en ligne à un générateur de vapeur." Lille 1, 2004
- [16] **Boukaroura, A.** (2018). *Modélisation et diagnostic d'un onduleur triphasé par l'approche Bond-Graph* (Doctoral dissertation).
- [17] **Damien Flieller** «Etude de stratégies de commande d'un filtre actif de type parallèle en vue d'assurer la compensation des harmoniques et du déséquilibre » Mémoire du Projet de Fin d'Études Université Catholique de Louvain, 3 place du levant, 1348 Louvain-La-Neuve, Belgique, 2006.
- [18] **H.Sasaki and T.Machida** << A New Method to Eliminate AC Harmonic Currents by Magnetic Compensation consideration on Basic Desig>>, IEEE Trans. PAS, vol.90, pp. 2009, no. 5, 1971.
- [19] **H. Akagi, Tsukamoto, and A.nabae** <<Analysis and design of an active power filter using quad-series voltage source PWM converters>>, IEE Transactions on industry applications, vol. 26, No. 1, February 1990
- [20] **MMohamad AlaaEddinAlali** «Contribution à l'Etude des Compensateurs Actifs des Réseaux Electriques Basse Tension» Thèse Doctorat 2002.
- [21] **S.Rechka** Etude de méthode de filtrage des harmoniques dans les réseaux électriques de distribution», Mémoire présenté à l, université du Québec à Trois-Rivières Avril 2002.
- [22] **Adjimi Nadia, Belaidi Wahiba** «Modélisation et commande d'un onduleur MLI», Diplôme de Master, Systèmes Electriques &Automatique (SEA), Electricque (GE), UNIVERSITE LARBI BEN M'HIDI OUM EL-BOUAGHI, 2009.
- [23] **Gouraud, T.** (1997). *Identification et rejet de perturbations harmoniques dans des réseaux de distribution électrique* (Doctoral dissertation, Nantes).
- [24] **ELFERD Hamza et ZEGAAR Mourada,** Memoire present pour l'obtention Du dipl^ome de Master Academique,option : ingenierie des systeme electromecaniques, Theme :Fonctionnement en mode degrade d'un onduleur multi niveaux application au ltre actif parallele, universite mohamed boudiaf - M'sila,2016 /2017.

-
- [25] Mr BENAOUICHA Mounir et Mr GUERROUT Youcef Memoire de master II, Option Commande des Systemes Electriques Theme :Realisation d'un onduleur de tension commande par la carte Dspace 1104, Universit Abderrahmane Mira de Bejaia, 2014/2015.
- [26] BOUKAROURA Abdelkader, Memoire Present pour l'obtention du Dipl^ome de Magister en electrotechniques, Option : Reseaux Electriques, Theme : Modelisation et Diagnostic d'un Onduleur Triphase par l'Approche BondGraph, universite ferhat abbas de setif , "le 02/ 12 / 2009".
- [27] Berrezek Farid, «Etude des Différentes Techniques de Commande des Onduleurs à MLI Associés à une Machine Asynchrone», Diplôme de MAGISTER, Commande Des Machines Electriques, Electrotechnique, UNIVERSITE BADJI MOKHTAR -ANNABA, 2006
- [28] **Mourad,A.M.R.O.U.N.E.**(2016). *Commande et diagnostic d'un filtre actif parallèle* (Doctoral dissertation, UNIVERSITE DE MOHAMED BOUDIAF M'SILA FACULTE DE TECHNOLOGIE).
- [29] **M.A. Nejad, S. Pierfederici, J.P. Martin, and F.M. Tabar**, "Study of an hybrid current controller suitable for DC-DC or DC-AC applications", IEEE Trans. Power Electron., vol. 22, no. 6, pp. 2176–2186, November 2007.
- [30] **T. Gouraud**, "Identification et rejet de perturbations harmoniques dans des réseaux de distribution électrique", Thèse de Doctorat, Ecole Centrale de Nantes, Université de Nantes, Janvier 1997
- [31] **HILMY AWAD**, "Vector control of static séries compensator for mitigation of voltage dips" Chalmers University of Technology Gotburg, Sweden 2002.
- [32] **Olivier Ondel** «Diagnostic par reconnaissance des formes : application a un ensemble convertisseur – machine asynchrone », Diplôme de Doctorat, Génie Électrique, L'ÉCOLE CENTRALE DE LYON, 2006.
- [33] **Dembri Hadjira** «Performance de méthode de diagnostic des défauts de circuit ouvert d'un filtre actif parallèle», diplôme de Master Académique, Réseaux Electrique, Electrotechnique, UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA, 2019.
- [33] **D. OULD ABDESLAM** «Techniques neuromimétiques pour la commande dans les systèmes électriques : application au filtrage actif parallèle dans les réseaux électriques basse tension».

-
- [35] **19]M.A.E. ALALI.** « Contribution à l'Etude des Compensateurs Actifs des Réseaux Electriques Basse Tension ».Thèse de doctorat, Université Louis Pasteur - Strasbourg I, 12 Sep 2002.
- [36] **S.KEBIRI** « Modélisation et simulation d'un filtre actif multi niveaux. » Mémoire de magistère, Université Mouloud MAMMERI de Tizi-Ouzou, 2009.
- [37] **F. MEKRI** " Commande robuste des conditionneurs actifs de puissances " Thèse de doctorat, Université des sciences et de la technologie d'Oran,2007.
- [38] **S.CHENNAI, M.T. BENCHOUIA** « Three-level (NPC) Series Active Filter based on Fuzzy Logic Voltage Controller to Compensate Voltage Sags, Swells, Harmonics and Unbalances ». Journal of Electrical Engineering: Volume 12 / 2012 - Edition: 1.
- [39] **H.Akagi, Y.Kanazawa, A.Nabae** « Generalized Theory of the Instantaneous Reactive Power in Three-Phase Circuits». International Power Electronics Conference, pp 1375- 1386, Tokyo 1983.
- [40] **S.CHENNAI, M.T. BENCHOUIA** « A simplified control scheme for three-phase three- level (NPC) series active filter to compensate all voltage perturbations ».Acta Electrotechnica et Informatica, Vol. 11, No. 4, 2011.
- [41] **Hirofumi Akagi** Hirofumi Akagi, Edson Hirokazu Watanabe, Mauricio Aredes, «Instantaneous Power Theory and Applications to Power Conditioning-Wiley-IEEE Press (2007)»
- [42] **Kheira HEMICI** « Commande d'un compensateur actif série à base d'un onduleur à cinq niveaux »MEMOIRE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MAGISTER EN ELECTROTECHNIQUE ECOLE DOCTORALE, 05 Avril 2011.
- [43] **Kifoucherezki** « Identification des harmoniques et génération du courant de référence (application au convertisseur statique) ». MEMOIRE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MAGISTER EN GENIE ELECTRIQUE, Boumerdes 2005
- [44] **R. Tounsi**, "Développement d'un contrôle commande pour un compensateur série de creux de tension. Validation par simulation du fonctionnement avec des charges industrielles," Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse, 1999.

[45] **BOUKAROURA Abdelkader**, Mémoire Présenté pour l'obtention du Diplôme de Magister en électrotechniques, Option : Réseaux Electriques, Thème : Modélisation et Diagnostic d'un Onduleur Triphasé par l'Approche Bond Graph, université Ferhat Abbas de Sétif , "le 02/ 12 / 2009".

[46] **Mr : A. Haddoun**, "Mémoire de _n d'_études En vue de l'obtention du Dipl^ome de Master en Systèmes Electriques et Automatique (SEA) : Mod_elisation et commande d'un onduleur MLI", "Universitaire Larbi Ben M'hidi Oum El-Bouaghi", Année : "2008/2009".

[47] **BERREZZEK Farid**. Etude des Diérences Techniques de Commande des Onduleurs a MLI Associes _a une Machine Asynchrone. Université de Annaba-Badji Mokhtar,2006.

[48] **Yahiaoui Ahmed Lamine**, «Détection de défaut des convertisseurs de puissance (Application au filtre actif parallèle)», Diplôme de Master, Ingénierie Des Systèmes Electromécanique, Génie Electrique, UNIVERSITE DE M'SILA.2014.

[49] **Aouane Nasserredine, CHamkha Salim** «Détection, localisation et reconfiguration de défauts onduleur à deux niveaux appliqué dans la commande de la machine asynchrone à cage», Diplôme de Master, Génie Electrique, UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES, 2017.

[50] **Mr LAKEHAL Bilel**, Mémoire De Fin D'étude , Option : Commande des systèmes électriques Thème : Modélisation et commande d'un onduleur triphasé _a structure multi-niveaux, Université A/Mira - Bejaia, 2014/2015.