

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



UNIVERSITE DE MOHAMED BOUDIAF-M'SILA
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE GENIE ELECTRIQUE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME
DE MASTER EN GENIE ELECTRIQUE

OPTION : RESEAUX ELECTRIQUES

THEME

**CONCEPTION D'UN SYSTEME DE DIAGNOSTIC DES
DEFAUTS D'UN CONVERTISSEUR AC-DC
ALIMENTANT UN MCC**

Proposé et encadré par :

Dr. BENSLIMANE Tarak

Présenté par :

BENTOUMI Youssouf Lamine

Année Universitaire : 2015/2016

N° d'ordre : REs – 224

DÉDICACE

À ma chère maman, le symbole de la bonté et la source de tendresse, qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. Tes prières et ta bénédiction ont été avec moi, grâce à elles j'arrive à aller plus loin dans mes études et être qui je suis aujourd'hui. Aucune dédicace saurait être suffisante pour exprimer ce que t'as pu faire pour moi et ce que tu mérites, tu as fait plus qu'une mère puisse faire à ses enfants pour qu'ils aient une vie meilleure. Je te dédie ce travail en te disant je t'aime et sans toi je n'aurais jamais imaginé arriver jusqu'ici, qu'Allah t'accorde le bonheur, la santé et une longue heureuse vie.

À mon père (رحمه الله) qui nous a quitté trop tôt, le grand monsieur que tu as été papa, tes sacrifices, ton amour pour ta femme, tes enfants et ta famille, tu as pu obtenir mon respect et mon amour malgré le fait que je ne garde pas beaucoup de souvenirs de toi à cause de mon très jeune âge. Je te dédie ce travail et avec mes larmes qui coulent des yeux. Qu'Allah t'accorde sa miséricorde et paix, et qu'il t'accueillera dans son vaste paradis.

À mon cher frère Mounir qui m'est le père que je n'ai jamais eu, les mots ne me suffisent pas pour exprimer l'attachement et l'amour que je porte pour lui. Tu as été toujours mon ange gardien durant mon enfance, l'homme que je suis devenu aujourd'hui est le fruit de tes guides et de tes conseils. Je te remercie infiniment d'être là aux moments les plus délicats de cette vie mystérieuse. Je te dédie ce travail avec tous mes vœux de santé, de bonheur et de réussite.

À mes frères (Mohamed, Ahmed, Ali) et sœurs (Ilhem, Meriem, Amina, Latifa) avec qui j'ai partagé le pire et le meilleur, et qui ont coloré et donné un goût à ma vie, Sans vos conseils et vos tendresses je ne sais pas si je pouvais avancer. Je vous dédie ce travail en vous souhaitant un avenir plein de joie, de bonheur et de réussite.

À la fleur qui nous a quitté ma sœur Sabrina (رحمها الله) qui je n'ai pas eu l'honneur de connaître. Je te dédie ce travail et qu'Allah t'accueillera dans son vaste paradis.

À mes beaux-frères et leurs familles, mes neveux et nièces, Je vous dédie ce modeste travail avec tous mes vœux de santé, de bonheur et de réussite.

À la mémoire de mes grands-parents. Je vous dédie ce travail en souhaitant qu'Allah vous accueille dans son infinie miséricorde.

À mes oncles, tantes et leurs familles, ma chère cousine Houda. Je vous dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine de bonheur.

À tous mes ami(e)s et mes collègues. Je vous dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine de réussite.

REMERCIEMENT

Le travail présenté dans ce mémoire a été effectué au laboratoire de génie électrique de l'université de M'sila.

Louange à Allah le tout puissant qui m'a accordé la foi, la santé, le courage et la patience durant toutes ces longues années, pour que je vienne aujourd'hui et présenter ce travail.

Je tiens à remercier extrêmement mon encadreur M. Tarak BENSLIMANE maître de conférences à l'Université de M'sila, d'avoir d'abord proposé ce thème, pour son aide, sa patience et ses conseils précieux.

Je remercie également M. Khaled CHERIK et M. Alledine BELHOUANE qui m'ont aidé durant la réalisation de la partie expérimentale de ce mémoire.

Mes sincères remerciements aux membres du jury qui m'ont honoré en acceptant de juger et d'enrichir ce travail.

Je remercie tous les enseignants du département de génie électrique qui ont contribué à ma formation, et tous le personnel enseignant de mon parcours scolaire.

Mes remerciements vont aussi à toute ma famille et à tous mes amis pour leur aide et leur soutien.

TABLE DE MATIÈRES

Table de matières.....	I
Liste de figures.....	IV
Notions et symboles.....	VI
Introduction générale.....	1

Chapitre I : Généralités sur les redresseurs

I.1 Introduction	2
I.2 Définition d'un redresseur.....	2
I.3 Définitions de quelques termes liés au redresseur.....	2
I.3.1 Indice de commutation q du montage	2
I.3.2 Indice de pulsation p de la tension redressée	2
I.3.3 Facteur de forme	3
I.4 Types des redresseurs.....	3
I.4.1 Redresseurs non commandé	3
I.4.2 Redresseur commandé.....	4
I.5 Redressement non commandé.....	5
I.5.1 Composant de base (Diode)	5
I.5.2 Redressement non commandé simple alternance.....	7
I.5.2.1 Redresseur non commandé monophasé simple alternance P1	7
I.5.2.2 Redresseur non commandé triphasé simple alternance P3.....	7
I.5.3 Redressement non commandé double alternance.....	8
I.5.3.1 Redresseur non commandé monophasé double alternance PD2	8
I.5.3.2 Redresseur non commandé triphasé double alternance PD3.....	9
I.6 Redressement commandé.....	9
I.6.1 Composant de base (Thyristor)	9
I.6.1.1 Présentation.....	9
I.6.1.2 Commande à l'amorçage.....	10
I.6.1.3 Caractéristique statique	11
I.6.1.4 Limitations	12
I.6.2 Redressement commandé simple alternance.....	12
I.6.2.1 Redresseur commandé monophasé simple alternance P1	13
I.6.2.2 Redresseur commandé triphasé simple alternance P3.....	13
I.6.3 Redressement commandé double alternance.....	14
I.6.3.1 Redresseur commandé monophasé double alternance PD2	14
I.6.3.2 Redresseur commandé triphasé double alternance PD3.....	15
I.7 Autres types de redresseur.....	15

I.8 Simulation d'un Redresseur PD3 à diodes alimentant un MCC	16
I.9 Conclusion.....	19

Chapitre II : Défaillances des redresseuses et différentes méthodes du diagnostic

II.1 Introduction.....	20
II.2 Différents types des défaillances d'un redresseur.....	20
II.2.1 Composant maintenu fermé (Court-circuit).....	20
II.2.2 Composant maintenu ouvert (Circuit ouvert)	21
II.3 Etapes et méthodes de diagnostic	21
II.3.1 Définition du diagnostic :.....	21
II.3.2 Etapes du diagnostic :	21
II.3.2.1 Acquisition des données	22
II.3.2.2 Détection	22
II.3.2.3 Localisation.....	23
II.3.2.4 Diagnostic	23
II.4 Méthodes de diagnostic.....	23
II.4.1 Méthodes internes	24
II.4.1.1 Méthode du modèle.....	24
II.4.1.2 Redondance analytique et matérielle	25
II.4.2 Méthodes externes	25
II.4.2.1 Méthodes de reconnaissance des formes	25
II.4.2.2 Diagnostic par systèmes experts	26
II.4.2.3 Diagnostic par logique floue.....	28
II.4.2.4 Diagnostic externe avec les réseaux de neurones	28
II.5 Conclusion	29

Chapitre III : Etude en mode dégradé de l'association redresseur PD3 à diodes-MCC

III.1 Introduction	30
III.2 Fonctionnement en mode sans défaut.....	30
III.3 Fonctionnement en mode de défaillance	32
III.3.1 Diode D1 maintenue ouverte.....	32
III.3.2 Diode D2 maintenue ouverte.....	33
III.3.3 Diode D3 maintenue ouverte.....	34
III.3.4 Diode D4 maintenue ouverte.....	35
III.3.5 Diode D6 maintenue ouverte.....	36

III.3.6 Diodes (D1 et D2) maintenues ouvertes.....	37
III.3.7 Diodes (D1 et D4) maintenues ouvertes.....	38
III.3.8 Diodes (D4 et D5) maintenues ouvertes.....	39
III.4 Conclusion.....	40
Conclusion générale	41
Annexe.....	42
Références bibliographiques.....	43

TABLE DE FIGURES

Chapitre I

Figure I.1	Conversion AC/DC et grandeurs de sortie.....	3
Figure I.2	Conversion AC/DC et grandeurs de sortie.....	4
Figure I.3	Présentation (a) et vue schématique en coupe (b) d'une diode.....	5
Figure I.4	Caractéristique d'une diode	6
Figure I.5	Redresseur P1 non commandé	7
Figure I.6	Redresseur P3 non commandé	8
Figure I.7	Redresseur PD2 non commandé	8
Figure I.8	Redresseur PD3 non commandé	9
Figure I.9	Présentation (a) et vue schématique en coupe (b) d'un thyristor.....	10
Figure I.10	Schéma de la commande d'un thyristor.....	10
Figure I.11	Commande de la gâchette d'un thyristor par train d'impulsions	11
Figure I.12	Caractéristique d'un thyristor	12
Figure I.13	Redresseur P1 commandé.....	13
Figure I.14	Redresseur P3 commandé	14
Figure I.15	Redresseur PD2 commandé	14
Figure I.16	Redresseur PD3 commandé	15
Figure I.17	Schéma électrique d'un Redresseur PD3 à diodes alimentant une MCC	16
Figure I.18	Forme d'onde des tensions simples à l'entrée du redresseur	16
Figure I.19	Forme d'onde des tensions composées à l'entrée du redresseur.....	17
Figure I.20	Forme d'onde de la tension de sortie du redresseur.....	17
Figure I.21	Forme d'onde des courants à l'entrée du redresseur.....	17
Figure I.22	Forme d'onde du courant d'induit de la MCC.....	18
Figure I.23	Forme d'onde du courant d'excitation de la MCC	18
Figure I.24	Forme d'onde de la vitesse rétorque de la MCC.....	18
Figure I.25	Forme d'onde du couple électromagnétique de la MCC	19

Chapitre II

Figure II.1	Etapas du diagnostic industriel	22
Figure II.2	Synoptique de classement des méthodes de diagnostic.....	23
Figure II.3	Principe de fonctionnement de la méthode du modèle	24
Figure II.4	Principe de fonctionnement de la méthode de redondance analytique.....	25
Figure II.5	Procédure de diagnostic basée sur la technique de la reconnaissance des formes	26
Figure II.6	Architecture générale d'un système expert de diagnostic.....	27

Chapitre III

Figure III.1	Redresseur PD3 non commandé	30
Figure III.2	Tensions simples du réseau électrique et tensions $V_{p(mes)}$ et $V_{n(mes)}$ 31	31
Figure III.3	Redresseur PD3 non commandé avec diode D1 maintenue ouverte.....	32
Figure III.4	Tensions simples du réseau électrique et tensions $V_{p(mes)}$ et $V_{n(mes)}$ avec D1 maintenue ouverte....	32
Figure III.5	Redresseur PD3 non commandé avec diode D2 maintenue ouverte.....	33
Figure III.6	Tensions simples du réseau électrique et tensions $V_{p(mes)}$ et $V_{n(mes)}$ avec D2 maintenue ouverte....	33
Figure III.7	Redresseur PD3 non commandé avec diode D3 maintenue ouverte.....	34
Figure III.8	Tensions simples du réseau électrique et tensions $V_{p(mes)}$ et $V_{n(mes)}$ avec D3 maintenue ouverte.....	34
Figure III.9	Redresseur PD3 non commandé avec diode D4 maintenue ouverte.....	35
Figure III.10	Tensions simples du réseau électrique et tensions $V_{p(mes)}$ et $V_{n(mes)}$ avec D4 maintenue ouverte....	35
Figure III.11	Redresseur PD3 non commandé avec diode D6 maintenue ouverte.....	36
Figure III.12	Tensions simples du réseau électrique et tensions $V_{p(mes)}$ et $V_{n(mes)}$ avec D6 maintenue ouverte....	36
Figure III.13	Redresseur PD3 non commandé avec diodes D1 et D2 maintenues ouvertes	37
Figure III.14	Tensions simples du réseau électrique et tensions $V_{p(mes)}$ et $V_{n(mes)}$ diodes D1 et D2 maintenues ouvertes	37
Figure III.15	Redresseur PD3 non commandé avec diodes D1 et D4 maintenues ouvertes	38
Figure III.16	Tensions simples du réseau électrique et tensions $V_{p(mes)}$ et $V_{n(mes)}$ diodes D1 et D4 maintenues ouvertes	38
Figure III.17	Redresseur PD3 non commandé avec diodes D4 et D5 maintenues ouvertes	39
Figure III.18	Tensions simples du réseau électrique et tensions $V_{p(mes)}$ et $V_{n(mes)}$ diodes D4 et D5 maintenues ouvertes	39
Figure III.19	Banc d'essai expérimental.....	40

NOTIONS ET SYMBOLES

U_{eff}	Valeur efficace de la tension redressée
U_0	Valeur moyenne de la tension redressée
F	Facteur de forme
E	Force contre électromotrice
R	Résistance
L	Inductance
D_1 (2, 3, 4, 5, 6)	Diode D_1 (2, 3, 4, 5, 6)
T_1 (2, 3, 4, 5, 6)	Thyristor T_1 (2, 3, 4, 5, 6)
V_1, V_2 et V_3	Tensions simples d'alimentation (réseau électrique)
V_s	Tension aux bornes de charge
$I(t)$	Courant de charge
N	Neutre du système triphasé d'alimentation (réseau électrique)
MLI	Modulation de largeur d'impulsion
ϵ	Erreur entre les valeurs mesurées et estimées (modèle)
$V_{P(\text{mod})}$	Tension estimée entre le point P et le neutre N (modèle)
$V_{n(\text{mod})}$	Tension estimée entre le point n et le neutre N (modèle)
$V_{P(\text{mes})}$	Tension mesurée entre le point P et le neutre N
$V_{n(\text{mes})}$	Tension mesurée entre le point n et le neutre N
h	Seuil relative au défaut
q	Indice de commutation
p	Indice de pulsation

Introduction générale

Suite au développement important et rapide qu'a connu le monde industriel, les procédés de fabrication sont de plus en plus complexes et sophistiqués. Par conséquent, l'augmentation de la fiabilité, la disponibilité et la sûreté de fonctionnement, constitue à l'heure actuelle, l'une des préoccupations majeures des industriels. Le diagnostic des défaillances de systèmes industriels, lorsqu'il est réalisé avec efficacité et s'il permet de détecter de façon précoce une dégradation, représente un des moyens pour contribuer à obtenir un meilleur gain de productivité. Sa vocation première est de détecter et de localiser une possible défaillance des matériels. De plus en plus, il devient une partie intégrante de la fonction de la maintenance. Devenue une discipline majeure, relayée sur le terrain par des technologies modernes, le diagnostic industriel est devenu une discipline incontournable dans le domaine de la sûreté de fonctionnement [1].

Dans ce travail, nous sommes particulièrement intéressés aux défaillances du redresseur triphasé à diodes et se focalise sur leur diagnostic.

Le mémoire est partitionné en trois chapitres suivants :

- Le premier chapitre qui représente une généralité sur les redresseurs, en présentant quelques termes liés aux redresseurs. Enfin, nous présenterons les différents types de redresseurs ;
- Dans le deuxième chapitre, on va présenter les défauts les plus fréquents dans un redresseur, puis les différentes méthodes de diagnostic existantes ;
- Dans le troisième chapitre, on va étudier expérimentalement le redresseur PD3 à diode alimentant un moteur à courant continu à excitation séparée en mode de fonctionnement normal et en mode de défaut. On va essayer d'identifier les indicateurs de défaut, en analysant l'évolution des différentes grandeurs du système pour différents cas de diodes maintenu ouvertes.

Chapitre I

Généralité sur les redresseurs

I.1 Introduction

La conversion AC/DC consiste à transformer une tension alternative, voire un système de tensions triphasé, en une tension continue utilisable par un récepteur. Cette opération s'appelle couramment « redressement ».

Pour opérer concrètement un redressement, il est le plus souvent nécessaire d'utiliser des composants passifs (diodes). On parle alors dans ce cadre précis de « redressement non commandé », comme il est possible aussi d'utiliser des composants actifs (thyristors) permettant d'opérer un redressement des tensions du réseau dont les caractéristiques dépendent d'un signal de commande réglé par l'utilisateur « redressement commandé ».

Ce chapitre présente tout d'abord le fonctionnement des (diodes) et les (thyristors) et leurs caractéristiques importantes, pour ensuite présenter l'ensemble des structures des circuits qui réalisent cette opération « redresseurs » [2].

I.2 Définition d'un redresseur

Les redresseurs sont les convertisseurs de l'électronique de puissance qui assurent la conversion alternatif/continu (AC/DC). Ils sont alimentés par une source de tension alternative. Ils permettent d'alimenter en courant continu le récepteur branché à leur sortie. Le classement des redresseurs dépend essentiellement de la nature de la source génératrice : tension alternative monophasée ou triphasée, un type de redresseur : non commandé (à diodes) ou commandé (à thyristors) et de la commande des thyristors : l'angle de retard à l'amorçage δ par rapport à la commutation naturelle du redresseur à diodes [3].

Ils peuvent être à base des montages redresseurs simple alternance, double ou en pont, sont :

- Redresseurs tout diodes ou redresseurs non commandés : La relation entre la tension de sortie et celles de la source d'entrée ne dépend que de la structure du redresseur et de tensions d'entrée. Ils sont irréversibles : la puissance s'échange dans le sens alternatif-continu ;
- Redresseurs tout thyristors ou redresseurs commandés : la relation entre la tension de sortie et celles de la source d'entrée dépend d'un paramètre supplémentaire qui est l'angle de retard à l'amorçage. Ils sont réversibles. Lorsque l'échange de puissance se fait dans le sens continu-alternatif, ils fonctionnent en onduleurs non autonomes ;
- Autres types de redresseur [4].

I.3 Définitions de quelques termes liés au redresseur

I.3.1 Indice de commutation q du montage

L'indice de commutation est donné par la durée de conduction de chaque diode et correspond au nombre de phase du réseau de distribution [4].

I.3.2 Indice de pulsation p de la tension redressée

L'indice de pulsation p donne le nombre de portions de sinusoïde par période de la tension redressée [4].

I.3.3 Facteur de forme

La valeur du facteur de forme caractérise la tension redressée. Plus cette valeur est proche de l'unité, plus la tension obtenue est voisine d'une grandeur continue. Ce coefficient sert à comparer des montages redresseurs différents entre eux. Par définition, on nomme facteur de forme le rapport : valeur efficace de la tension de sortie / valeur moyenne de la tension de sortie [4].

I.4 Types des redresseurs

I.4.1 Redresseurs non commandé

L'objectif de ce type de redressement, comme l'illustre la figure (I.1), est littéralement de transformer un régime de tension alternatif, qu'il soit monophasé ou triphasé, en un régime de tension continue et fixe (non réglable).

En réalité, la tension de sortie sera considérée comme continue à partir du moment où ses variations (ondulations) seront petites devant sa valeur moyenne.

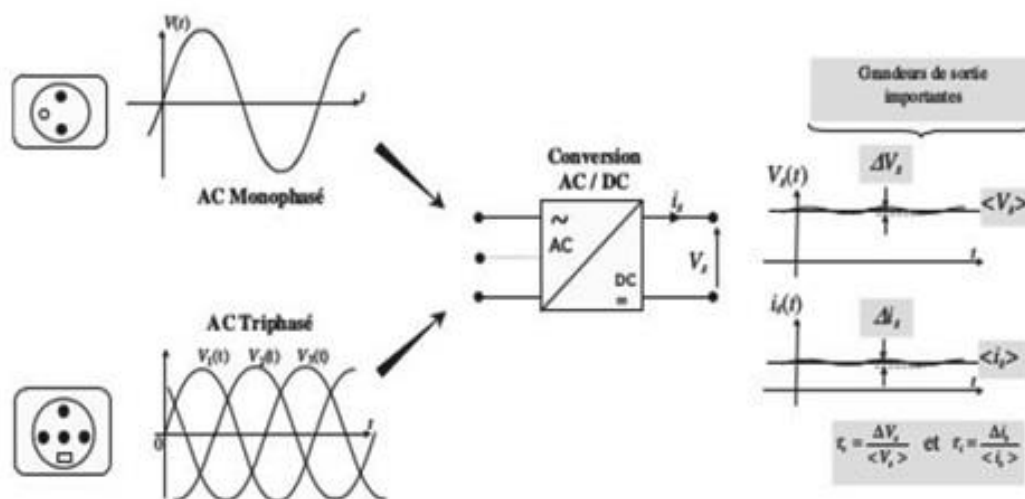


Figure I.1 Conversion AC/DC et grandeurs de sortie [2]

À partir de ce simple énoncé, des grandeurs importantes systématiquement associées s'imposent :

- la valeur moyenne de la tension de sortie V_s est la grandeur la plus importante puisqu'elle représente la valeur continue désirée ;
- la valeur moyenne du courant débité par le convertisseur, qui lui aussi doit être continue ;
- la tension instantanée en sortie, le plus souvent n'est pas rigoureusement constante. Elle présente un défaut d'ondulation quantifié par l'amplitude crête-crête des variations : ΔV_s , et il existe la même chose pour le courant : Δi_s ;
- Pour quantifier les erreurs relatives apparaissant sur la tension ou le courant ou les deux, on écrit souvent les taux d'ondulation : $Tv = \frac{\Delta V_s}{V_s}$ et $Ti = \frac{\Delta i_s}{i_s}$ [2].

I.4.2 Redresseur commandé

L'objectif de ce type de redressement, comme l'illustre la figure (I.2), est littéralement de transformer un régime de tension alternatif, qu'il soit monophasé ou triphasé, en un régime de tension continue dont la valeur de tension peut être fixée par un paramètre de commande.

En réalité, comme dans le cadre du redressement non commandé, la tension de sortie sera considérée comme continue à partir du moment où ses variations (ondulations) seront petites devant sa valeur moyenne.

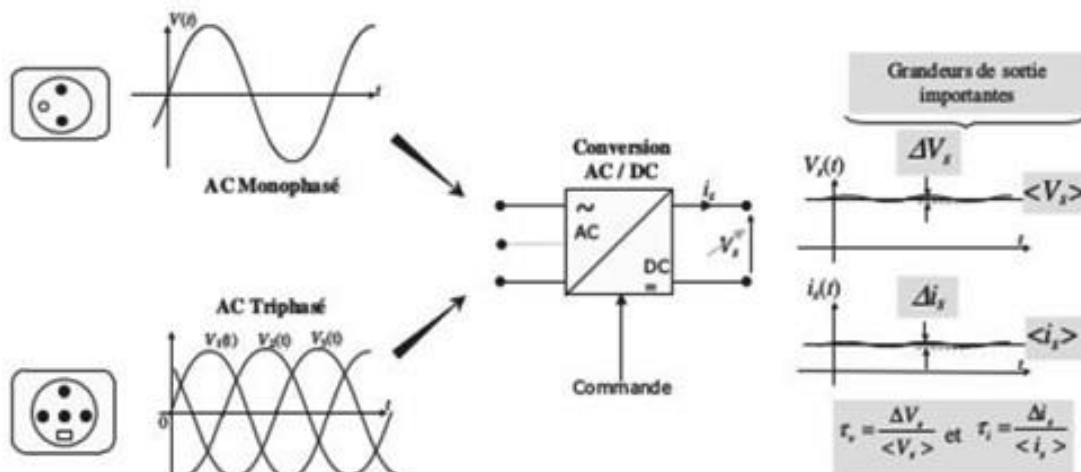


Figure I.2 Conversion AC/DC et grandeurs de sortie [2]

À partir de ce simple énoncé, des grandeurs importantes systématiquement associées s'imposent :

- la valeur moyenne de la tension de sortie V_s est la grandeur la plus importante puisqu'elle représente la valeur continue destinée ;
- On s'intéressera également à celle du courant débité par le convertisseur, qui lui aussi doit être continue ;
- Le plus souvent, la tension instantanée en sortie, n'est pas rigoureusement constante, elle présente un défaut d'ondulation quantifié par l'amplitude crête-crête des variations : ΔV_s , et il existe la même chose pour le courant : Δi_s ;
- Pour quantifier les erreurs relatives apparaissant sur la tension ou le courant ou les deux, on écrit souvent les taux d'ondulation : $Tv = \frac{\Delta V_s}{V_s}$ et $Ti = \frac{\Delta i_s}{i_s}$;
- Les grandeurs de commande du système, enfin, est cruciale. C'est elle qui constituera l'élément clé de la variation des grandeurs de sortie [2].

I.5 Redressement non commandé

I.5.1 Composant de base (Diode)

La diode est un semi-conducteur non contrôlé comportant deux régions P (anode) et N (cathode) et qui ne laisse passer le courant que dans un seul sens, de l'anode vers la cathode. Elle conduit quand l'anode a une tension supérieure à celle de la cathode : elle se comporte alors comme un interrupteur fermé. Elle bloque le courant et se comporte comme un interrupteur ouvert, si la tension d'anode devient moins positive que celle de la cathode [5].

La diode est l'élément de base utilisé dans les convertisseurs AC/DC non commandés. Nous nous intéresserons ici uniquement aux diodes de puissance utilisées en électronique de puissance. La figure (I.3) donne un aperçu du type de diode qu'il est possible de rencontrer dans ce domaine.

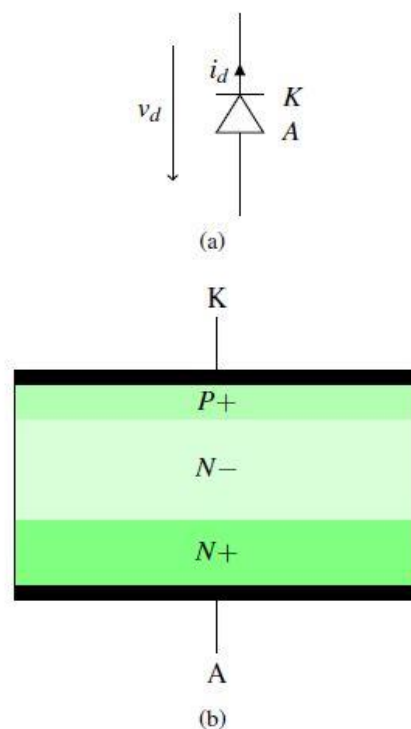


Figure I.3 Présentation (a) et vue schématique en coupe (b) d'une diode [6]

La diode est un composant dont le blocage et l'amorçage sont spontanés, c'est à dire que la commutation d'une diode est imposée par le circuit dans lequel elle est placée. On ne peut forcer, de manière externe, une diode à commuter. A l'état bloqué, la diode supporte une tension négative à ses bornes. Idéalement, la condition d'amorçage (pour passer de l'état bloqué à l'état passant) d'une diode est l'annulation de la différence de potentiel entre l'anode et la cathode :

$$V_d = 0; \text{ condition d'amorçage.}$$

Une fois à l'état passant, la diode le reste tant que le courant la traversant reste positif, la tension aux bornes de la diode étant nulle. L'annulation de ce courant impose le blocage de la diode.

$$i_d = 0; \text{ condition de blocage.}$$

La caractéristique statique idéale d'une diode est représentée en rouge sur la figure (I.4).

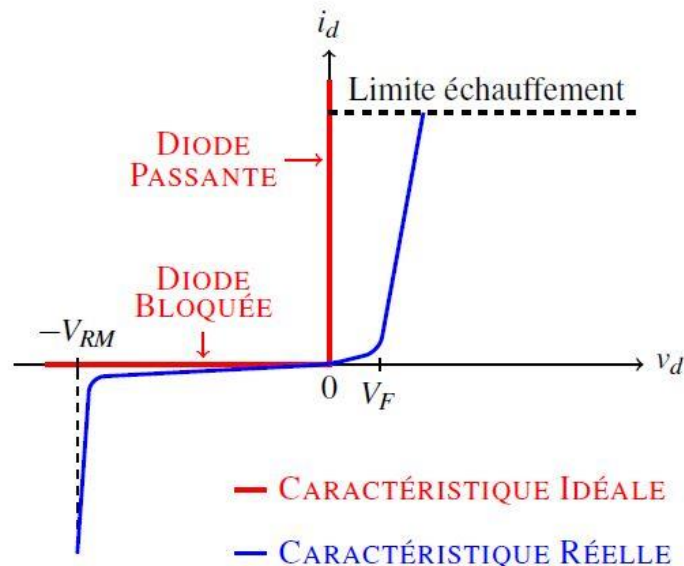


Figure I.4 Caractéristique d'une diode [6]

Dans ce cas idéal, la puissance dissipée dans la diode est nulle à l'état passant comme à l'état bloqué. Bien entendu, il ne s'agit pas de la caractéristique réelle d'une diode. Cette caractéristique réelle est représentée en bleu sur la figure (I.4). Il est possible d'y distinguer plusieurs choses :

- Courant maximal à l'état passant : L'échauffement maximal tolérable du composant limite la valeur efficace du courant à l'état passant.
- Chute de tension à l'état passant : La chute de tension aux bornes de la diode n'est pas nulle à l'état passant.
- Tension de seuil : On peut remarquer une tension de seuil (de l'ordre du Volt), à partir de laquelle le composant peut devenir passant. Cette tension de seuil est notée V_F en anglais (F pour Forward).
- Résistance dynamique : La chute de tension à l'état passant augmente lorsque le courant traversant la diode augmente. Cet effet est généralement modélisé à l'aide d'une résistance équivalente à l'état passant.
- Courant de fuite à l'état bloqué : A l'état bloqué, la diode laisse passer un très faible courant en sens inverse. Ce courant est noté I_R (R pour Reverse). Ce courant est très sensible à la température, il est usuellement admis que ce courant double tous les 10°C .
- Tension inverse limite : La diode ne peut pas supporter en inverse une tension infinie. Cette tension inverse maximale est notée V_{RM} (RM pour Reverse Maximal).

Les pertes au sein de la diode réelle ne sont alors plus nulles en conduction mais restent généralement négligeables lorsque la diode est bloquée (courant inverse très faible). [6].

I.5.2 Redressement non commandé simple alternance

L'opération de redressement consiste à éliminer la partie négative ou positive (au choix) d'une tension alternative. Le redressement simple ou mono alternance consiste juste en l'élimination de la partie non désirée de la tension par l'utilisation d'une diode en série avec chaque tension (en réalité le redressement consiste de façon absolue à rendre le courant de sortie du circuit unidirectionnel). Cette opération peut être menée à partir d'une tension monophasée, ou bien d'un système diphasé ou triphasé. [2].

I.5.2.1 Redresseur non commandé monophasé simple alternance P1

C'est le cas le plus simple à examiner, mais aussi le moins avantageux. En conséquence, son étude n'est souvent qu'un prétexte à la compréhension des mécanismes de base.

- Le schéma électrique correspondant est représenté sur la figure (I.3).
- La tension $V_e(t)$ est imposée telle que : $V_e(t) = V \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t)$. avec $\omega = 2\pi f$.

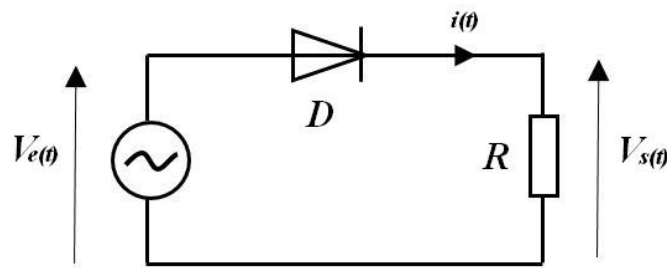


Figure I.5 Redresseur P1 non commandé

I.5.2.2 Redresseur non commandé triphasé simple alternance P3

La version triphasée du redressement précédent est très simple à envisager, puisqu'elle consiste juste à interposer une diode en série avec chaque phase d'un système triphasé.

- Le schéma électrique correspondant est représenté sur la figure (I.4).
- Les tensions $V_1(t)$, $V_2(t)$, $V_3(t)$, sont imposées telle que :

$$\begin{aligned} V_1(t) &= V \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t) \\ V_2(t) &= V \cdot \sqrt{2} \cdot \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right) \\ V_3(t) &= V \cdot \sqrt{2} \cdot \sin\left(\omega t + \frac{2\pi}{3}\right) \end{aligned}$$

Avec

$$\omega = 2\pi f.$$

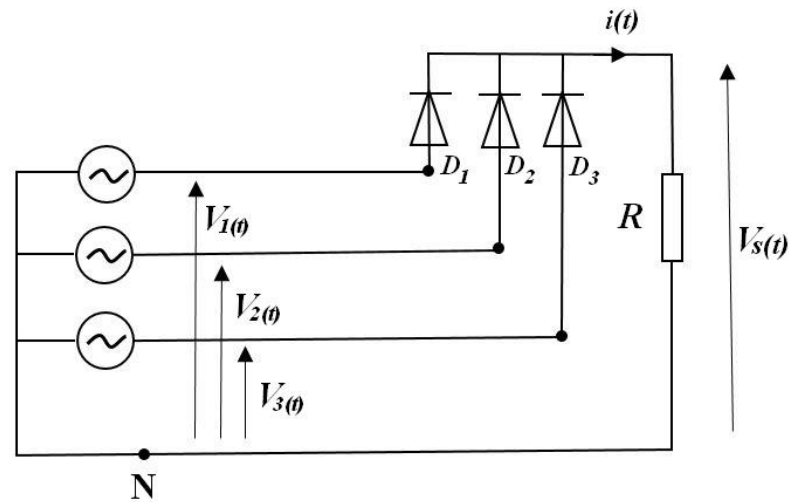


Figure I.6 Redresseur P3 non commandé

I.5.3 Redressement non commandé double alternance

Dans ce cas, l'opération de redressement consiste à reporter les parties négatives ou positives (au choix) des tensions d'entrée en valeurs positives. Ceci n'est possible que par des associations de deux diodes par phase, ce qui est caractéristique des structures dites « double ». On parle, ainsi, souvent de pont redresseur double ou encore PD2 en monophasé et PD3 en triphasé [2].

I.5.3.1 Redresseur non commandé monophasé double alternance PD2

Ce style de pont, également appelé (pont de Gretz) est la structure incontournable extrêmement classique du redressement monophasé.

- Le schéma électrique correspondant est représenté sur la figure (I.3).
- La tension $V_e(t)$ est imposée telle que : $V_e(t) = V \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t)$. avec $\omega = 2\pi f$.

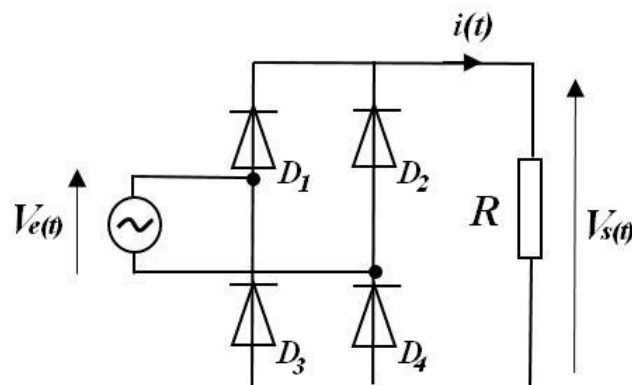


Figure I.7 Redresseur PD2 non commandé

I.5.3.2 Redresseur non commandé triphasé double alternance PD3

Ce type de pont, également incontournable et extrêmement classique dans le redressement triphasé, est la structure la plus avantageuse, car elle présente une tension de sortie dont les ondulations naturelles sont à la fois très faible et de fréquence assez importante, ce qui est intéressant dans une option de filtrage.

- Le schéma électrique correspondant est représenté sur la figure (I.4).
- Les tensions $V_1(t)$, $V_2(t)$, $V_3(t)$, sont imposées telle que :

$$V_1(t) = V \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t).$$

$$V_2(t) = V \cdot \sqrt{2} \cdot \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right).$$

$$V_3(t) = V \cdot \sqrt{2} \cdot \sin\left(\omega t + \frac{2\pi}{3}\right).$$

Avec

$$\omega = 2\pi f.$$

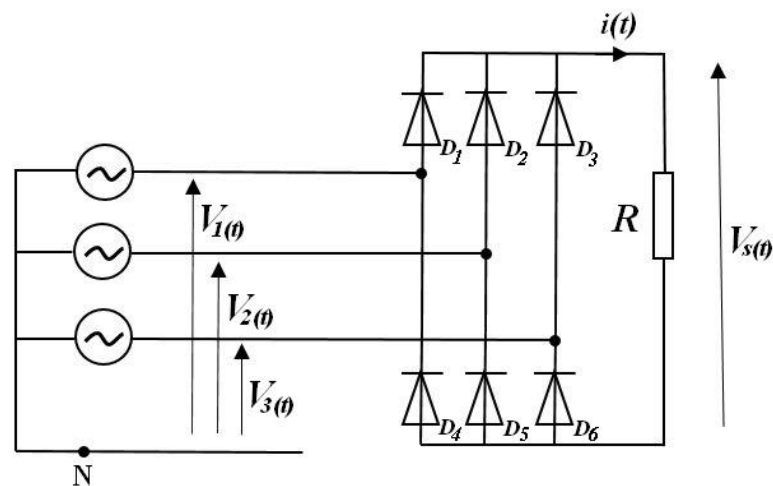


Figure I.8 Redresseur PD3 non commandé

I.6 Redressement commandé

I.6.1 Composant de base (Thyristor)

I.6.1.1 Présentation

Actuellement, les thyristors sont principalement utilisés dans les applications forte puissance. Les limites courant/tension que peuvent tenir les thyristors les plus performants atteignent aujourd'hui environ 4 kV et 3 kA. Bien entendu, de façon à dépasser ces limites, il est possible de grouper en série ou en parallèle ces composants. Les principaux domaines d'application sont le contrôle en vitesse des machines DC, les chargeurs de batterie ainsi que les liaisons à courant continu de forte puissance (HVDC) [6].

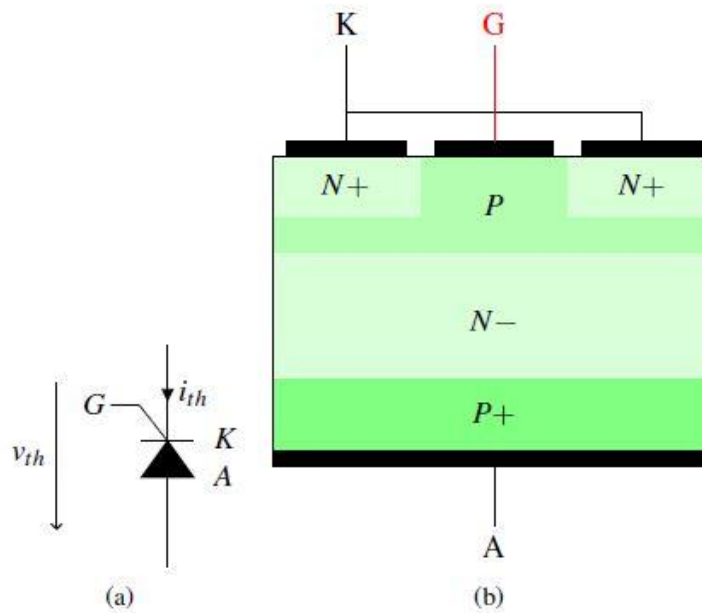


Figure I.9 Présentation (a) et vue schématique en coupe (b) d'un thyristor [6]

I.6.1.2 Commande à l'amorçage

La figure (I.9) donne la représentation ainsi qu'une vue en coupe simplifiée d'un thyristor. Il s'agit d'un composant muni d'une cathode et d'une anode auxquelles vient s'ajouter une gâchette permettant de commander le composant à l'amorçage et d'ainsi retarder l'entrée en conduction du composant. Le but étant de retarder l'amorçage du composant par rapport à l'instant de commutation naturelle (identique à celui d'une diode), la commande de la gâchette doit être synchronisée sur l'onde de tension alternative. Au moment où l'on souhaite commander le composant, un train d'impulsion est généré sur la gâchette du composant. Si l'énergie amenée sur la gâchette est suffisante, le composant est alors amorcé et devient passant. La figure (I.10) représente un schéma classique de commande de gâchette. Notons qu'un transformateur d'impulsion permet d'isoler galvaniquement le circuit de puissance du circuit de commande.

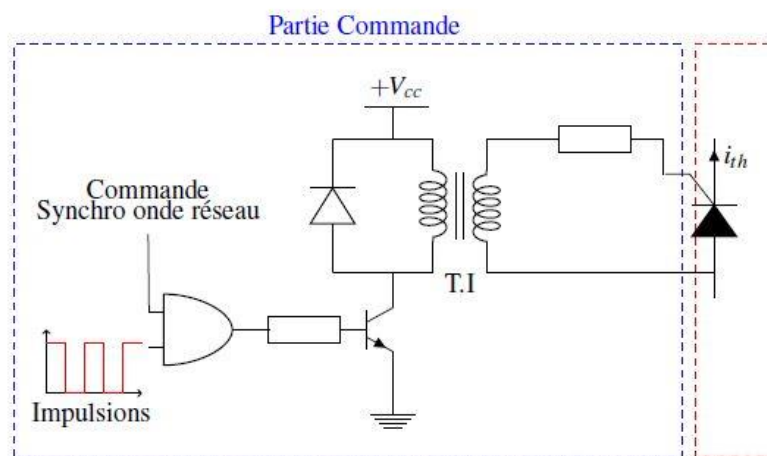


Figure I.10 Schéma de la commande d'un thyristor [6]

Le thyristor, à l'inverse d'une diode, n'est pas à amorçage spontané (il ne devient pas passant à l'instant de commutation naturelle). En d'autres termes, l'amorçage du composant ne résulte pas uniquement de l'évolution des grandeurs électriques au sein du système. Il faut en réalité commander le composant à l'amorçage. C'est le rôle de la gâchette. Notons que le composant ne peut être amorcé qu'après l'instant de commutation naturelle (noté C.N). La figure (I.11) représente de façon simple la commande de la gâchette décalée dans le temps par rapport à la commutation naturelle. L'électronique de commande détecte l'instant de commutation naturelle et va envoyer l'ordre d'amorçage du composant avec un retard réglable par l'utilisateur appelé angle de retard à l'amorçage (ψ).

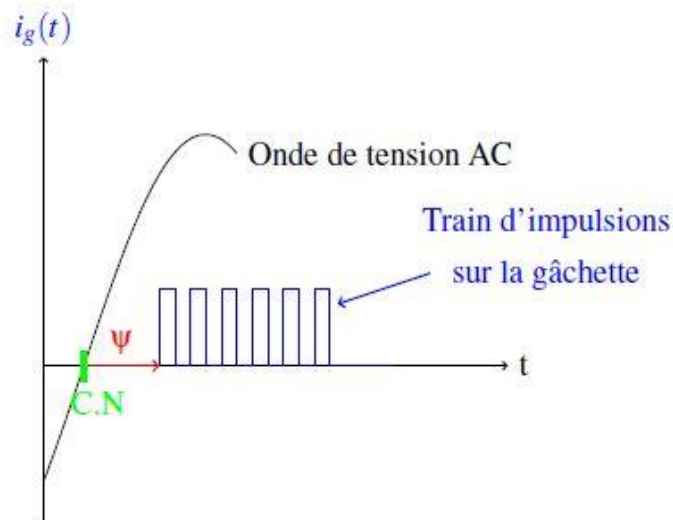


Figure I.11 Commande de la gâchette d'un thyristor par train d'impulsions [6]

I.6.1.3 Caractéristique statique

La figure (I.12) représente la caractéristique statique d'un thyristor. L'amorçage du composant se fait à tension positive et commande adéquate sur la gâchette. Plus la tension aux bornes du thyristor sera positive au moment de l'amorçage, moins le courant de gâchette devra être élevé pour amorcer dans de bonnes conditions le thyristor. La tension aux bornes d'un thyristor est donc négative ou positive. Un fois le thyristor amorcé, il ne se bloquera que par annulation du courant le traversant. Le blocage est donc spontané, de la même façon que pour une diode. Le courant minimum pour que le thyristor reste passant est appelé courant de maintien (Latching current : I_L).

L'intérêt des thyristors réside donc dans le fait qu'il est possible de fixer l'instant d'amorçage du composant (à l'inverse d'une diode). Il est donc possible d'agir sur les formes d'ondes en sortie du convertisseur AC/DC et donc de fixer la valeur moyenne de la tension de sortie.

I.6.1.4 Limitations

Bien entendu, le thyristor, à l'instar de tous les composants semi-conducteurs présentent certaines limitations technologiques restreignant son utilisation.

Limitation en $\frac{di}{dt}$ Lors de l'amorçage, le courant traversant le thyristor s'établit tout d'abord autour de la zone où est implantée la gâchette puis s'étend à l'ensemble du semi-conducteur. Il est donc impératif que la vitesse de croissance du courant lors de l'amorçage n'excède pas une certaine valeur sous peine de destruction par effet de la chaleur du composant.

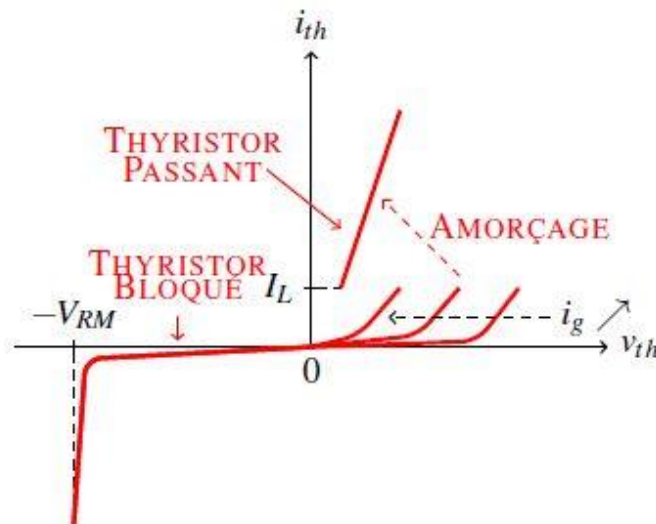


Figure I.12 Caractéristique d'un thyristor [6]

Limitation en $\frac{dv}{dt}$ Le thyristor présente des capacités parasites. Celles-ci causent, sous l'effet de l'augmentation de la tension aux bornes du thyristor, un courant similaire au courant de gâchette pouvant causer un amorçage intempestif du thyristor lorsque la vitesse de croissance de la tension est trop importante.

Temps de blocage minimum Le blocage d'un thyristor lors de l'annulation du courant le traversant n'est effectif qu'après un certain temps permettant de reconstituer la zone de charge d'espace au sein du composant. Ce temps (appelé t_q) limite en fréquence l'utilisation du composant. C'est la raison pour laquelle le thyristor est principalement utilisé en basse fréquence [6].

I.6.2 Redressement commandé simple alternance

Le redressement commandé simple, consiste toujours en l'élimination de la partie non désirée par l'utilisation d'un thyristor en série avec chaque source de tension. L'angle de retard à l'amorçage permet dans ce contexte d'opérer une variation de la tension moyenne en sortie. Cette opération peut être menée à partir d'une tension monophasée, ou bien d'un système diphasé ou triphasé [2].

I.6.2.1 Redresseur commandé monophasé simple alternance P1

C'est encore le cas le plus simple à examiner et souvent le prétexte, comme ici, à la compréhension des mécanismes associés aux thyristors.

- Le schéma électrique correspondant est représenté sur la figure (I.3).
- La tension $V_e(t)$ est imposée telle que : $V_e(t) = V \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t)$. avec $\omega = 2\pi f$.
- Θ_0 est l'angle de retard à l'amorçage imposé par la commande.

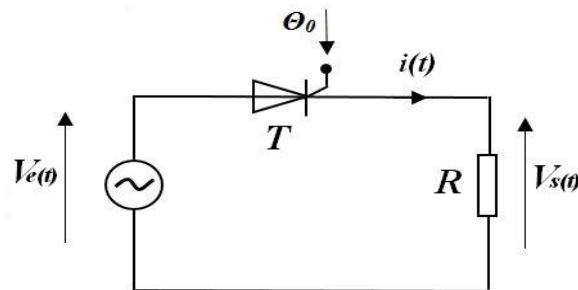


Figure I.13 Redresseur P1 commandé

I.6.2.2 Redresseur commandé triphasé simple alternance P3

La version commandée du redresseur P3 revient également à remplacer chaque diode par un thyristor. Elle est très simple à envisager puisqu'elle consiste juste à interposer un thyristor en série avec chaque phase d'un système triphasé.

- Le schéma électrique correspondant est représenté sur la figure (I.4).
- Θ_0 est l'angle de retard à l'amorçage imposé par la commande.
- Les tensions $V_1(t)$, $V_2(t)$, $V_3(t)$, sont imposées telle que :

$$V_1(t) = V \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t).$$

$$V_2(t) = V \cdot \sqrt{2} \cdot \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right).$$

$$V_3(t) = V \cdot \sqrt{2} \cdot \sin\left(\omega t + \frac{2\pi}{3}\right).$$

Avec $\omega = 2\pi f$.

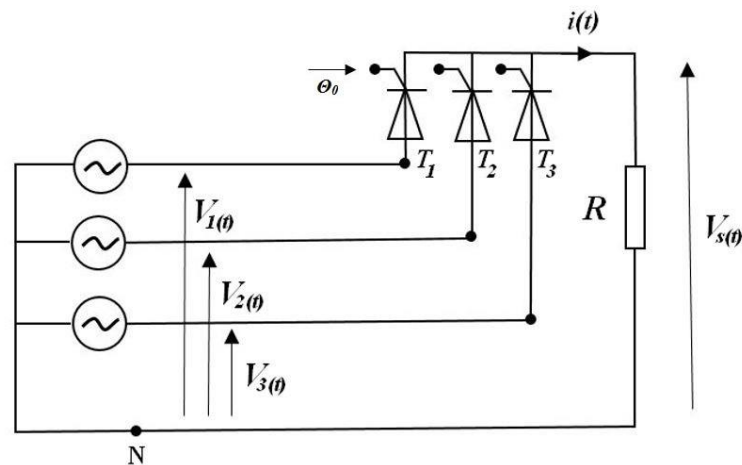


Figure I.14 Redresseur P3 commandé

I.6.3 Redressement commandé double alternance

De la même manière que dans le cas des redresseurs simples, il est possible de remplacer les diodes des structures doubles par des thyristors.

I.6.3.1 Redresseur commandé monophasé double alternance PD2

Ce style de pont, également appelé (pont de Gretz) est la structure incontournable extrêmement classique du redressement monophasé.

- Le schéma électrique correspondant est représenté sur la figure (I.3).
- La tension $V_e(t)$ est imposée telle que : $V_e(t) = V \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t)$. avec $\omega = 2\pi f$.
- Θ_0 est l'angle de retard à l'amorçage imposé par la commande.
- Les thyristors T_1 et T_4 sont commandés simultanément. Les transistors T_2 et T_3 sont aussi commandés simultanément mais avec un décalage de π .

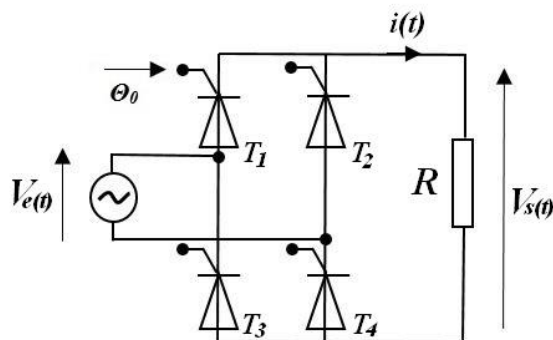


Figure I.15 Redresseur PD2 commandé

I.6.3.2 Redresseur commandé triphasé double alternance PD3

La structure (tout thyristor) du pont triphasé PD3 en pont est extrêmement classique dans le redressement triphasé.

- Le schéma électrique correspondant est représenté sur la figure (I.4).
- Θ_0 est l'angle de retard à l'amorçage imposé par la commande.
- Les tensions $V_1(t)$, $V_2(t)$, $V_3(t)$, sont imposées telle que :

$$\begin{aligned} V_1(t) &= V \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t) . \\ V_2(t) &= V \cdot \sqrt{2} \cdot \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right) . \\ V_3(t) &= V \cdot \sqrt{2} \cdot \sin\left(\omega t + \frac{2\pi}{3}\right) . \end{aligned}$$

Avec

$$\omega = 2\pi f.$$

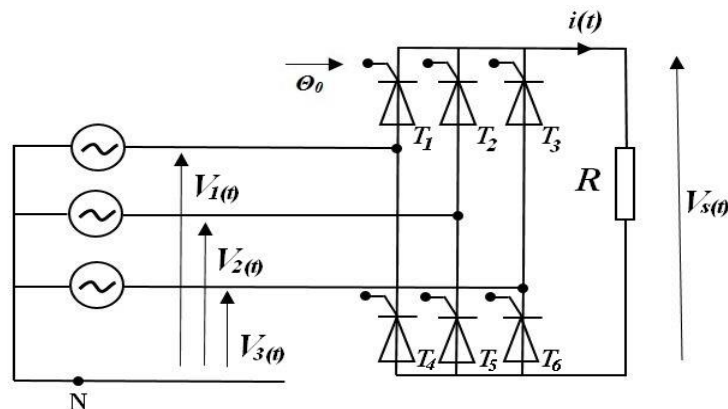


Figure I.16 Redresseur PD3 commandé

I.7 Autres types de redresseur

Il existe d'autres types de redresseur tels que :

- Redresseur avec diode de roue libre (monophasé ou triphasé) ;
- Redresseur mixte (monophasé ou triphasé) ;
- Redresseur triphasé série (à thyristors ou à diodes) ;
- Redresseur à MLI.

I.8 Simulation d'un Redresseur PD3 à diodes alimentant un MCC

Dans cette partie, on a simulé l'association redresseur PD3 à diodes-moteur à courant continu à excitation séparée en mode de fonctionnement normal (sans défaut) (figure I.17).

On constate que les tensions simples et composées du réseau électrique à l'entrée du redresseur ne sont pas parfaitement sinusoïdales (figure I.18 et figure I.19). Elles sont perturbées suite à la chute de tension aux bornes de l'impédance équivalente du réseau électrique lorsqu'elle est parcourue par le courant non-sinusoïdal absorbé par la charge non-linéaire (le redresseur PD) (figure I.21). Il faut aussi remarquer le phénomène d'empiètement, dû à l'inductance d'entrée du redresseur, où deux diodes du haut ou du bas se mettent à conduire simultanément. Cela induit plus d'ondulations au niveau des tensions simples et composées à l'entrée du redresseur, et par conséquent sur la tension redressée, prenant la tension composée la plus positive (figure I.20).

Les ondulations du courant de l'induit de la MCC à vide, oscillant autour de 0,65A, sont dues à l'ondulation de la tension redressée (figure I.22).

Le courant d'excitation prend la valeur de 0,83 A (figure I.23).

En régime permanent, la vitesse rétorque se stabilise sur la valeur de 1170 tr/min avec des légères ondulations, quant au couple électromagnétique, il oscille autour de 0,09 N.m (figure I.24 et figure I.25).

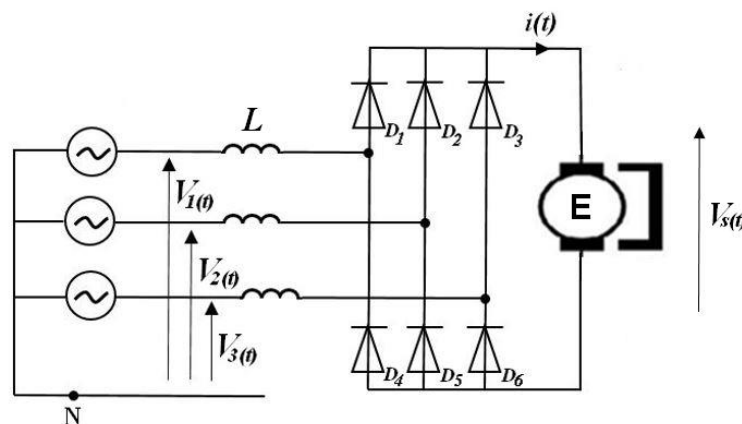


Figure I.17 Schéma électrique d'un Redresseur PD3 à diodes alimentant une MCC

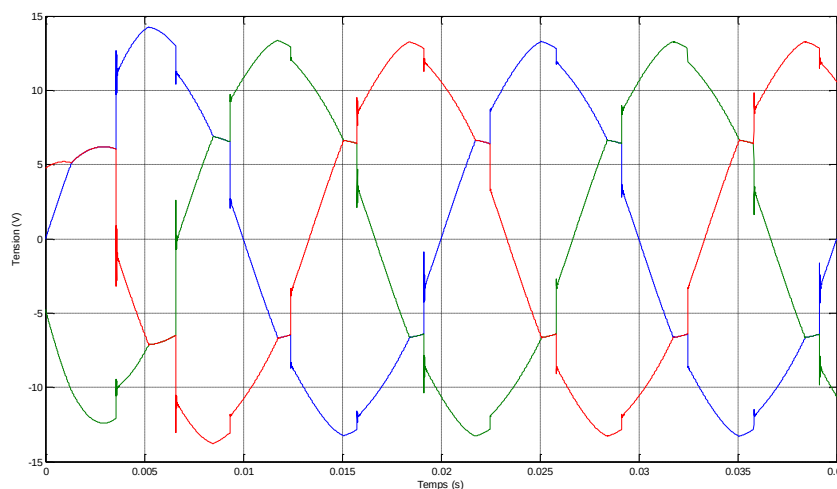


Figure I.18 Forme d'onde des tensions simples à l'entrée du redresseur

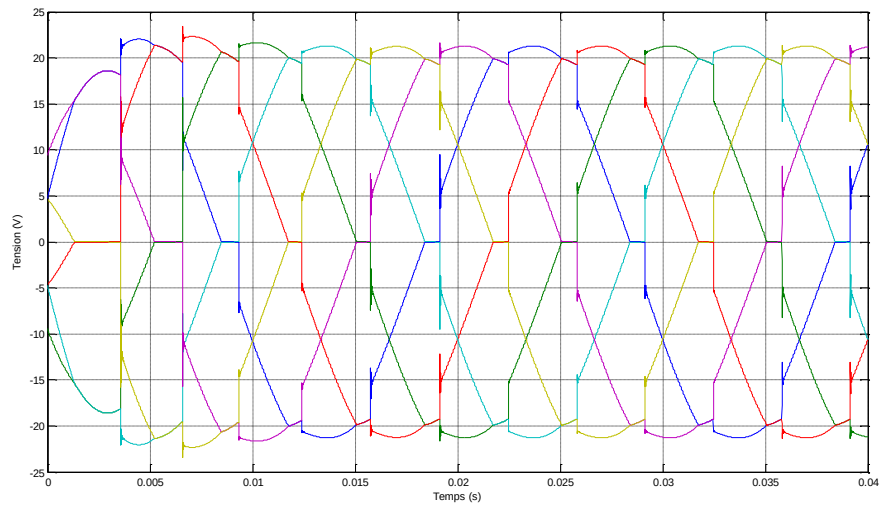


Figure I.19 Forme d'onde des tensions composées à l'entrée du redresseur

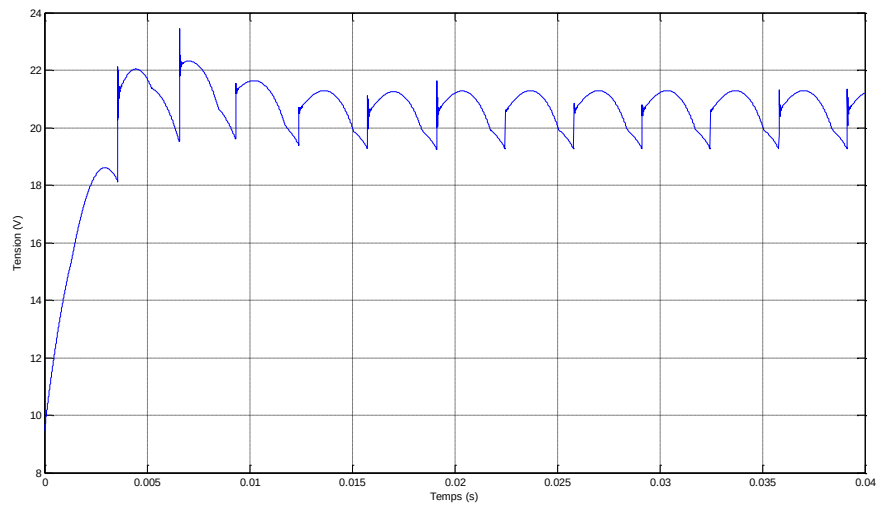


Figure I.20 Forme d'onde de la tension de sortie du redresseur

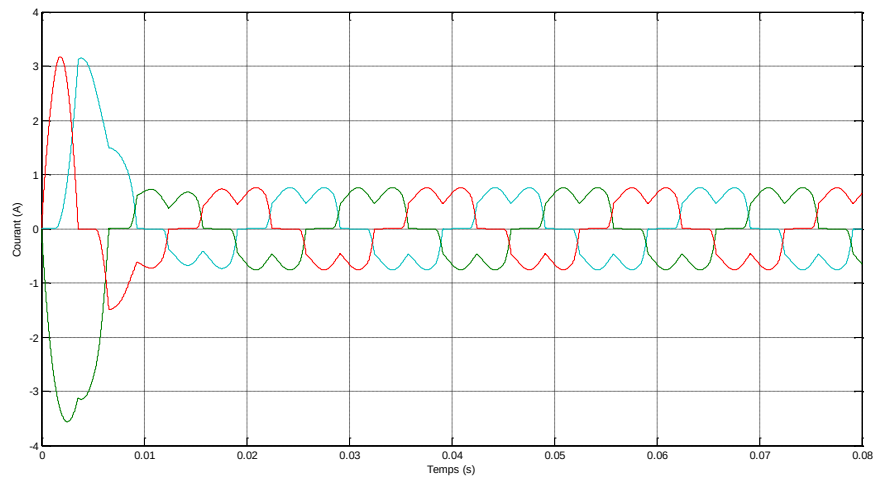
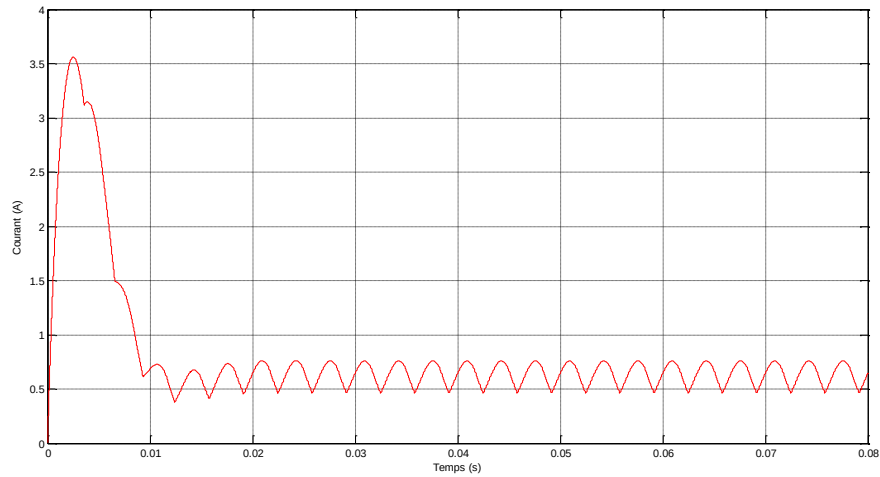
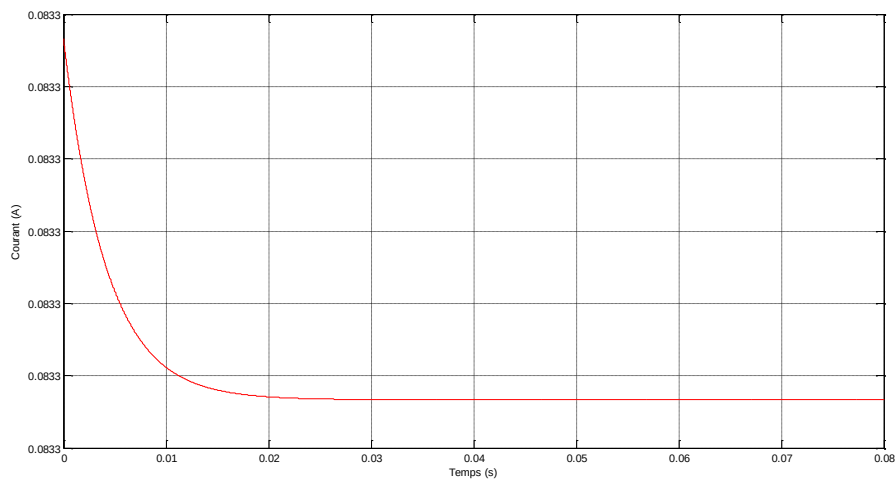
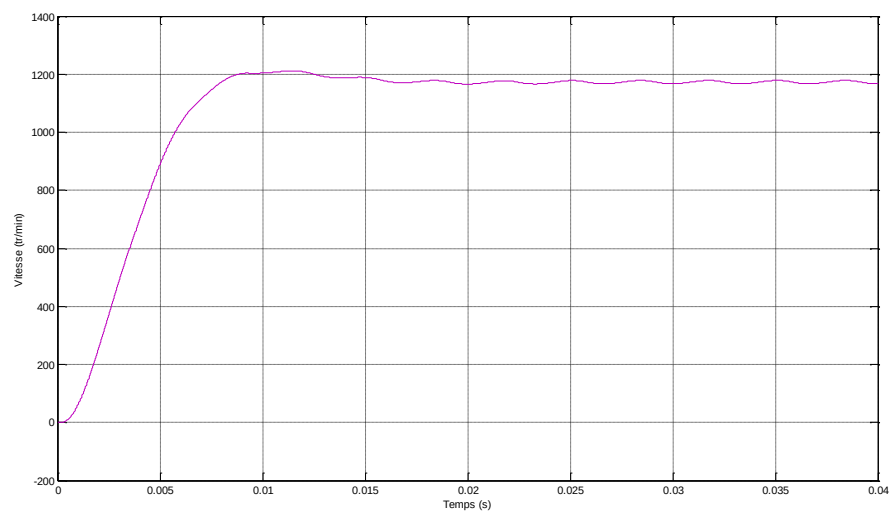


Figure I.21 Forme d'onde des courants à l'entrée du redresseur

**Figure I.22 Forme d'onde du courant d'induit de la MCC****Figure I.23 Forme d'onde du courant d'excitation de la MCC****Figure I.24 Forme d'onde de la vitesse rétorque de la MCC**

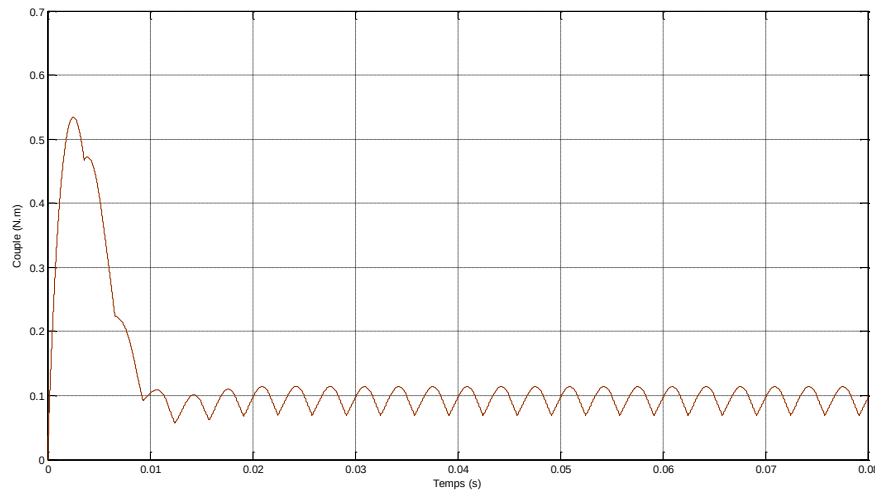


Figure I.25 Forme d'onde du couple électromagnétique de la MCC

I.9 Conclusion

Dans ce chapitre, différents types du redresseur sont présentés succinctement. Le choix de type de redresseur à utiliser est lié au type de la source AC disponible (monophasé ou triphasé) et à la qualité de la tension continue désirée. Cette dernière est exprimée par le facteur de forme de la tension de sortie.

Le facteur de forme des montages parallèles double alternance (PD) est meilleur que celui des montages parallèles simple alternance P, donc une meilleure qualité de la tension de sortie. Par contre, le nombre de composants dans les montages parallèles double alternance (PD) est élevé par rapport à celui des montages parallèles simple alternance P. Donc, les redresseurs à structure parallèle double sont plus probables à être exposés aux défauts de fonctionnement provenant d'un dysfonctionnement d'un composant d'électronique de puissance. Pour cela, on a choisi d'étudier le redresseur triphasé parallèle double alternance PD3 à diodes en mode normal et en mode de défaillance en vue de concevoir un système pour son diagnostic.

Vu la diversité des méthodes de diagnostic, on a consacré le chapitre suivant à leur présentation pour choisir une méthode que nous considérons convenable à notre système.

Chapitre II

Défaillances des redresseurs et différentes méthodes du diagnostic

II.1 Introduction

Lorsqu'un défaut apparaît dans un processus, il doit être rapidement détecté. Dans ce cas le système de détection du défaut doit indiquer l'existence d'une anomalie dans les équipements de réalisation du processus. Après la détection, le diagnostic du défaut est exécuté, le défaut est éliminé et sa cause est localisée.

D'après l'étude bibliographique [7] [8], on trouve deux catégories des techniques utilisées pour la détection et le diagnostic de défaillances :

- La première technique (méthode interne), à partir de modèles physiques ou de comportements validés par les techniques d'identification des paramètres, le diagnostic de défaillance devient possible en suivant en temps réel l'évolution des paramètres physiques ou bien en utilisant l'inversion du modèle de type « boîte noire »;
- La deuxième technique (méthode externe), il n'est pas nécessaire de disposer d'un modèle mathématique du processus ; par contre les méthodes retenues reposent sur l'expertise humaine confortée par un solide retour d'expérience ; dans cette catégorie, on retrouve les méthodes basées sur l'intelligence artificielle, parmi lesquelles, nous pouvons citer la reconnaissance des formes, les systèmes experts et les réseaux de neurones artificiels.

Ce présent chapitre est consacré à la présentation des différentes défaillances des composants d'électronique de puissance (diodes), ainsi qu'à la description des différentes méthodes de diagnostic existantes.

II.2 Différents types des défaillances d'un redresseur

Ils existent plusieurs modes de défaillances, les plus fréquents dans un redresseur sont les suivants :

- Défaillance de type circuit ouvert (considérer dans ce mémoire) ;
- Défaillance de type court-circuit de type I (défaut de commande pour les redresseurs commandés) et court-circuit de type II (défaillance de puce (composant)) [9].

II.2.1 Composant maintenu fermé (Court-circuit)

Le défaut de type composant maintenu fermé 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 ou dans le cas d'utilisation du composant au-dessus de ses caractéristiques nominales. Ce type de défaillance est extrêmement préjudiciable au convertisseur et nécessiterait la mise en œuvre d'un système de sécurité permettant de déconnecter le bras défaillant dès l'apparition de cette défaillance [10] [11] [12].

II.2.2 Composant maintenu ouvert (Circuit ouvert)

Il se peut, pour diverses raisons, qu'un des composant d'électronique de puissance (diode, thyristor, ...etc) d'une cellule de commutation d'un bras reste constamment ouvert (défaut de type circuit ouvert). Ce type de défaut a pour principale cause le vieillissement du composant ou une défaillance de la commande rapprochée (défaut thermique du driver ou perte d'alimentation par exemple). Ce type conduit à la perte de la symétrie de la tension et/ou courant alternatif ainsi que l'augmentation du taux d'ondulation de la tension et/ou courant continu [13] [14]. Cela peut être interprété sur le plan mécanique de la machine par l'apparition de vibrations et un échauffement au cours du temps.

II.3 Etapes et méthodes de diagnostic

II.3.1 Définition du diagnostic :

La définition du diagnostic (norme AFNOR et CEI) [15]. Stipule que : Le diagnostic est l'identification de la cause probable de la (ou de) défaillance(s) à l'aide d'un raisonnement logique fondé sur un ensemble d'informations provenant d'une inspection, d'un contrôle ou d'un test.

Cette définition résume les deux tâches essentielles en diagnostic :

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

II.3.2 Etapes du diagnostic :

La sélection de la méthode de diagnostic la plus appropriée à un système industriel donné ne peut se faire qu'après un recensement des besoins et des connaissances disponibles. L'inventaire des éléments à étudier est le suivant :

- nature des causes de défaillances à localiser,
- connaissance des symptômes associés aux défaillances induites par les causes,
- maîtrise des moyens de mesure des symptômes,
- maîtrise des moyens de traitement des symptômes,
- connaissance des mécanismes physiques entre les causes et les effets,
- inventaire du retour d'expérience,
- recensement des expertises disponibles,
- définition du niveau de confiance dans le diagnostic,
- identification des utilisateurs finaux du diagnostic.

La procédure du diagnostic de défaillances et de dégradations susceptibles d'affecter les différentes entités d'un processus industriel (figure II.1) s'articule autour des étapes suivantes :

- l'extraction des informations à partir de moyens de mesures appropriées ou d'observations réalisées lors des rondes par les personnels de surveillance,
- l'élaboration des caractéristiques et des signatures associées à des symptômes,

- la détection d'un dysfonctionnement,- la mise en œuvre d'une méthode de diagnostic de la défaillance ou de la dégradation à partir de l'utilisation des connaissances sur les relations de cause à effet,
- la prise de décision (arrêt de l'installation ou reconfiguration).

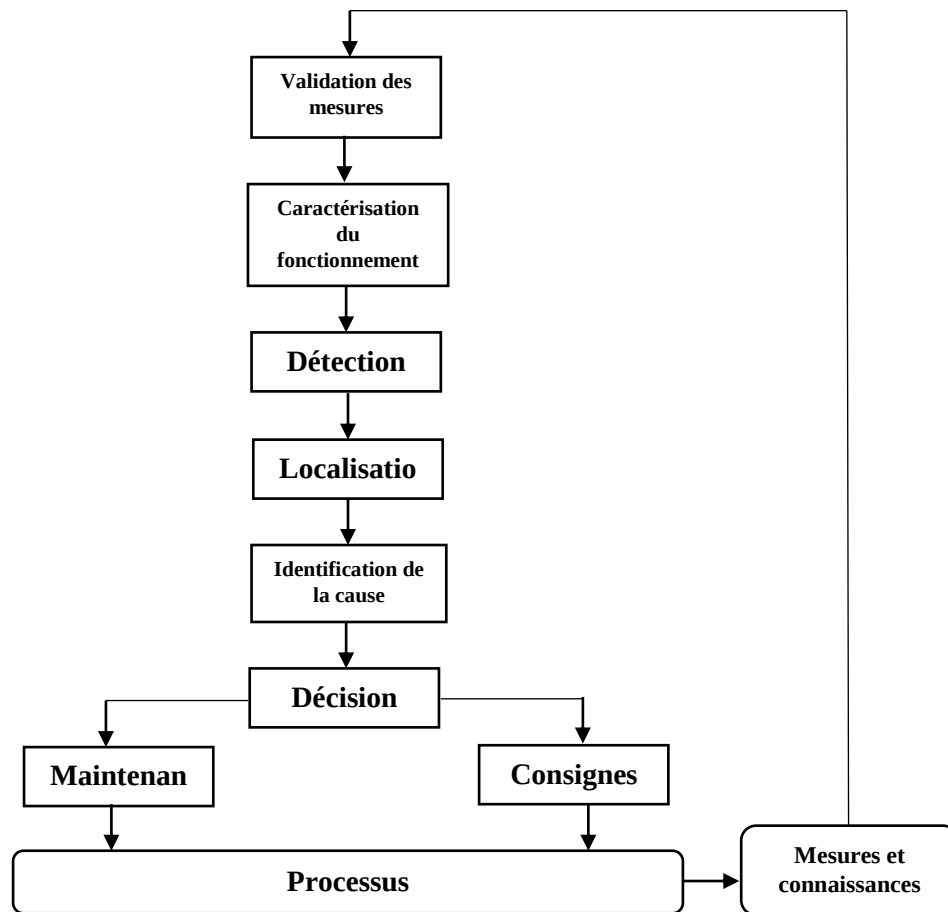


Figure II.1 Etapes du diagnostic industriel

II.3.2.1 Acquisition des données

Cette fonction doit fournir une image du procédé. Les fonctions suivantes doivent être réalisées :

- conditionnement et prétraitement du signal,
- validation du signal de mesure.

II.3.2.2 Détection

C'est l'opération qui 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).

II.3.2.3 Localisation

La localisation suit l'étape de détection ; elle attribue le défaut à un sous-système particulier : capteur, actionneur, organe de commande, processus, ...etc.

II.3.2.4 Diagnostic

Le diagnostic est une opération de classification du défaut par son amplitude, son type et son degré de sévérité. Les principaux outils qui peuvent être employés sont de nature diverses :

- classification et reconnaissance de formes,
- utilisation d'arbres logiques,
- Systèmes experts [15].

II.4 Méthodes de diagnostic

Le diagnostic qu'il soit médical ou bien industriel est toujours basé sur la comparaison entre le comportement du procédé défaillant et les connaissances du comportement sain ou de son modèle. Plusieurs techniques permettent de diagnostiquer les fautes survenant dans un système qui provoquent des défaillances [16].

La comparaison nécessite des indicateurs, des symptômes révélateurs qui, une fois analysés permettent d'abord de détecter le comportement défaillant, d'en déduire la fonction ou l'élément en dysfonctionnement (localiser), puis d'en déterminer la cause et enfin, si possible d'y remédier. Le graphe suivant présente les différentes méthodes de diagnostic [7]. La figure (II.2) présente les différentes méthodes de diagnostic regroupée en deux grandes familles.

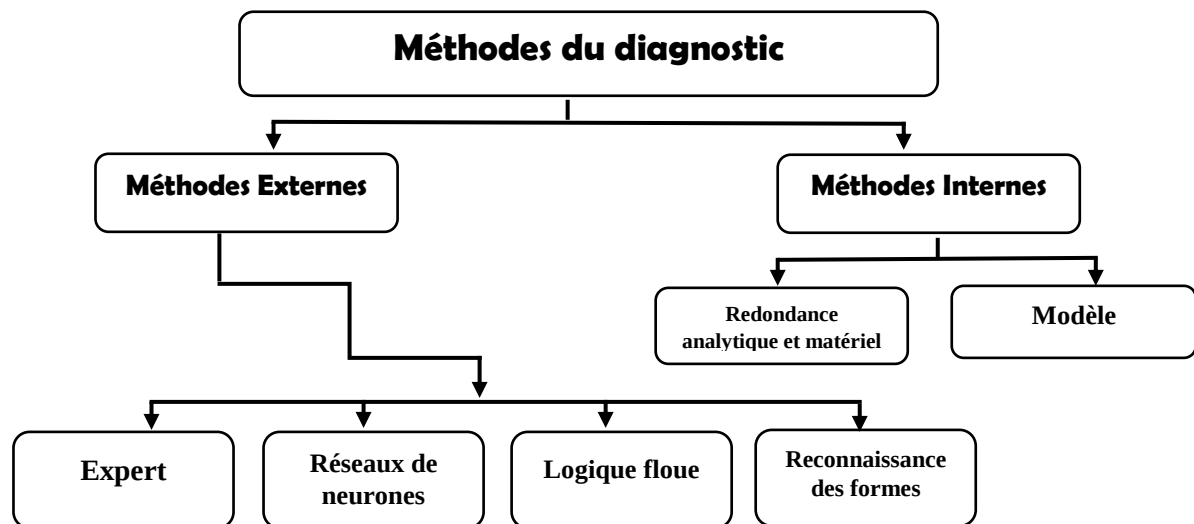


Figure II.2 Synthétique de classement des méthodes de diagnostic

II.4.1 Méthodes internes

Cette famille de méthodes est principalement dérivée des techniques utilisées par les automaticiens à partir de modèles physiques au de comportement validés par les techniques d'identification de paramètre, il devient possible de mettre en œuvre la méthode du problème inverse. Ces méthodes de diagnostic reposent sur la comparaison de mesures réelles sur le système à surveiller et des informations que fournit le modèle [17].

Les méthodes internes de diagnostic se regroupent en deux grandes familles :

- la méthode du modèle ;
- la méthode de redondance analytique et matérielle [7].

II.4.1.1 Méthode du modèle

La méthode du diagnostic basée sur le modèle [7], consiste à comparer les grandeurs déduites d'un modèle représentatif du fonctionnement des différentes entités du processus avec les mesures directement observées sur le processus industriel. La figure (II.3) représente le fonctionnement d'un système de détection de défaillances utilisant l'approche basée sur le modèle.

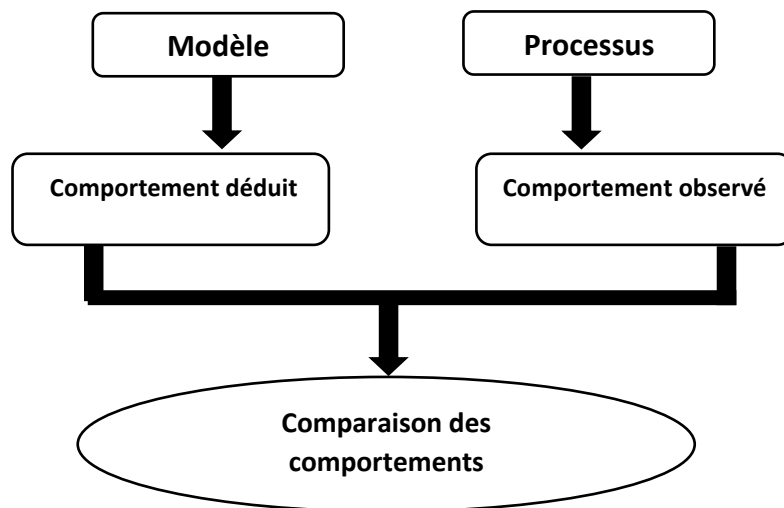


Figure II.3 Principe de fonctionnement de la méthode du modèle

En général, pour des processus continus dotés de systèmes de régulation, il est judicieux d'utiliser un modèle prenant séparément en compte les chaînes de régulation, les actionneurs et les sous-ensembles du processus industriel. Comme il a été utilisé en [8] et [14] pour un système d'entraînements électriques, le modèle possède une structure identique à celle du processus. La comparaison des comportements sert à la détection des écarts entre les signaux d'état normaux et anormaux. Les observations simultanées des signaux de sortie de comparaison permettent d'isoler rapidement le module défaillant [7] [14].

II.4.1.2 Redondance analytique et matérielle

La redondance analytique se base sur la connaissance d'un modèle mathématique du système à surveiller, ce modèle placé dans les mêmes conditions que le système est calculé en temps réel, fournit les relations de redondances nécessaires à la comparaison du procédé avec le modèle (figure II.4) [7] [8] [14].

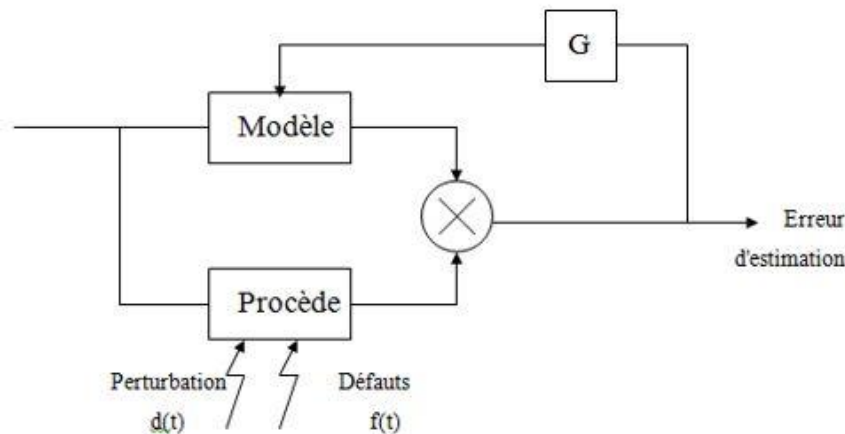


Figure II.4 Principe de fonctionnement de la méthode de redondance analytique

D'un côté, il existe une méthode par la redondance matérielle qui consiste à doubler ou à tripler l'équipement et plusieurs actionneurs plusieurs capteurs et plusieurs systèmes de commande [7] [14]. L'utilisation de cette méthode est essentiellement réservée aux cas où la continuité de service est obligatoire (avionique). En effet, elle apporte l'avantage une fois la défaillance détectée, d'utiliser la partie de l'équipement encore saine –c'est une méthode chère et complexe.

II.4.2 Méthodes externes

Les méthodes externes considèrent le système comme une "boîte noire" et elles n'ont besoin d'aucun modèle mathématique pour représenter le fonctionnement du procédé. Elles utilisent uniquement un ensemble de mesures et/ou de connaissances heuristiques sur le système. Au sens strict, ces méthodes supposent qu'aucun modèle n'est disponible pour décrire les relations de cause à effet [18].

Dans cette catégorie on retrouve toutes les méthodes basées sur l'intelligence artificielle. L'intelligence artificielle est presque vieille que l'informatique, les premiers travaux et réalisation datent de début des années 50, l'expression "intelligence artificielle" a été proposée par "J.Mecarthy" en 1956 [7].

II.4.2.1 Méthodes de reconnaissance des formes

Parmi toutes les approches du diagnostic, la reconnaissance des formes est une technique de définition d'algorithmes permettant de classer des objets dont l'aspect a varié par rapport à un objet type. Il s'agit de définir à quelle forme-type une forme observée ressemble le plus [7] [14].

Dans ce cas, la forme est définie par un ensemble de 'd' paramètres appelés caractères qui sont les composants du vecteur forme x ; les prototypes sont les points représentatifs du vecteur forme dans l'espace à 'd' dimensions ;

Dans un problème de reconnaissance des formes on suppose généralement que les formes x à classer appartiennent à M catégories bien déterminées appelées classes et notées $w_1, w_2, \dots, w_m$.

Compte tenu du bruit de mesure les vecteurs appartenant à une classe donnée w_i forment une zone particulière dans l'espace de dimension d .

Le problème de la reconnaissance des formes consiste à déterminer les formes séparant les M classes dans le but de pouvoir ultérieurement classer une nouvelle forme x lors de l'opération de classification ou de discrimination [7] [14].

La procédure de diagnostic basée sur les techniques de reconnaissance des formes met en œuvre quatre étapes principales qui sont résumées sur la figure (II.5).

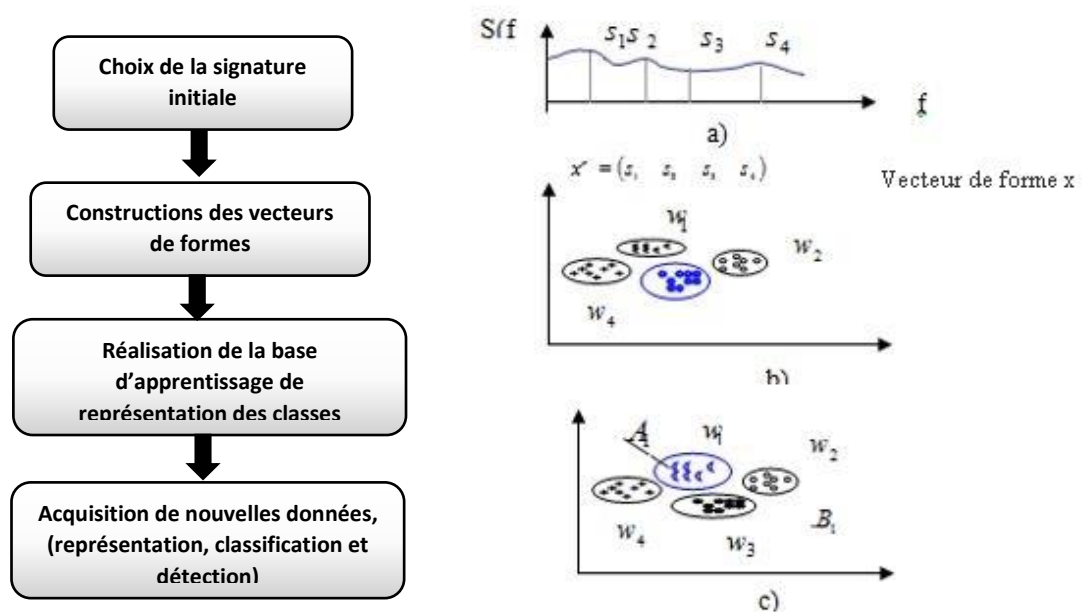


Figure II.5 Procédure de diagnostic basée sur la technique de la reconnaissance des formes

Dans ce cas, la dernière phase correspond évidemment à l'exploitation du système de diagnostic. D'autre part, après l'acquisition d'une nouvelle signature, on calcule la forme associée dans l'espace de présentation et on procède à sa classification, chose qui se réalise sans difficulté (par exemple, il faudra prendre la décision de rejeter le point B ou de le caser dans une nouvelle classe).

II.4.2.2 Diagnostic par systèmes experts

Un système expert doit fournir des réponses associées à une situation donnée sachant que la complexité du domaine étudié ne permet pas d'établir a priori toutes les configurations possibles des situations ; ainsi un spécialiste du dépannage réalise son diagnostic à l'aide d'une description partielle de la situation.

À partir de l'ensemble de symptômes dont il dispose, il peut déduire toutes les conclusions possibles, élaborer de nouvelles hypothèses et approfondir son diagnostic en exploitant des informations supplémentaires collectées sur le système à diagnostiquer [7].

Un système expert est constitué de plusieurs éléments principaux [7]. (voir la figure. II.6) dont on peut citer :

- **Base de connaissances** : La base de connaissances est souvent la partie stable du système, elle est immédiatement exécutée dès l'appel du système et c'est elle qui rassemble les connaissances nécessaires à la résolution des problèmes du domaine.
- **Base de faits** : Les faits sont les objets élémentaires de l'application ; la base de faits qui au départ contient les informations initiales relatives au domaine s'enrichit progressivement de conclusions ou de nouveaux faits déduits par le moteur d'inférence.
- **Moteur d'inférence** : Le moteur d'inférence exploite de façon indépendante les informations contenues dans la base de faits et la base de connaissances pour fournir une solution au problème donné. Par ailleurs, le moteur d'inférence produit dans son mécanisme de raisonnement de nouveaux faits qui sont mémorisés dans la base de faits.

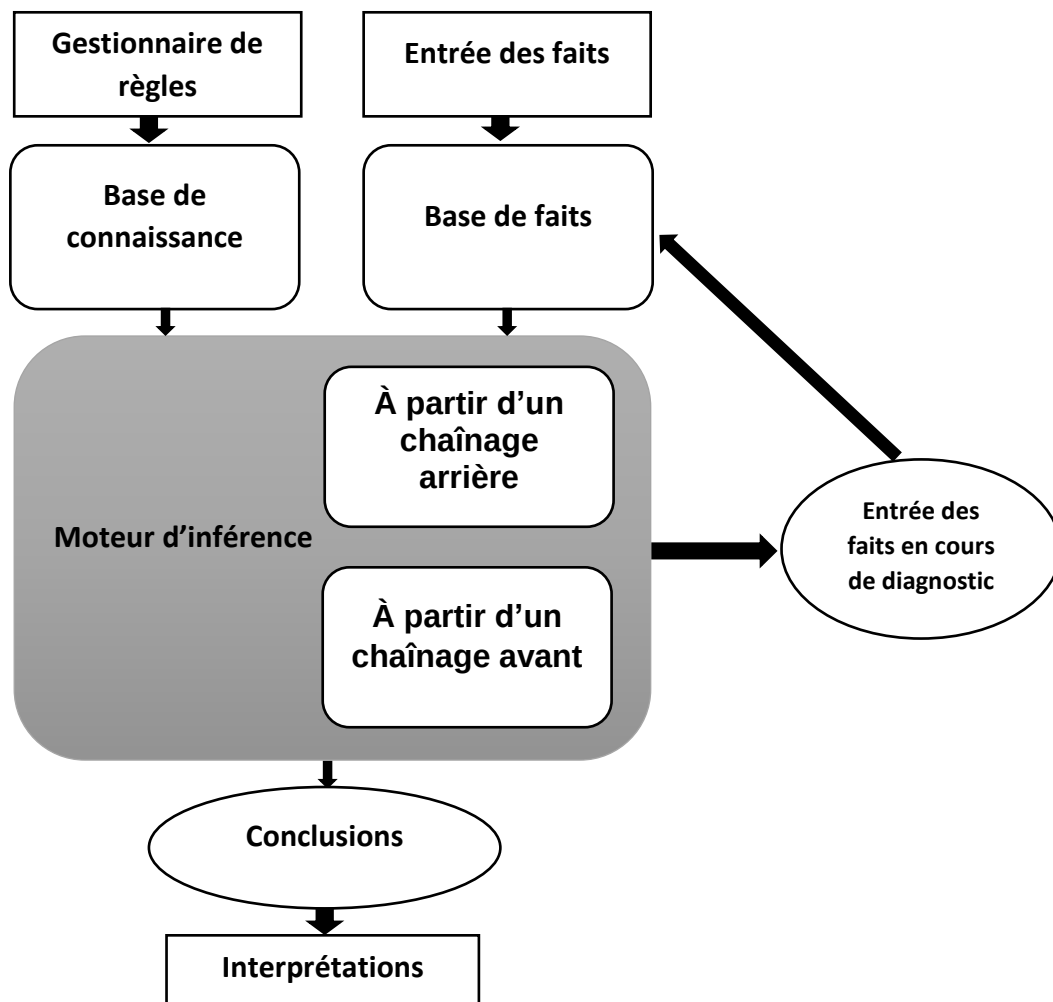


Figure II.6 Architecture générale d'un système expert de diagnostic

II.4.2.3 Diagnostic par logique floue

Cette approche, contrairement à la logique du tout ou rien de G. Boode, a pour but la prise en compte de la logique de la pensée humaine qui est approximative.

Le concept de sous-ensemble flou a été introduit pour prendre en compte l'imprécision. La fonction d'appartenance à un ensemble flou prend des valeurs sur l'intervalle $[0,1]$. Celles-ci expriment le degré d'appartenance d'un élément à cet ensemble : 0 pour la non appartenance stricte et 1 pour l'appartenance stricte [7].

Le principe de fonctionnement du diagnostic basé sur la logique floue consiste à extraire et à calculer les signaux d'entrée, en utilisant les règles linguistiques représentées sous forme de fonctions d'appartenances, ces règles peuvent contenir tous les modèles possibles qui correspondent au mode de défaut considéré [7] [8] [14].

En général, la logique floue consiste en un processus de trois étapes [19] :

- La fuzzification ;
- L'inférence ;
- La défuzzification.

Le bloc fuzzification contient en général un traitement de données préliminaires ; ces données sont alors traitées par des règles linguistiques, ce qui nécessite leur définition par des fonctions d'appartenance. La fuzzification fournit une série de variables floues, réunies par un vecteur, qui va être introduit au bloc d'inférence.

Dans le bloc inférence, les valeurs des variables linguistiques sont liées par plusieurs règles qui doivent tenir compte du comportement statique et dynamique du système (des effets du système à diagnostiquer).

Dans la dernière étape, il faut transformer la valeur floue (linguistique) en une valeur déterminée pour déduire l'état du système, ceci se faisant dans le bloc défuzzification [7], on rencontre les applications de cette méthode pour le diagnostic des machines asynchrones.

II.4.2.4 Diagnostic externe avec les réseaux de neurones

Les réseaux de neurones ont montré depuis de nombreuses années de grandes capacités à résoudre des problèmes de classification pour le diagnostic de systèmes [20].

Cette méthode fait partie des méthodes de diagnostic externes, elle utilise la classification automatique des signaux et des formes [7].

Le principe de fonctionnement des réseaux de neurones est inspiré des mécanismes de fonctionnement du cerveau humain. De l'extérieur, le réseau de neurones se présente comme une 'boîte noire' qui reçoit des signaux d'entrée et qui fournit les réponses appropriées.

Dans le cas du diagnostic, les différents états de fonctionnement normaux et anormaux sont le plus souvent caractérisés par des signatures. L'opérateur humain, après avoir mémorisé et appris les différentes formes de signatures associées à un état déterminé, est capable à la lecture d'une nouvelle signature d'identifier très rapidement l'état de la machine. Si la nouvelle signature est déjà apprise, il devra l'interpréter et la mémoriser. En général, le RNA permet de reconstituer le processus de raisonnement humain décrit ci-dessus.

Par ailleurs, un réseau de neurones est défini par [7] :

- la nature des cellules élémentaires qui le constituent (binaires ou continues) ;
- l'architecture et le nombre des couches du réseau ;
- la nature des connexions ;
- les méthodes d'apprentissage ;
- les performances de classification ;
- les mécanismes de mémorisation.

II.5 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté les défaillances les plus fréquents que le redresseur peut subir. Nous avons dressé une liste des étapes à suivre lors d'une procédure de diagnostic des systèmes. Ainsi que les différentes méthodes de diagnostic existantes.

Dans le chapitre suivant nous allons étudier expérimentalement un redresseur PD3 à diode alimentant un moteur à courant continu à excitation séparée en mode de fonctionnement normal et en mode de défaut.

Chapitre III

Etude en mode dégradé de l'association redresseur PD3 à diodes-MCC

III.1 Introduction

Le présent chapitre présente l'étude expérimentale d'un redresseur PD3 à diode alimentant un moteur à courant continu à excitation séparée en mode de fonctionnement normal et en mode de défaut.

Pour concevoir le système de diagnostic du redresseur, les résultats expérimentaux vont nous permettre de comparer les grandeurs électriques indicatrices choisies pour différents cas de défauts. Une méthode à base de modèle mathématique du redresseur sera adoptée.

III.2 Fonctionnement en mode sans défaut

Les diodes D1, D2 et D3 constituent un commutateur à cathodes communes. À chaque instant, la diode passante est celle qui est reliée à la phase du réseau présentant la tension la plus positive. Les diodes D4, D5 et D6 constituent un commutateur à anodes communes. À chaque instant, la diode passante est celle qui est reliée à la phase du réseau présentant la tension la plus négative.

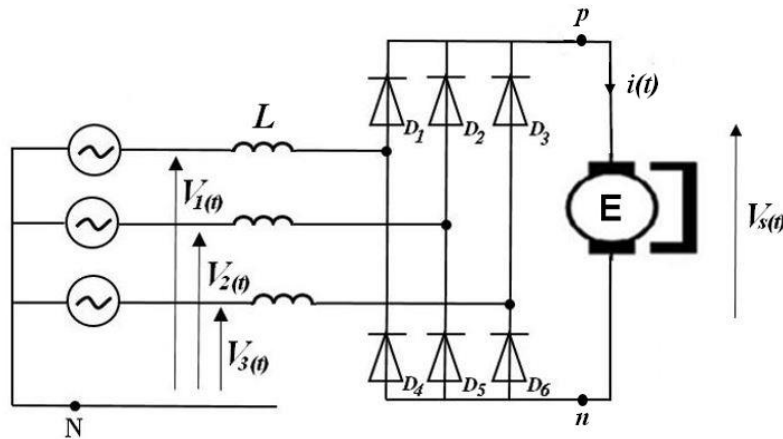


Figure III.1 Redresseur PD3 non commandé

- Le système des tensions triphasé utilisé conforme aux expressions suivantes :

$$\begin{aligned} V_1(t) &= V \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(\omega t) \\ V_2(t) &= V \cdot \sqrt{2} \cdot \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right) \\ V_3(t) &= V \cdot \sqrt{2} \cdot \sin\left(\omega t + \frac{2\pi}{3}\right) \end{aligned}$$

- Les diodes sont considérées comme idéales.
- Les paramètres du moteur sont indiqués dans l'annexe.
- Le modèle du redresseur, choisi dans cette étude, peut se résumer en :

$$\begin{aligned} V_{p(mod)} &= \max(V_1, V_2, V_3) \\ V_{n(mod)} &= \min(V_1, V_2, V_3) \end{aligned}$$

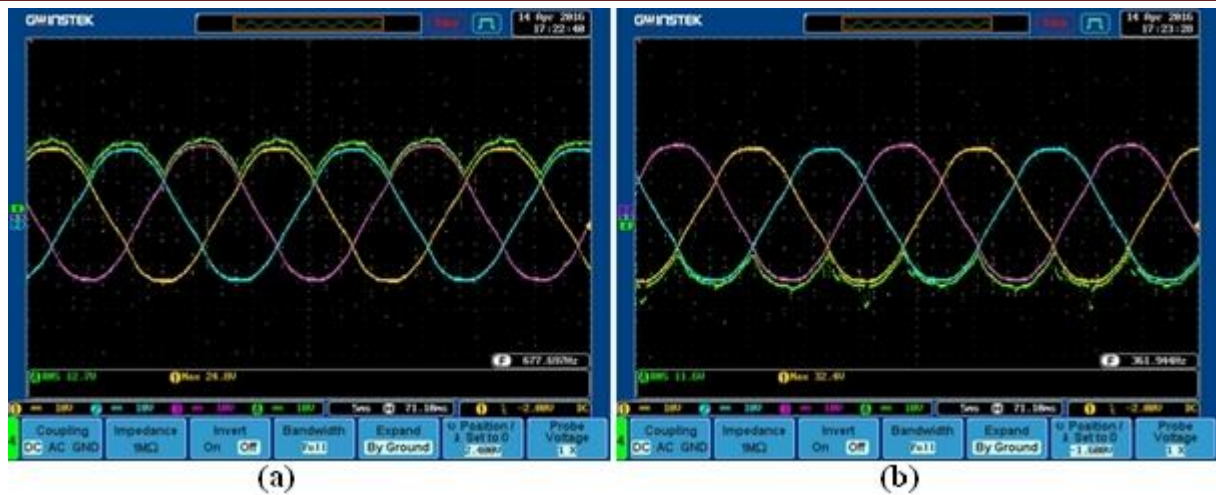


Figure III.2 Tensions simples du réseau électrique et tensions $V_{p(\text{mes mode sain})}$ et $V_{n(\text{mes mode sain})}$

D'après les courbes de la figure (III.2) on remarque que :

- $V_{p(\text{mes})}$ prend le maximum positif des trois tensions V_1 , V_2 et V_3 .
- $V_{n(\text{mes})}$ prend le maximum négatif des trois tensions V_1 , V_2 et V_3 .

On peut considérer que :

- $V_{p(\text{mod})} = V_{p(\text{mes mode sain})} \pm \epsilon_p$. ϵ_p c'est l'erreur entre la valeur mesurée et la valeur estimée en mode sain du redressement.
- $V_{n(\text{mod})} = V_{n(\text{mes mode sain})} \pm \epsilon_n$. ϵ_n c'est l'erreur entre la valeur mesurée et la valeur estimée en mode sain du redressement.

L'erreur de mesure ϵ à retenir est la plus grande entre ϵ_p et ϵ_n :

- $\epsilon = |\max ((V_{p(\text{mod})} - V_{p(\text{mes mode sain})}), (V_{n(\text{mod})} - V_{n(\text{mes mode sain})}))| = |\max (\epsilon_p, \epsilon_n)|$.

III.3 Fonctionnement en mode de défaillance

III.3.1 Diode D1 maintenue ouverte

La diode **D1** est supposée défectueuse et se comporte comme un circuit ouvert, comme indiqué dans la figure (III.3).

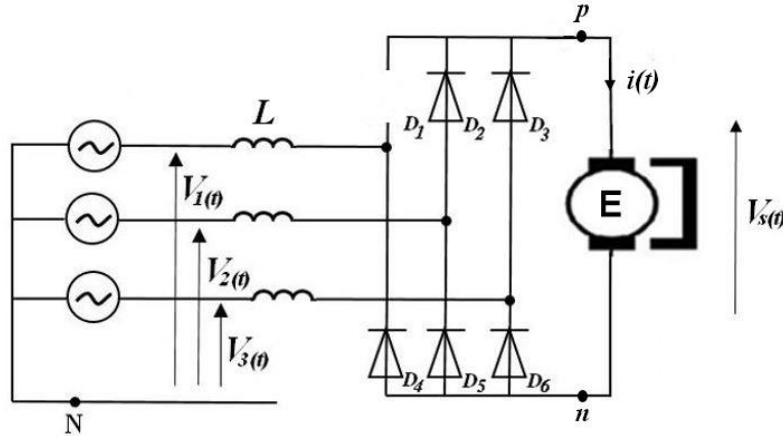


Figure III.3 Redresseur PD3 non commandé avec diode D1 maintenue ouverte

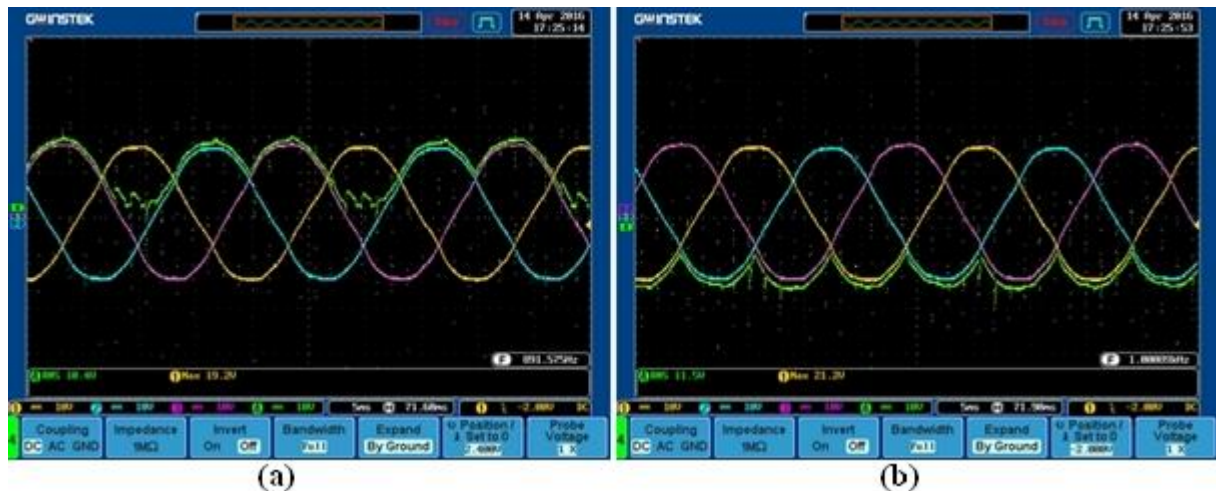


Figure III.4 Tensions simples du réseau électrique et tensions $V_{p(mes)}$ et $V_{n(mes)}$ avec D1 maintenue ouverte

D'après les courbes de la figure (III.4), on remarque que :

Durant l'intervalle où $V_1 > V_2$ et où $V_1 > V_3$: la tension $V_{p(mes)}$ devient inférieure à V_1 alors que la tension $V_{n(mes)}$ devient plus négative que V_2 et/ou V_3 .

Cela est dû au fait que les tensions $V_{p(mes)}$ et $V_{n(mes)}$ dépendent principalement de la force contre électrométrie f_{cem} , et l'inductance de l'induit du moteur. Cette dernière étant de très petite valeur rend les tensions $V_{p(mes)}$ et $V_{n(mes)}$ complètement dépendantes de la f_{cem} du moteur, qui de son tour dépend de la vitesse du rotor. Selon ces remarques, on peut déduire la règle suivante :

Sachant que : Si $(V_1 > V_2)$ et $(V_1 > V_3) \rightarrow (V_{p(mod)} = V_1 \pm \epsilon)$;

et Si $(V_{p(mes)} < V_{p(mod)} - h)$ alors D_1 est maintenue ouverte.

Où h représente le seuil relatif au défaut qui doit être choisi de telle sorte qu'il soit légèrement plus grand que la plus grande erreur de mesure ϵ :

$$(|h| > |\epsilon|) \text{ et } (\epsilon = |\max((V_{p(mod)} - V_{p(mes \text{ mode sain})}), (V_{n(mod)} - V_{n(mes \text{ mode sain})}))| = |\max(\epsilon_p, \epsilon_n)|).$$

III.3.2 Diode D2 maintenue ouverte

La diode D_2 est considérée en défaut d'ouverture, comme illustré dans la figure (III.5).

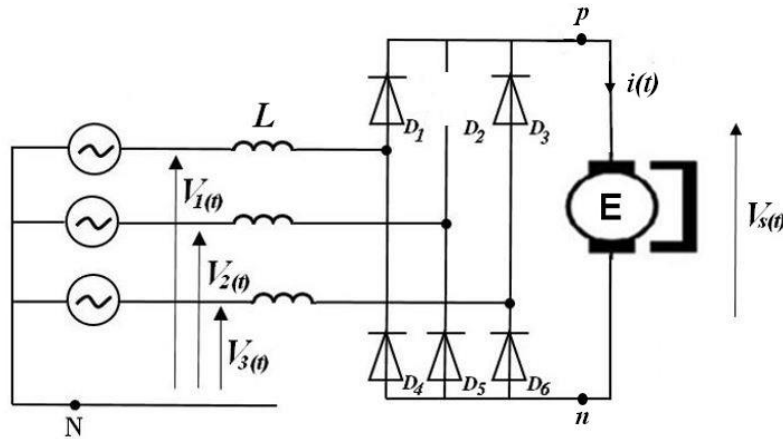


Figure III.5 Redresseur PD3 non commandé avec diode D2 maintenue ouverte

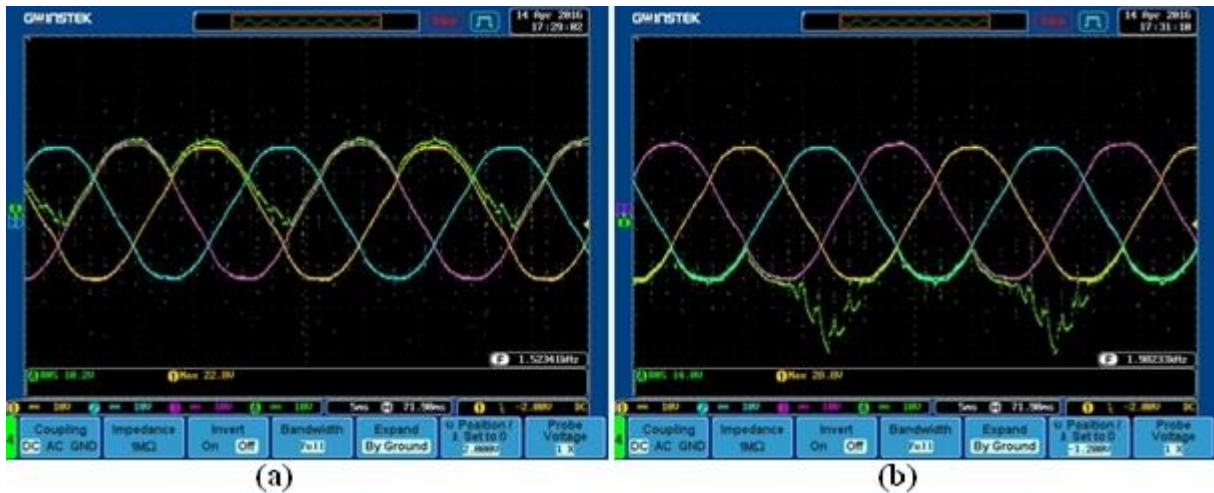


Figure III.6 Tensions simples du réseau électrique et tensions $V_{p(mes)}$ et $V_{n(mes)}$ avec D2 maintenue ouverte

Selon les courbes de figure (III.6), on remarque que :

Sachant que : Si $(V_2 > V_1)$ et $(V_2 > V_3) \rightarrow (V_{p(mod)} = V_2 \pm \epsilon)$

et Si $(V_{p(mes)} < V_{p(mod)} - h)$ alors D_2 est maintenue ouverte

III.3.3 Diode D3 maintenue ouverte

La diode **D3** maintenue ouverte, donc elle se comporte comme un circuit ouvert, figure (III.7).

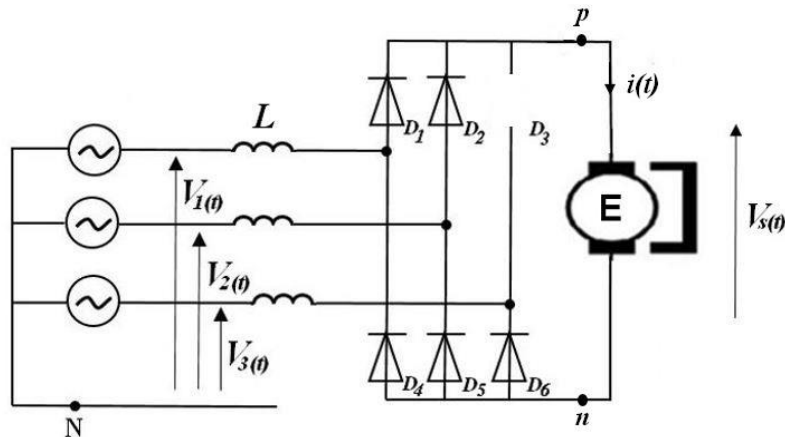


Figure III.7 Redresseur PD3 non commandé avec diode D3 maintenue ouverte

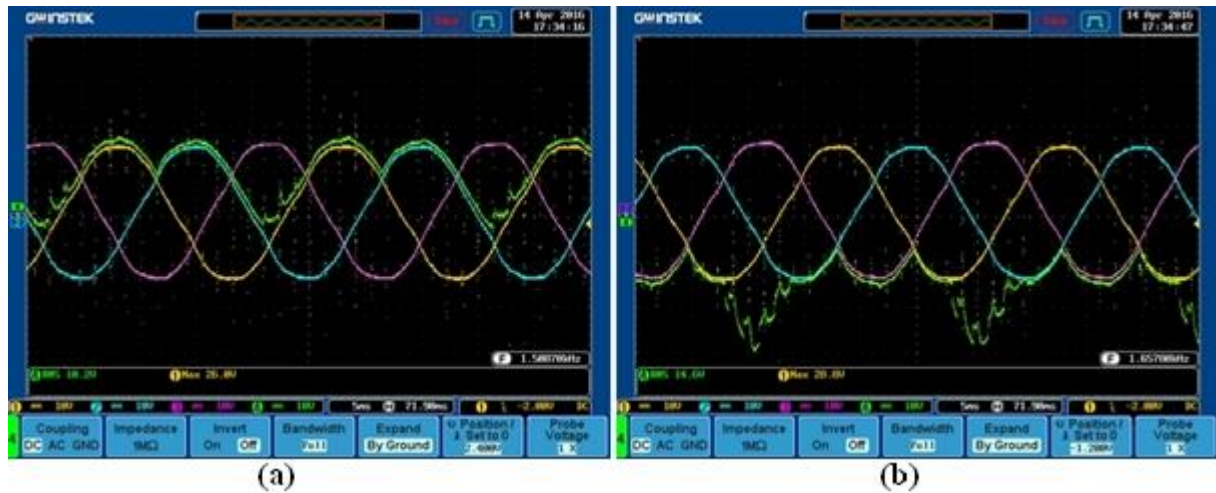


Figure III.8 Tensions simples du réseau électrique et tensions $V_{p(mes)}$ et $V_{n(mes)}$ avec D3 maintenue ouverte

Selon les courbes de figure (III.8), on remarque que :

Sachant que : Si $(V_3 > V_1)$ et $(V_3 > V_2) \rightarrow (V_{p(mod)} = V_3 \pm \epsilon)$;

et Si $(V_{p(mes)} < V_{p(mod)} - h)$ alors **D3** est maintenue ouverte.

III.3.4 Diode D4 maintenue ouverte

La diode **D4** se comporte comme un circuit ouvert, figure (III.9).

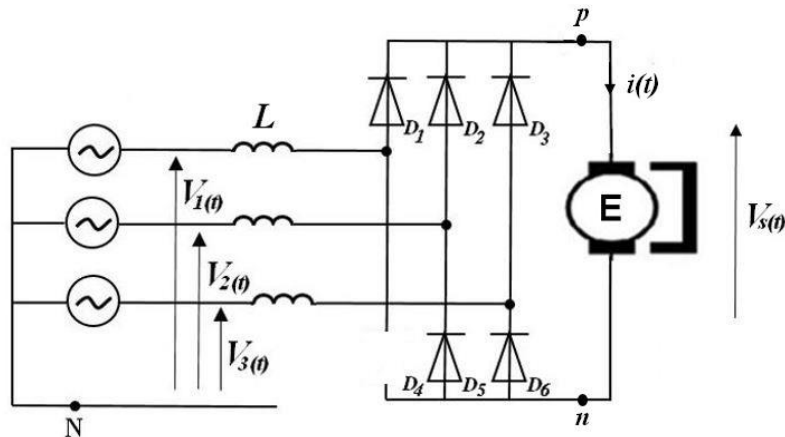


Figure III.9 Redresseur PD3 non commandé avec diode D4 maintenue ouverte

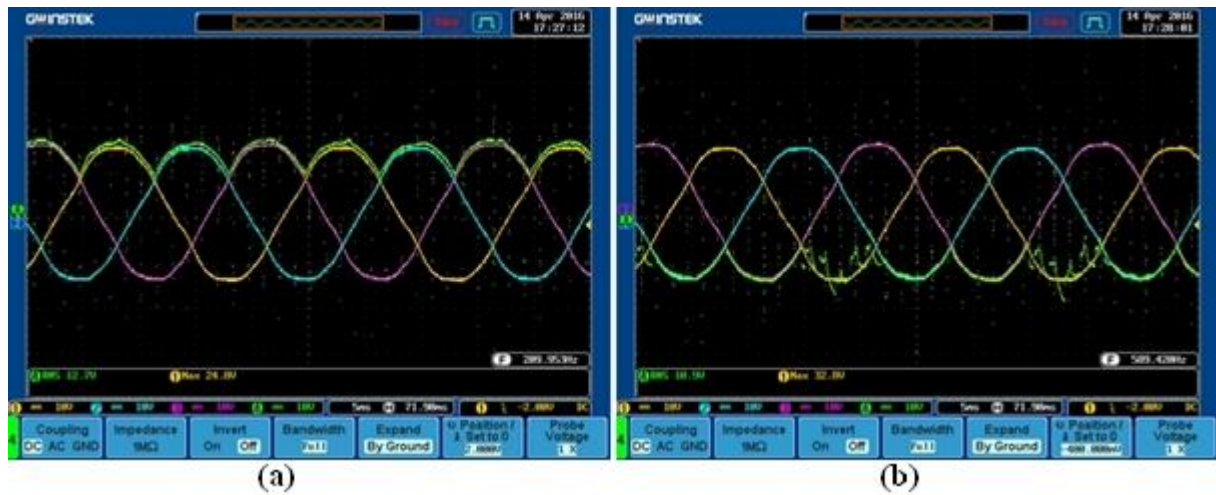


Figure III.10 Tensions simples du réseau électrique et tensions $V_{p(mes)}$ et $V_{n(mes)}$ avec D4 maintenue ouverte

Selon les courbes de figure (III.10), on remarque que :

Sachant que : Si $(V1 < V3)$ et $(V1 < V2) \rightarrow (V_{n(mod)} = V1 \pm \epsilon)$;

et Si $(|V_{n(mes)}| < |V_{n(mod)}| - h)$ alors **D4** est maintenue ouverte.

III.3.5 Diode D6 maintenue ouverte

La diode **D6** est en défaut d'ouverture, figure (III.11).

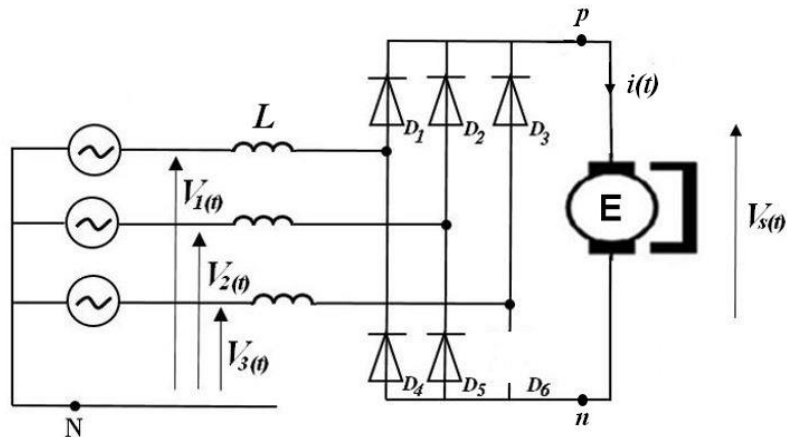


Figure III.11 Redresseur PD3 non commandé avec diode D6 maintenue ouverte

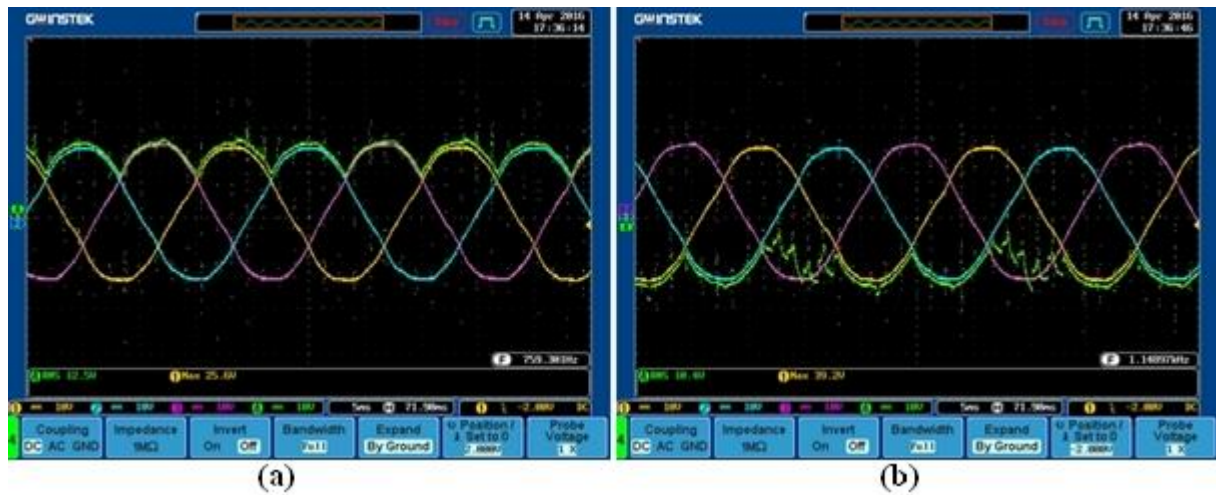


Figure III.12 Tensions simples du réseau électrique et tensions $V_{p(mes)}$ et $V_{n(mes)}$ avec D6 maintenue ouverte

Selon les courbes de figure (III.12), on remarque que :

Sachant que : Si $(V3 < V1)$ et $(V3 < V2) \rightarrow (V_{n(mod)} = V3 \pm \epsilon)$;

et Si $(|V_{n(mes)}| < |V_{n(mod)}| - h)$ alors **D6** est maintenue ouverte.

III.3.6 Diodes (D1 et D2) maintenues ouvertes

Les diodes **D1** et **D2** sont simultanément défaillantes, et se comportent comme un circuit ouvert, figure (III.13).

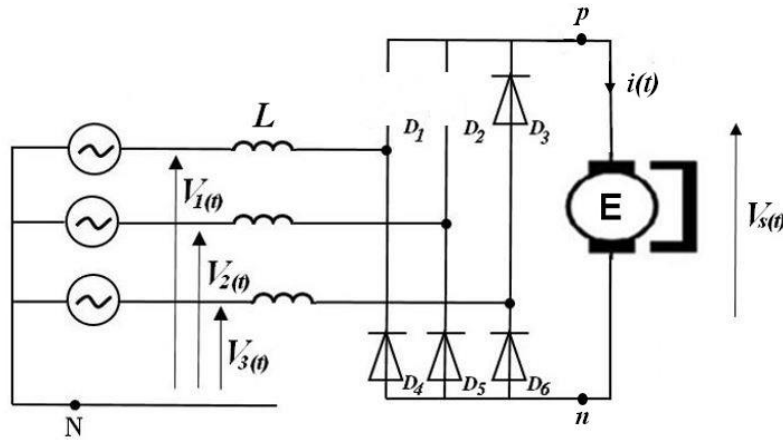


Figure III.13 Redresseur PD3 non commandé avec diodes D1 et D2 maintenues ouvertes

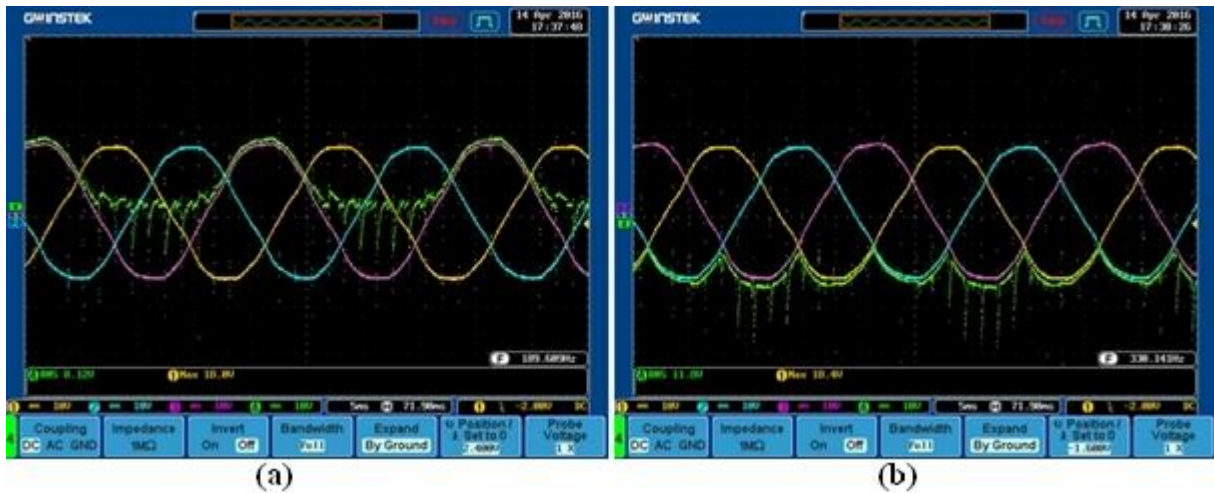


Figure III.14 Tensions simples du réseau électrique et tensions $V_{p(mes)}$ et $V_{n(mes)}$ diodes D1 et D2 maintenues ouvertes

Selon les courbes de figure (III.14), on remarque que :

Sachant que : Si $(V_1 > V_2)$ et $(V_1 > V_3) \rightarrow (V_{p(mod)} = V_1 \pm \epsilon)$;

et Si $(V_{p(mes)} < V_{p(mod)} - h)$ alors **D1** est maintenue ouverte.

Alors que : Si $(V_2 > V_1)$ et $(V_2 > V_3) \rightarrow (V_{p(mod)} = V_2 \pm \epsilon)$;

et Si $(V_{p(mes)} < V_{p(mod)} - h)$ alors **D2** est maintenue ouverte.

III.3.7 Diodes (D1 et D4) maintenues ouvertes

Les diodes **D1** et **D4** sont simultanément maintenues ouvertes, figure (III.15).

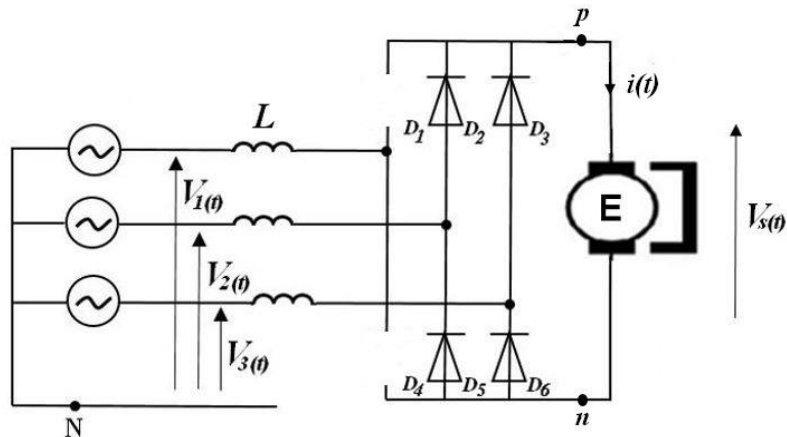


Figure III.15 Redresseur PD3 non commandé avec diodes D1 et D4 maintenues ouvertes.

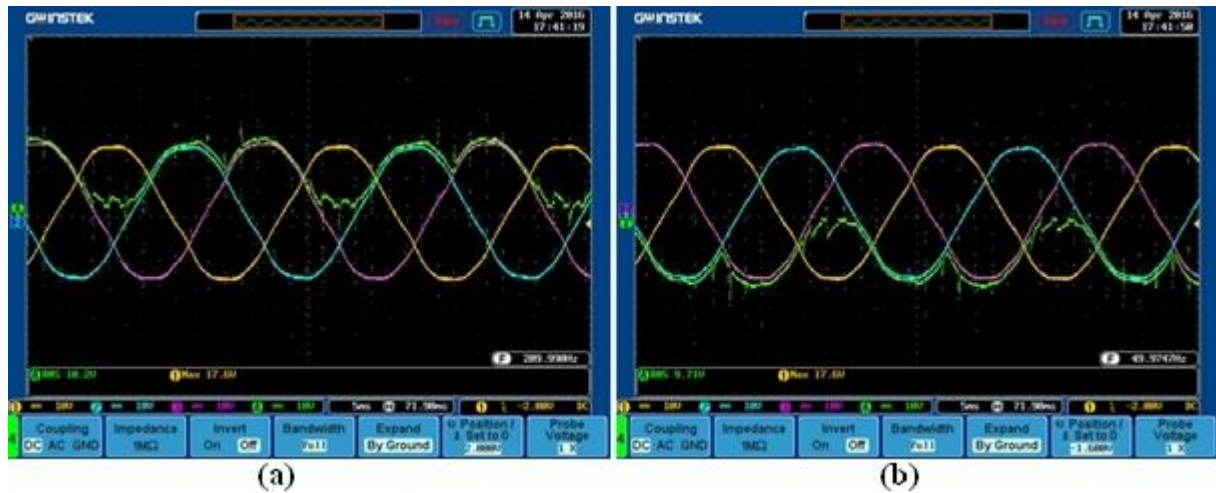


Figure III.16 Tensions simples du réseau électrique et tensions $V_{p(mes)}$ et $V_{n(mes)}$ diodes D1 et D4 maintenues ouvertes

Selon les courbes de figure (III.16), on remarque que :

Sachant que : Si $(V_1 > V_2)$ et $(V_1 > V_3) \rightarrow (V_{p(mod)} = V_1 \pm \epsilon)$

et Si $(V_{p(mes)} < V_{p(mod)} - h)$ alors **D1** est maintenue ouverte

Alors que : Si $(V_1 < V_3)$ et $(V_1 < V_2) \rightarrow (V_{n(mod)} = V_1 \pm \epsilon)$

et Si $(|V_{n(mes)}| < |V_{n(mod)}| - h)$ alors **D4** est maintenue ouverte

III.3.8 Diodes (D4 et D5) maintenues ouvertes

Les diodes **D4** et **D5** sont en défaut d'ouverture, figure (III.17).

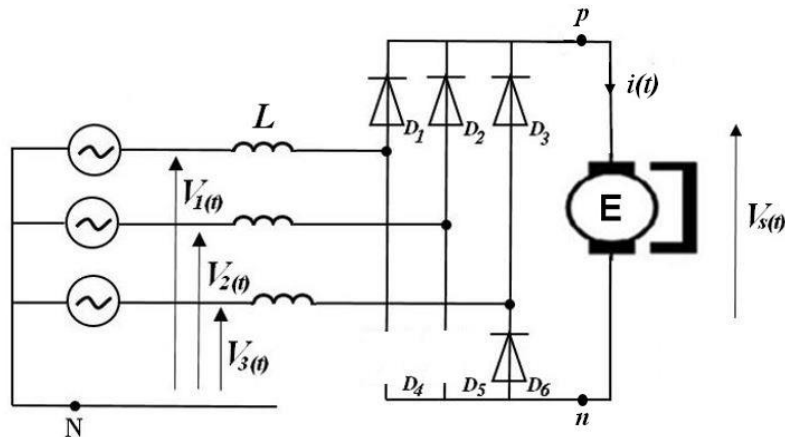


Figure III.17 Redresseur PD3 non commandé avec diodes D4 et D5 maintenues ouvertes

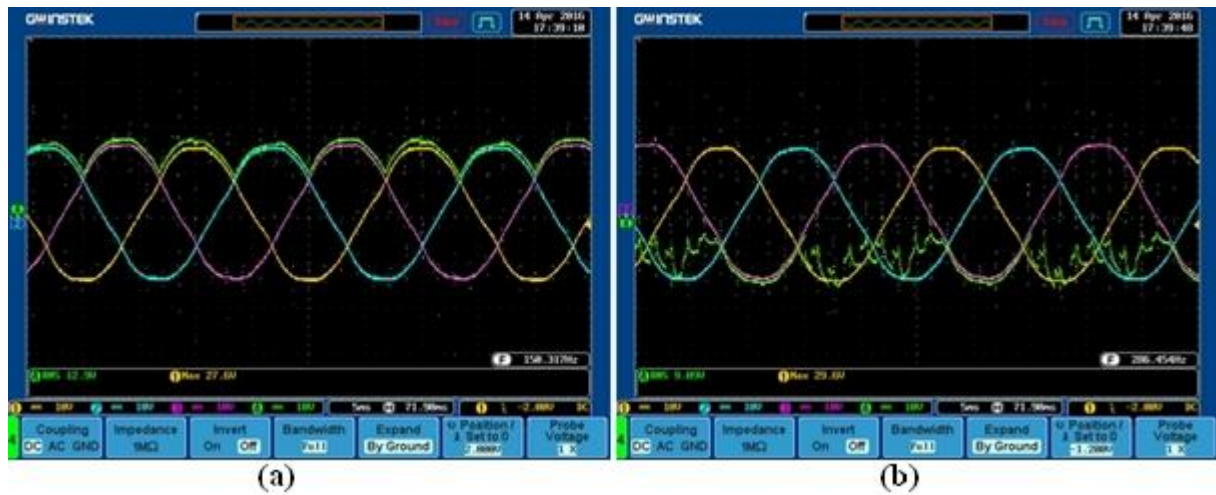


Figure III.18 Tensions simples du réseau électrique et tensions $V_{p(mes)}$ et $V_{n(mes)}$ diodes D4 et D5 maintenues ouvertes

Selon les courbes de figure (III.18), on remarque que :

Sachant que : Si $(V1 < V3)$ et $(V1 < V2) \rightarrow (V_{n(mod)} = V1 \pm \epsilon)$;

et Si $(|V_{n(mes)}| < |V_{n(mod)}| - h)$ alors **D4** est maintenue ouverte.

Alors que : Si $(V2 < V1)$ et $(V2 < V3) \rightarrow (V_{n(mod)} = V2 \pm \epsilon)$

et Si $(|V_{n(mes)}| < |V_{n(mod)}| - h)$ alors **D5** est maintenue ouverte

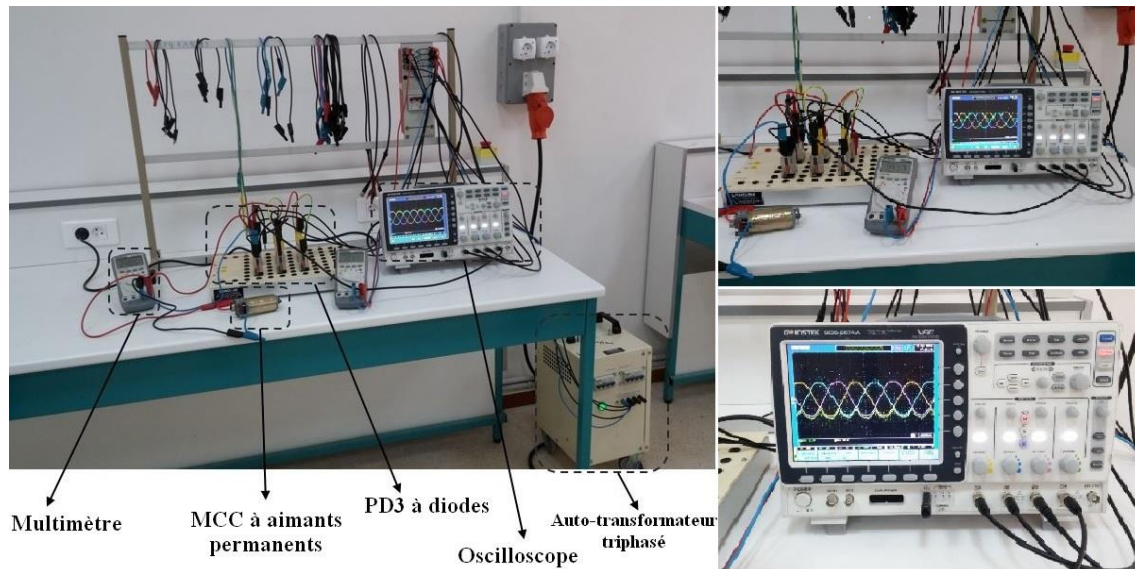


Figure III.19 Banc d'essai expérimental

III.4 Conclusion

Dans ce chapitre, on a présenté un redresseur PD3 à diode alimentant un moteur à courant continu à excitation séparée en mode de fonctionnement normal et en mode de défaut de type diode maintenue ouverte.

La comparaison entre les deux modes de fonctionnement, pour différents cas de défauts, a permis la caractérisation des différents défauts de type circuit ouvert d'une diode. Cette caractérisation est basée sur le modèle mathématique en tension du redresseur PD3, d'un côté, et sur les deux pôles positif et négatif de la tension de sortie du redresseur comme indicateurs de défauts.

Les caractéristiques des différents défauts peuvent être utilisées pour construire un arbre de défaillance permettant le diagnostic de différents défauts du redresseur PD3 à diodes alimentant un MCC.

Conclusion générale

Dans ce mémoire, une étude expérimentale est menée sur le diagnostic du convertisseur AC-DC, particulièrement le redresseur PD3 à diodes, alimentant un moteur à courant continu à excitation séparée (à aimant permanent).

A cet effet, des essais expérimentaux sont fait pour différents cas de défaut d'ouverture d'une diode en observant l'évolution des indicateurs de défaut considérés à savoir : les tensions entre d'une par les bornes positive et négative de la charge et d'autre part le neutre du système triphasé des tensions d'entrée.

Ces essais nous ont permis d'extraire une caractéristique particulière et spécifique au niveau des indicateurs de défaut pour chaque cas de défaut d'ouverture d'une diode dans le PD3.

Ces caractéristiques peuvent être organisées sous forme d'arbre de défaillance pour donner naissant à un système de diagnostic et de surveillance du redresseur PD3 alimentant un MCC. Cela constitue un des perspectives de ce travail. D'autres perspectives sont envisageables dans ce sens telles que :

- L'introduction des filtres passe bas (hardware ou software) pour élimination des harmoniques hautes fréquences afin de bien lisser les signaux indicateurs de défaut pour augmente la précision du système de diagnostic.
- La mise en pratique de l'arbre de défaillance développée en se basant sur les caractéristiques extraites à l'issue de cette étude.
- L'extension et l'adaptation de l'approche étudié dans ce mémoire à d'autres types de convertisseurs statiques tels que, les redresseurs commandables (à thyristor et à MLI), les onduleurs (2 niveaux et multiniveaux) et les convertisseurs matriciels.

La méthode du diagnostic adapté est basée sur le modèle qui consiste à comparer les tensions issues du modèle du redresseur avec celles mesurées pour différents cas de défauts.

Annexe

Les paramètres du banc d'essai expérimental sont les suivants :

Réseau électrique :

Tension simple efficace ($V_{1\text{eff}}$, $V_{2\text{eff}}$ et $V_{3\text{eff}}$) : 10 V

Fréquence (f) : 50 Hz.

Moteur à courant continu :

Le moteur utilisé à vide est un moteur à courant continu à aimant permanent.

Puissance nominale	: 30 W
Tension nominale d'induit	: 24 V
Vitesse de rotation nominale	: 3000 tr/min
Couple nominale	: $C_n = 0.096 \text{ Nm}$
Courant nominale d'induit	: $I_n = 2 \text{ A}$
Résistance d'induit	: $R_a = 3.5 \Omega$
Inductance d'induit	: $L_a = 3 \text{ mH}$
Moment d'inertie	: $J = 17.7 * 10^{-6} \text{ Kg.m}^2$

Matériels utilisés :

Redresseur triphasé à diodes,

Auto-transformateur triphasé,

Oscilloscope numérique à 4 Entrées

Moteur à courant continu à aimant permanent

Références bibliographiques

- [1] Mohammed GAOUAOUI « Diagnostic par reconnaissance des formes : Application à la machine asynchrone », thèse de magister. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 2012 ;
- [2] Luc Lasne, « Electronique de puissance », Livre, Dunod 2ème édition, Paris, 2015 ;
- [3] Michel PINARD « Convertisseurs et électronique de puissance, commande, description, mis en œuvre », Livre, Dunod, Paris, 2007 ;
- [4] Fang Lin Luo, Hong Ye, « Power Electronics Advanced Conversion Technologies », Book printed by CRC Press, Taylor & Francis Group, United States of America, 2010 ;
- [5] Schneider electric « Guide des solutions d'automatisme », livre, 2008 ;
- [6] Yaël THIAUX « Conversion AC/DC, amélioration du facteur de puissance ». Institut universitaire de technologie de Nîmes 2013 ;
- [7] G.Zwinngelsten, « diagnostic des défaillances, théorie et pratique pour les systèmes industriels », Ed. hermes paris. 1995 ;
- [8] Rachid CHAIB, « La maintenance industrielle », Editions Université Mentouri de Constantine. 2004 ;
- [9] Dong-Eok KIM and Dong-Choon LEE, « Fault Diagnosis of Three-Phase PWM Inverters Using Wavelet and SVM», Journal of Power Electronics, Vol. 9, No. 3, May 2009, pp. 377-385 ;
- [10] Frédéric PERISSE « Etude et analyse des modes de défaillances des condensateurs électrolytique à l'aluminium et des thyristors, appliquées au système de protection du LHC (Large Hadron Collider) », thèse de doctorat. Université Claude Bernard – Lyon1 2003 ;
- [11] SurinKhomfoi, WarachartSae-KoketIssarachaiNgamroo, « An Open Circuit Fault Diagnostic Technique in IGBTs for AC to DC Converters Applied in Microgrid Applications », Journal of Power Electronics, Vol. 11, No. 6, November 2011, pp. 801-810 ;
- [12] Tarak BENSLIMANE, Boukhemis Chetateet Thameur Abdelkrim, « Use of asymmetrical currents waveforms to detect and localize open switch faults for two level voltage source inverter three-phase shunt active power filter », Archives of Control Sciences, Volume 21(LVII), 2011, No. 1, pp. 105–117 ;
- [13] Tarak BENSLIMANE, « A New Technique for Simultaneous Detection of One or Two Open-Switch Faults in Three Phase Voltage-Inverter-Fed PM Brushless DC Motor Drive », Journal of ELECTRICAL ENGINEERING (JEEEC), VOL. 59, NO. 2, 2008, 97–100 ;
- [14] Gilles ROSTAING « diagnostic de défaut dans les entraînements électriques », thèse de doctorat. Institut national polytechnique de Grenoble.1997 ;
- [15] Youcef SOUFI « Modélisation et diagnostic d'une association convertisseur machine électrique », thèse de doctorat. Université Badji Mokhtar d'Annaba 2012 ;
- [16] Saad BELHAMDI, « Diagnostic des défauts de la machine asynchrone contrôlée par différentes techniques de commande », thèse de doctorat. Université Mohamed Khider de Biskra 2014 ;
- [17] Pauline RIBOT « vers l'intégration diagnostic/pronostic pour la maintenance des systèmes complexes », thèse de doctorat. Université de Toulouse 3 Paul Sabatier 2009 ;

- [19] Abdesslam BELAOUT « Etude et diagnostic des défauts fréquents aux systèmes photovoltaïques (PV) par emploi de la caractéristique courant-tension », thèse de magister. Université de Sétif-1 2014 ;
- [18] Nadjoua BELFARHI « conception d'un outil d'aide à la détection et diagnostic des défaillances dans un système de production », thèse de magister. Université Hadj Lakhdar de Batna 2012 ;
- [20] Claudia Victoria Isaza NARVAEZ « diagnostic par techniques d'apprentissage floues : conception d'une méthode de validation et d'optimisation des partitions », thèse de doctorat. Institut national des sciences appliquées de Toulouse 2007.

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DE DIPLOME
DE MASTER EN GENIE ELECTRIQUE
SPECIALITE RESEAUX ELECTRIQUES

Proposé et dirigé par : Dr. BENSLIMANE Tarak.

Présenté par : BENTOUMI Youssouf Lamine.

Thème :

**CONCEPTION D'UN SYSTEME DE DIAGNOSTIC DES DEFAUTS D'UN
CONVERTISSEUR AC-DC ALIMENTANT UN MCC**

Résumé :

Le travail proposé dans ce mémoire se résume en l'analyse du comportement du redresseur triphasé double alternance à diodes en mode normal et en mode de défaillance lorsqu'il alimente un moteur à courant continu à excitation séparée. Cette analyse va permettre la conception d'un système de diagnostic localisant la diode en défaillance (maintenu ouverte).

Mots clés : Convertisseur AC-DC, défaillance du redresseur, diagnostic, Moteur à courant continu

Numéro d'ordre : REs - 224