

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**  
**UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA**

**FACULTE: TECHNOLOGIE**  
**DEPARTEMENT: GENIE ELECTRIQUE**  
**N°: RE\_06**



**DOMAINE : SCIENCE TECHNIQUE**  
**FILIERE : ELECTROTECHNIQUE**  
**OPTION : RESEAUX ELECTRIQUES**

**Mémoire présenté pour l'obtention**  
**Du diplôme de Master Electrotechnique**

**Présenté par:**

NOUIKES Sofiane

TAYEBI Abdelghani

**thème**

**Conception et commande d'un système de  
production décentralisée**

**Soutenu devant le jury composé de:**

Dr. CHAKROUNE Salim	Université Mohamed Boudiaf-M'sila	Président
Dr. DJERIOUI Ali	Université Mohamed Boudiaf-M'sila	Rapporteur
Dr. MEKKI Hemza	Université Mohamed Boudiaf-M'sila	Rapporteur
Dr. BENSLIMANE Tarak	Université Mohamed Boudiaf-M'sila	Examineur

**Promotion : Juin 2018**  
**Année universitaire : 2017 /2018**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

السَّلَامُ عَلَيْكُمْ وَرَحْمَةُ اللَّهِ وَبَرَكَاتُهُ

# DÉDICACE

**Nous dédions ce travail à :**

**Nos chers mères et nos chers pers**

**Nos Chers frères et sœurs**

**Toute la famille**

**Tous les amis**

**Tous les collègues de promotion 2018**

**Tous ceux qui aiment et nous aiment**

**Tous ceux qui connaissent:**

**NOUIKES Sofiane , *TAYEBI Abdelghani***

# REMERCIEMENT

## *El hamdou li ALLAH*

*Nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir donné la volonté, la santé, et la patience durant toutes ces années, pour accomplir ce travail que nous venions aujourd'hui pour la présentation.*

*Le travail présenté dans ce mémoire a été effectué au département de génie électrique de l'université Mohamed Boudiaf - M'sila.*

*Nous remercions sincèrement Monsieur : **Dr. DJERIOUI Ali** et **MEKKI Hemza** pour ses aides, sa gentillesse, ses encouragements et ses conseils précieux pendant la période de la réalisation de ce travail.*

*Nous remercions également tous les membres du jury qui nous ont fait l'honneur en acceptant d'examiner ce travail.*

*Nous remercions tous les enseignants du département génie électrique.*

*A cette occasion, Nous remercions également tous ceux qui nous ont soutenus de près ou de loin durant ces dernières années.*

# TABLE DES MATIÈRES

## Table des matières

Symboles et Notations

Nomenclature

Liste des figures

List des tableaux

Introduction générale ..... خطأ! الإشارة المرجعية غير معرفة.

## CHAPITRE 1

### GÉNÉRALITÉ SUR LA PRODUCTION DÉCENTRALISÉE

I.1 Introduction .....	3
I.2 Fonctionnement du système électrique .....	3
I.2.1 Le système électrique .....	4
I.3 Les différents niveaux de tension .....	5
I.4 Définition de la production décentralisée .....	6
I.4.1 Différents types de production décentralisée .....	6
I.4.2 Les sources d'énergie traditionnelles .....	7
I.4.2.1 Les énergies primaires fossiles .....	7
I.4.2.2 La cogénération .....	7
I.4.3 Les sources d'énergie renouvelables .....	7
I.4.3.1 Hydraulique .....	7
I.4.3.2 Eolien .....	8
I.4.3.4 Solaire photovoltaïque .....	8
I.4.3.5 Marémotrice .....	9
I.4.3.6 Les piles à combustible .....	9
I.5 Insertion des productions décentralisées au réseau de distribution .....	9
I.6 La Capacité de Black-Start de la Production Décentralisée .....	10
I.7 - Taux de distorsion harmonique (THD) .....	11
I.7.1 THD en courant ou en tension .....	12
I.7.2 Relation entre facteur de puissance et THD .....	12
I.8 impact de la production décentralisée sur le réseau de distribution .....	13
I.8.1- Impacts sur le sens de transit de puissance .....	14
I.8.2- Impacts sur la stabilité du système .....	15
I.8.3- Impacts sur la qualité de service .....	15
I.8.4- Impacts sur l'observabilité et de contrôlabilité du système .....	15
I.8.5- Impacts sur le plan de protection .....	15
I.9. Conditions techniques de raccordement .....	16
I.10. Conclusion .....	17

# *TABLE DES MATIÈRES*

## CHAPITRE 2

### MODÉLISATIONS ET COMMANDES DE SYSTÈME PRODUCTION DÉCENTRALISÉ

II.1 Introduction .....	18
II.2 structure du système étude .....	18
II.2.1 La charge .....	18
II.2.1.1 Charge résistive.....	18
II.2.1.2 Charge réactive .....	19
II.2.1.3 Notion de déphasage ( $\varphi$ ).....	20
II.2.1.4 Calcul des puissances en alternatif .....	20
II.2.1.5 Facteur de puissance .....	22
II.2.2- L'onduleur monophasé.....	23
II.2.2.1- Les structures d'un onduleur monophasé .....	23
II.2.2.2- Les stratégies de commande rapprochée .....	25
II.2.3-le filtre L et LC et LCL .....	25
II.2.3.1 Le Filtre L .....	26
II.2.3.2-Le filtre LC .....	26
II.2.3.3-Le filtre LCL.....	27
II.3 Transformation $dq$ monophasé .....	32
II.4 Conclusion.....	34

## CHAPITRE 3

### LES RÉSULTATS DE LA SIMULATION GÉNÉRALE DU SYSTÈME PRODUCTION DÉCENTRALISÉ

III. 1 Introduction.....	35
III.2 Commande PED utilisant le système d'interface d'électronique de puissance pour se connecter au réseau .....	35
III.3 Le schéma de simulation.....	36
III.3.1 Schéma de puissance de système production décentralisé.....	36
III.3.2 Partie contrôle .....	36
III.4 Simulation de stratégie de commande rapprochée .....	37
III.4.1 La modulation à largeur d'impulsion .....	37
III.5 Simulation et résultat de système production décentralisée .....	39
III.5.1 Bloc de régulation .....	39
III.5.1.1 Transformation DQ monophasé .....	39

# *TABLE DES MATIÈRES*

III.5.1.2 Conversion Per-Unit .....	40
III.5.1.3 Conversion PLL (Phase Locked Loop) .....	40
III.5.2 Alimentation d'une charge .....	42
III.5.2.1 avantconnexion ou réseau.....	42
III.5.2.2 Alimentation d'une charge en mode connecter au réseau .....	44
III.6 Conclusion .....	465
ConclusionetPerspective .....	46
Annexes	
Bibliographie	

# SYMBOLES ET NOTATIONS

## Symboles et Notations

S	Puissance Apparente.
P	Puissance Active.
Q	Puissance Réactive.
FP	Facteur de Puissance.
Us	Tension de sortie de l'onduleur.
Is	Courant de sortie de l'onduleur.
Ve	Tension d'entrée de l'onduleur.
Uc	Tension aux bornes de la charge.
V	Tension a la sorite de générateur
I	Courant
Fe	Fréquence du signal modulant pour la commande MLI.
f	Fréquence du signal de la sortie de l'onduleur.
d, q	Axes du référentiel de Park
$\alpha, \beta$	Axes du référentiel
Vd ,V q	Tension sur l'axe <b>d</b> et l'axe <b>q</b>
I d·I q	Courant sur l'axe <b>d</b> et l'axe <b>q</b>
f0	la fréquence de coupure
f <sub>res</sub>	la fréquence de la résonance
Cf	la capacité du filtre
[P( $\theta$ )]	Matrice de Park
$\theta$	Angle de déphasage

# NOMENCLATURE

## Nomenclature

PI	Le régulateur <b>P</b> roportionnel <b>I</b> ntégral.
AC	<b>A</b> lternatif <b>C</b> ourant.
DC	<b>D</b> irect <b>C</b> ourant.
MLI	<b>M</b> odulation à <b>L</b> argeur d' <b>I</b> mpulsion.
THD	<b>T</b> aux <b>H</b> armonique de <b>D</b> istorsion.
TH Di	<b>T</b> aux <b>H</b> armonique de <b>D</b> istorsion en <b>courant</b>
TH Du	<b>T</b> aux <b>H</b> armonique de <b>D</b> istorsion en <b>tension</b>
THT	<b>T</b> rès <b>H</b> aute <b>T</b> ension.
HT	<b>H</b> aute <b>T</b> ension.
GED	<b>G</b> énérateur d' <b>E</b> nergie <b>D</b> écentralisée
MT	<b>M</b> oyenne <b>T</b> ension.
BT	<b>B</b> asse <b>T</b> ension.
t	<b>T</b> emps
VSI	<b>V</b> oltage <b>S</b> ource <b>I</b> nverter

# *LISTE DES FIGURES*

## Liste des figures

### Chapitre I :

I.01 : Structure du système électrique . . . . .	05
I.02 : La variation de $(PF/\cos\phi)$ en fonction de TH Di . . . . .	13
I.03 : Flux d'énergie sur un réseau de distribution en présence de GED. . . . .	14

### Chapitre II :

II.01 schéma électrique et diagrammes . . . . .	19
II.02 schéma électrique et diagrammes . . . . .	19
II.03 schéma électrique et diagrammes . . . . .	20
II.04 triangle des puissances (une charge) . . . . .	22
II.05 Symbole d'onduleur monophasé . . . . .	23
II.06 Onduleur monophasé en pont complet . . . . .	24
II.07 les formes d'ondes (MLI sinus triangle) . . . . .	25
II.08 le filtre L et LC et LCL . . . . .	25
II.09 diagramme du Bode de La Filtre L. . . . .	26
II.10 Diagramme du Bode de La Filtre LC . . . . .	27
II.11 le filtre LCL (composants) . . . . .	27
II.12 schéma de l'onduleur connecte au filtre . . . . .	28
II.13 le filtre LCL (composants) . . . . .	29
II.14 Diagramme du Bode de La Filtre LCL . . . . .	31
II.15 Diagramme du Bode de La Filtre LCL . . . . .	32
II.16 Représentation équivalente dans le repère de Park . . . . .	33

### Chapitre III :

III.1 Schéma de puissance de système production décentralisé. . . . .	36
III.2 Schéma de commande de système production décentralisé. . . . .	36
III.3 bloc de simulation de commande rapprochée. . . . .	37
III.4 Tension avant filtrage de la modulation à largeur d'impulsion. . . . .	38
III.5 tension MLI après filtrage. . . . .	38
III.6 analyse fréquentielle de la modulation à largeur d'impulsion. . . . .	39
III.7 Transformation dq monophasée . . . . .	40
III.8 la tension ( $V_d$ et $V_q$ ) après la transformation de park. . . . .	40

## *LISTE DES FIGURES*

III.9 Conversion PU. ....	40
III.10 Conversion PLL. ....	41
III.11 Tension et courant avant le filtre LCL. ....	41
III.12 Tension et courant Âpre le filtre LCL. ....	42
III.13 Puissance active et réactive fournie par l'onduleur. ....	42
III.14 Tension et courant avant le filtre LCL. ....	43
III.15 Tension et courant Âpre le filtre LCL. ....	44
III.16 Puissance active et réactive fournie par l'onduleur. ....	44

# *LISTE DES TABLEAUX*

List des tableaux

I.1 : Niveau de tension normalisé . . . . .	05
I.2 : Temps nécessaire pour le démarrage de différentes centrales . . . . .	11
I.3 : Les niveaux de tension de raccordement des installations en fonction de leur puissance	16
II.1 : Calcul des puissances en alternatif. . . . .	20
II.2 : Les configurations possibles d'onduleur monophasé en pont complet . . . . .	24

# *INTRODUCTION GÉNÉRALE*

Les réseaux électriques sont considérés comme des infrastructures hautement critiques pour notre société. Ces réseaux sont conçus traditionnellement d'une manière verticale où les transferts de l'énergie suivent le schéma dit « du haut en bas » : Production Transport-Distribution.

En effet, les réseaux électriques sont traditionnellement exploités d'une manière centralisée. Ainsi, la plus grande partie de la production électrique est centrée autour de centrale à grande capacité de production (type centrales hydrauliques, thermiques et nucléaires).

De nos jours, les nouvelles sources de production d'énergie décentralisée peuvent s'étaler de quelques kW raccordés aux réseaux de distribution à basse tension jusqu'à plusieurs dizaines de MW raccordées aux réseaux HTB (la très haute tension ( $U_n > 50\text{kV}$ )) de répartition. L'insertion de cette production est prévue, du moins pour le moment, principalement sur des réseaux HTA (la moyenne tension ( $1\text{kV} < U_n < 50\text{kV}$ )) et très prochainement sur les réseaux HTB. De plus, elle est encouragée par l'évolution de la réglementation en faveur des énergies renouvelables, et elle s'appuie aujourd'hui sur des moyens de production tel que les éoliennes et photovoltaïque.

La production décentralisée introduit des changements radicaux sur les métiers de la génération, du traitement et de la distribution de l'énergie électrique et remet en cause la planification, la conception, le fonctionnement et l'exploitation de ces réseaux. En effet, ces réseaux n'ont pas été conçus dans cette optique (raccordement d'unités de production à « grande échelle ») et la possibilité d'introduire ces sources d'énergie au sein de ces réseaux peut avoir des conséquences importantes sur la circulation des flux énergétiques et donc sur la philosophie et l'implémentation du système de gestion et de la protection du réseau. Par ailleurs, cette forme de production, de par sa nature distribuée, a le potentiel de permettre une meilleure sécurisation des infrastructures [1].

Les réseaux de distribution sont des réseaux de topologie radiale ramifiée et ont plusieurs nœuds de charges. Le problème qui se pose est comment choisir le meilleur emplacement de GED (générateur d'énergie décentralisée) dans un réseau de distribution.

# *INTRODUCTION GÉNÉRALE*

Pour la présentation de ce travail, nous avons choisi de structurer ce mémoire de la façon suivante:

**Le premier chapitre:** donne une généralité sur les systèmes de production décentralisée en manière générale.

**Le deuxième chapitre:** dans le souci de la modélisation de filtré LCL monophasé, et leur commande rapprochée, ainsi que citant la théorie de la transformation dq en monophasée.

**Le troisième chapitre:** donne Les résultats de simulation du système de production décentralisée, nous avons donné les résultats après et avant la connexion au réseau électrique.

**CHAPITRE 1:**

**GÉNÉRALITÉ SUR LA**

**PRODUCTION DÉCENTRALISÉE**

---

## I.1 Introduction

L'énergie électrique, dans le monde entier, est devenu un bien de consommation nécessaire tant la consommation pour la vie quotidienne que pour l'économie des pays, et les moindres problèmes d'origine électrique influent considérablement sur la continuité des activités économiques. donc la possession des réseaux électriques fiables et économiques fonctionnant convenablement et assurant une continuité du service et une bonne qualité d'énergie est devenue primordiale afin de contribuer positivement au développement de nos sociétés modernes [2].

A l'origine, le réseau électrique a été construit et dimensionné pour transporter l'énergie électrique produite par les centres de production jusqu'aux centres de consommation les plus éloignés. Ainsi, les transits de puissances circulent de l'amont depuis les productions d'énergie électrique de type grosses centrales thermiques hydrauliques ou nucléaires vers l'aval représenté par les consommateurs. le réseau électrique met donc en œuvre des milliers de kilomètres de lignes des milliers de postes de transformation, ainsi que de nombreux organes de coupure et d'automates de réglage dimensionnés pour assurer le bon fonctionnement de la fourniture d'énergie électrique.

Afin de réaliser cet objectif on fonctionnement du système étudie d'abord expliquer Les différents niveaux de tension, la définition de la production décentralisée par la suite on insertion des productions décentralisées au réseau de distribution . Puis nous avons vu La capacité de black-start de la production décentralisée , taux de distorsion harmonique et les impacts de la production décentralisée sur le réseau de distribution et les Conditions techniques de raccordement.

## I.2 Fonctionnement du système électrique

Le système électrique est un ensemble d'installations électrique connectées qui assure le transfert de l'énergie électrique des producteurs aux consommateurs.

Cette énergie peut être produite à partir de sources aussi variées que l'hydraulique les combustibles fossiles la fission nucléaire le vent le soleil. Le stockage à grande échelle de l'énergie électrique sous forme immédiatement disponible n'est pas actuellement possible dans des conditions économiques satisfaisantes. Le problème majeur de l'exploitant du système est donc de maintenir en permanence, l'équilibre entre l'offre disponible et la

---

demande potentielle tant entendu que l'équilibre instantané entre production et consommation est une condition nécessaire au fonctionnement du système production transport-consommation.

L'exploitation du système repose donc sur l'adaptation permanente de la production aux fluctuations de la demande dans le respect des contraintes liées au réseau [2]. En général on distingue trois fonctions principales du système électrique :

- **Production** : elle est assurée par les centrales électriques qui convertissent l'énergie primaire en électricité.
- **Transport** : il est assuré par un réseau de lignes et câbles qui assurent la mise en commun et la répartition sur un grand territoire de toute l'électricité.
- **Distribution** : Il s'agit de réseaux intermédiaires qui des servent les millions de consommateurs industriels ou domestiques qui ont besoin de petites puissances.

### I.2.1 Système électrique

Le développement à grande échelle des réseaux électriques s'est fait pendant les trente glorieuses pour des raisons techniques et économiques, sous la forme d'un monopole verticalement intégré. L'énergie électrique étant alors et jusque dans les années 1990 produite de manière presque exclusivement centralisée et consommée de manière totalement décentralisée. Cela a nécessité la mise en place d'un réseau capable de transporter l'énergie produite en quelques dizaines de points de productions vers plusieurs millions de consommateurs répartis sur l'ensemble du territoire.

L'énergie électrique produite est directement injectée sur le réseau de transport maillé à très haute tension (225 kV et 400 kV) pour être transportée sur de grandes distances avec un minimum de pertes. elle "descend" ensuite sur les réseaux de répartition (63 kV et 90 kV) puis de distribution (20 kV) d'où elle est distribuée aux gros consommateurs et aux réseaux de distribution à basse tension (230/400 V). Cette structure de système "transport – répartition – distribution" est schématisée sur la figure I.1. Notons ici que la terminologie "réseau de répartition" tend à disparaître, ce niveau de tension étant généralement englobé dans le terme "transport" [3].

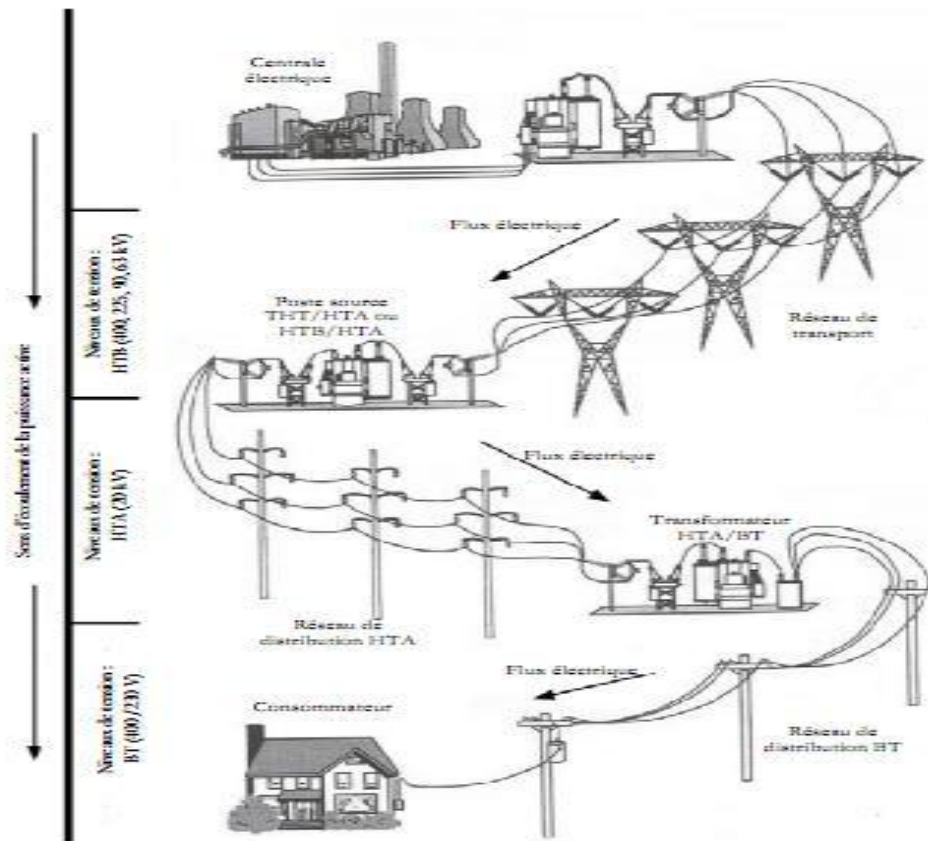


Figure I-1 : Structure du système électrique

### I.3 Différents niveaux de tension

Les deux grandeurs fondamentales pour l'exploitation d'un réseau sont la tension et la fréquence. Pour des fréquences de fonctionnement du réseau de 60 Hz (Amérique du Nord, une partie de l'Amérique du Sud, une partie du Japon) ou de 50Hz (reste du monde) des organismes de normalisation comme la Commission Electrotechnique International (CEI) ont classé les réseaux par niveau de tensions normalisées (Tableau 1) [4].

Appellation normalisée	Niveau de tension Réseau	Réseau concerné
TBT	$U_n < 50V$	
BTA	$50V < U_n < 500V$	Réseau de distribution (230V ; 400V)
BTB	$500V < U_n < 1KV$	

HTA	$1\text{KV} < U_n < 50\text{KV}$	Réseau de répartition (10KV ; 20KV ; 45KV)
HTB	$50\text{KV} < U_n$	Réseau de répartition (63KV ; 90KV) Réseau de transport (150KV ; 220kV ; 400KV)

Tableau I.1 : Niveau de tension normalisé

## I.4 Définition de la production décentralisée

La production décentralisée ou dispersée se définit par opposition à la production classique par unités de grosses puissances raccordées au réseau HT, dont la localisation et la puissance ont fait l'objet d'une planification, et qui sont commandées de manière centralisée pour participer au contrôle de la fréquence et de la tension, et assurer un fonctionnement fiable et économique de l'ensemble du réseau. Ces unités centralisées sont dites « dispatchées » [8].

Par rapport aux unités classiques, les unités décentralisées sont caractérisées par des puissances ne dépassant pas 50 à 100 MW, ne sont pas planifiées de manière centralisée, ni actuellement coordonnées, elles sont généralement raccordées au réseau de distribution (<15MW).

Cette production décentralisée se développe dans tous les pays, sur base d'unités de cogénération, d'énergies renouvelables ou de production traditionnelle [9].

Finalement, il faut retenir que la Production Décentralisée est représentée non seulement par les moyens de génération d'énergie mais aussi par les moyens des stockages capables de fournir une certaine puissance [10].

### I.4.1 Différents types de production décentralisée

Les productions décentralisées se développent dans tous les pays, sur la base d'unités de production traditionnelle de système à énergie renouvelable ou de cogénération installées par des producteurs indépendants. Les différentes technologies appartenant à deux groupes ci-dessus seront brièvement présentées ci-dessous :

---

## **I.4.2 Sources d'énergie traditionnelles**

### **I.4.2.1 Energies primaires fossiles**

Energies fossiles (gaz, charbon, pétrole). Les technologies utilisant ces énergies primaires sont nombreuses et bien éprouvées, ce qui leur confère un grand intérêt économique. Les principales technologies sont :

- Le thermique à flamme, basé sur des turbines ou micro turbines à vapeur.
- Les turbines à gaz et cycles combinés de cogénération ou tri-génération.
- les moteurs atmosphériques, diesel, etc.

### **I.4.2.2 Cogénération**

Le principe de la cogénération est contenu dans son nom, elle consiste à produire à partir d'une énergie primaire combustible deux énergies secondaires utilisables, une énergie mécanique ou électrique et une énergie thermique.

Alors que dans une centrale électrique, c'est le rendement électrique maximum qui est recherché (rendement électrique de l'ordre de 40% avec un cycle simple et jusqu'à 55% avec un cycle combiné). Dans une installation de cogénération c'est le rendement global qui est privilégié par l'utilisation prioritaire de l'énergie thermique soit dans un processus industriel soit dans une chaufferie. L'énergie électrique est obtenue par conversion de l'énergie mécanique produite par une turbine ou moteur à gaz ou turbine à vapeur en énergie électrique [3],[4].

## **I.4.3 Sources d'énergie renouvelables**

### **I.4.3.1 Hydraulique**

Les centrales hydrauliques fonctionnent grâce à l'énergie potentielle de pesanteur de l'eau des rivières, des lacs ou des fleuves. Celle-ci est transformée en énergie électrique par un alternateur entraîné par une turbine mue par la force de l'eau qui est due soit à la hauteur de chute dans le cas de centrales alimentées par une conduite forcée soit au débit dans le cas de centrales au fil de l'eau. L'énergie hydraulique est de loin l'énergie renouvelable [3].

L'utilisation de l'énergie hydraulique pour la production électrique et leur application au niveau de la production centralisée sont bien connues depuis longtemps. Il s'agit ici de centrales à petite échelle proche des clients comme des sources locales. Le niveau de puissance va de quelques kW à quelques MW [11].

### **I.4.3.2 Eolien**

Les aérogénérateurs ou éoliennes tirent leur énergie du vent qui est transmise par le rotor et le multiplicateur de vitesse à une génératrice. Cette source d'énergie, qui commence à atteindre sa maturité technologique est de plus en plus répandue grâce à son fort attrait écologique. Elle est passée devant la production géothermique au niveau mondial en 2000 [5].

Deux technologies utilisées principalement sont les générateurs synchrones et asynchrones. En fonction de la technologie choisie leur raccordement au réseau se fait soit directement soit via des interfaces d'électronique de puissance. En tenant compte de l'intermittence de ce type d'énergie, les turbines éoliennes sont normalement associées avec un système de stockage d'énergie et/ou avec un moteur diesel. La puissance d'un parc éolien varie actuellement entre quelques MW à 200 MW environ [11].

### **I.4.3.4 Solaire photovoltaïque**

Les panneaux solaires convertissent directement l'énergie reçue par rayonnement solaire en énergie électrique à courant continu. Ils sont très utilisés pour l'alimentation de sites isolés (non connectés au réseau) en association avec un système de stockage [3].

Les panneaux photovoltaïques peuvent fournir une puissance de sortie de 1 à 2 kW par panneau. Ils sont raccordés au réseau via une interface d'électronique de puissance. Ces unités de génération dont l'énergie vient de la radiation solaire, sont également caractérisées par l'intermittence de cette source primaire. Ainsi il faut les associer avec un système de stockage [11].

Solaire thermique. Les centrales solaires thermiques sont des centrales thermiques utilisant des turbines à vapeur celle-ci étant produite par chauffage de l'eau via un fluide caloporteur en utilisant le rayonnement solaire concentré sur un échangeur par des miroirs paraboliques.

Les systèmes de stockage : Comme on ne peut pas stocker l'énergie électrique en grande quantité, on essaie de la stocker sous d'autres formes telles que l'énergie gravitationnel, thermique, électrostatique ou électromagnétique. Leurs applications sont donc nombreuses :

Les centrales à base de batteries, le système de stockage à air comprimé, les supraconducteurs le stockage dans des matériaux magnétiques supraconducteurs, les volants d'inertie...etc.

---

Pourtant, seules les centrales à base de batteries sont mises en exploitation à petite échelle comme les sources de secours les autres technologies restent encore dans l'étape de recherche et développement.

#### **I.4.3.5 Marémotrice**

Les centrales marémotrices peuvent s'apparenter à des centrales hydrauliques au fil de l'eau à ceci près que les turbines sont réversibles pour profiter du flux et du reflux des marées. Cette source d'énergie malgré sa disponibilité considérable reste anecdotique car elle nécessite la construction.

#### **I.4.3.6 Piles à combustible**

Une pile à combustible est une pile où la fabrication de l'électricité se fait grâce à l'oxydation sur une électrode d'un combustible réducteur (par exemple l'hydrogène) couplée à la réduction sur l'autre électrode d'un oxydant, tel que l'oxygène de l'air. La réaction d'oxydation de l'hydrogène est accélérée par un catalyseur qui est généralement du platine.

L'avantage de cette technologie est qu'elle possède un caractère prédictif équivalent aux centrales thermiques classiques, par contre cette technologie n'a pas encore atteint sa maturité et n'est pour l'instant que très peu exploitée. A l'heure actuelle, on ne peut pas considérer ce type de source comme renouvelable étant donné que la plupart de l'hydrogène est produite à partir d'énergie fossile [10].

### **I.5 Insertion des productions décentralisées au réseau de distribution**

Historiquement, le renforcement des réseaux électriques a été effectué avec l'insertion des nouvelles unités de production centralisées la construction des nouvelles lignes électriques et l'extension de systèmes de distribution traditionnels. Aujourd'hui, la libéralisation du marché de l'énergie encourage l'intégration de nouveaux producteurs décentralisés. En comparant à la production centralisée, les avantages et les inconvénients de la production décentralisée sont les suivants :

- Les nouveaux petits producteurs sont souvent basés sur des énergies renouvelables. Ils constituent des productions d'énergie moins polluantes que les centrales thermiques et nucléaires.
- Le temps nécessaire pour l'installation de la production centralisée et les lignes de transport inhérentes est normalement long (de 7 à 10 ans) à cause des études environnementales nécessaires à l'approbation des projets l'expropriation des terrains,

---

le dimensionnement et enfin la construction. Par contre le temps d'installation d'une production décentralisée peut être assez court jusqu'à moins de 6 mois.

- Les grandes centrales ont besoin d'infrastructures spéciales comme des routes pour fournir l'équipement. Des lignes électriques dédiées sont quelquefois nécessaires pour fournir l'énergie pendant les travaux.
- Le risque des investissements est moins critique dans le cas de la production décentralisée due à l'indépendance du prix des matières premières, hors cogénération ; cela a d'ailleurs été confirmé pendant la crise de 1979. Par ailleurs la production décentralisée peut être placée là, où il y a un besoin d'énergie et elle suppose donc une réduction des pertes et un risque financier réduit.
- La dérégulation ou libéralisation ont élargi le cercle des acteurs de production décentralisée. Et même si pour l'instant, ce sont le mécanisme de subvention qui fait vivre la filière, cela représente un effet moteur pour les petites entreprises et l'économie du pays. Des accords éventuels entre petits producteurs pourraient former une offre globale dans le marché de l'énergie et activer les mécanismes de concurrence.
- Le temps pour mettre en service l'énergie est bien plus réduit que dans le cas de la production centralisée parce que la capacité de régulation de la production centralisée est bien plus restreinte. Ainsi les centrales nucléaires ont une capacité réduite de régulation et ils doivent de ce fait, fonctionner dans une plage étroite par rapport à la puissance nominale  $S > 85\% S_n$  [10].

## I.6 Capacité de Black-Start de la Production Décentralisée

Les opérateurs du réseau de transport ont la responsabilité d'établir le plan de restauration et doivent tenir compte de tous les acteurs du système. Un élément clé dans la reprise générale est la possibilité de démarrage de certaines unités sans soutien externe de tension (*black-Start*). Le temps pour le démarrage des différentes unités est un des paramètres les plus importants dans le contrôle la restauration et la création de sous-systèmes indépendants. La table suivante montre le temps estimé pour démarrer différents moyens de production.

Type de centrale	Temps de démarrage
Centrales thermiques classiques	Quelques heures
Centrales nucléaires	De 20 à 30 heures
Turbines à gaz	Quelques dizaines de minutes
Groupes hydrauliques	Quelques minutes
Turbines éoliennes	Très rapides
Piles à combustible	Très rapides
Panneaux photovoltaïques	Très rapides
Cogénération	Dépend du système

Tableau I.2 : Temps nécessaire pour le démarrage de différentes centrales

### I.7 - Taux de distorsion harmonique (THD) :

Le terme THD correspond à Total Harmonic Distorsion (taux de distorsion harmonique global). Le taux de distorsion harmonique est une notion très utilisée pour définir l'importance du contenu harmonique d'un signal alternatif.

#### --- Définition du THD

Pour un signal  $y$ , le taux de distorsion harmonique THD est défini par la formule :

$$\text{THD} = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} y_h^2}}{y_1} \quad (\text{I.1})$$

Cette notion suit la définition de la norme CEI 61000-2-2. Noter que sa valeur peut dépasser 1.

Selon la norme  $h$  peut être généralement limité à 50. Cette grandeur permet d'évaluer à l'aide d'un nombre unique la déformation d'une tension ou d'un courant circulant en un point du réseau.

Le taux de distorsion harmonique est habituellement exprimé en pourcentage.

### I.7.1 THD en courant ou en tension

Lorsqu'il s'agit d'harmoniques de courant, l'expression devient :

$$THDi = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}}{I_1} \quad (\text{I.2})$$

Cette formule est équivalente à la formule suivante plus directe et plus facile à utiliser lorsque l'on connaît la valeur efficace totale :

$$THDi = \sqrt{\left(\frac{I_{eff}}{I_1}\right)^2 - 1} \quad (\text{I.3})$$

Lorsqu'il s'agit d'harmoniques en tension, l'expression devient :

$$THDu = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} U_h^2}}{U_1} \quad (\text{I.4})$$

### I.7.2 Relation entre facteur de puissance et THD

Quand la tension est sinusoïdale ou pratiquement sinusoïdale, la puissance P pour valeur :

$$P \approx P_1 = U_1 \cdot I_1 \cdot \cos\varphi \quad (\text{I.5})$$

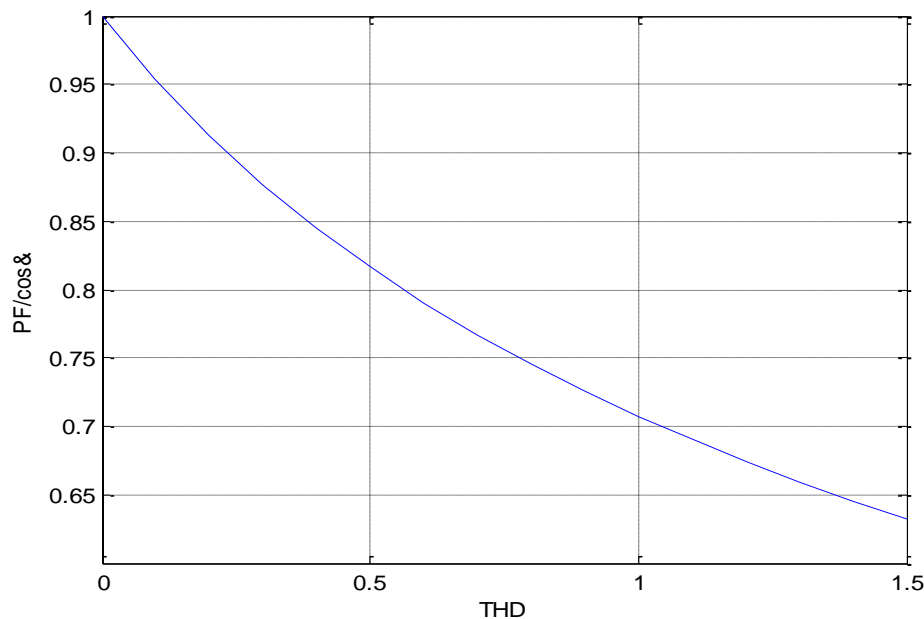
D'où :

$$PF = \frac{P}{S} \approx \frac{U_1 \cdot I_1 \cdot \cos\varphi_1}{U_1 \cdot I_{rms}} \quad (\text{I.6})$$

$$\frac{I_1}{I_{rms}} = \frac{1}{\sqrt{1+THDi^2}} \quad (\text{I.7})$$

$$PF \approx \frac{\cos\varphi_1}{\sqrt{1+THDi^2}} \quad (\text{I.8})$$

La figure montre la variation de  $\frac{PF}{\cos\varphi}$  fonction de THDi.



Figuré I.2 : La variation de  $(PF/\cos\varphi)$  en fonction de THDi

La variation  $\frac{PF}{\cos\varphi}$  selon THDi avec  $THDu = 0$

## I.8 impact de la production décentralisée sur le réseau de distribution

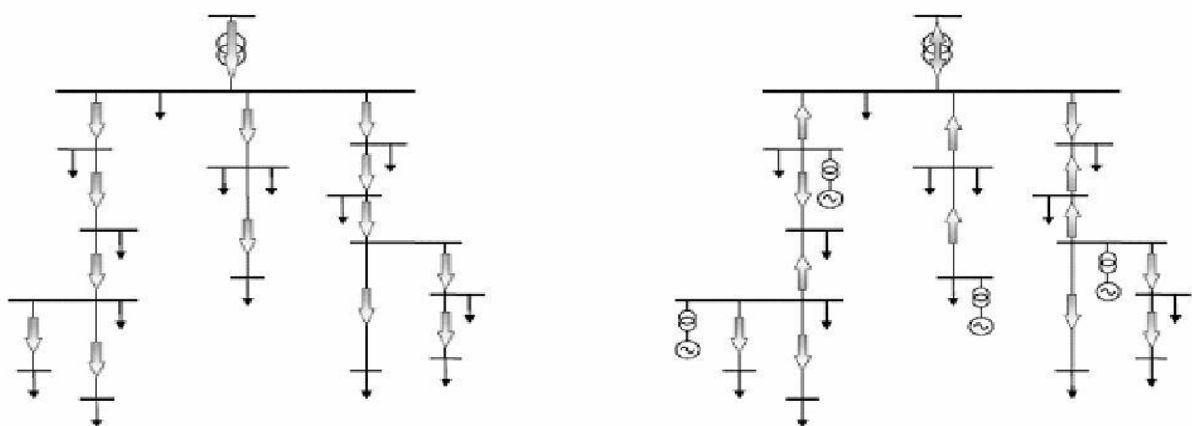
Les études montrent qu'un taux de pénétration croissant de production décentralisée n'est pas sans impacts prévisibles sur l'exploitation future des réseaux de distribution. En particulier le plan de tension peut être grandement modifié par la présence de GED au point que la tension risque de dépasser la limite supérieure en certains nœuds du réseau alors qu'elle est maintenue à une valeur normale au poste source. Le plan de protection risque également d'être affecté par un fort taux de pénétration des GED du fait de la puissance de court-circuit qu'elles apportent en aval des protections et de l'inversion possible des flux de puissance active sur certaines lignes, ainsi que de la diminution du temps d'élimination critique de défauts.

Les GED fournissent de l'énergie près des points de consommation diminuant ainsi les transits de puissance active et donc les pertes en ligne sur le réseau de transport, mais sont pénalisantes du point de vue de l'exploitation des réseaux de distribution pour les raisons citées plus haut ajoutées aux risques d'oscillations de puissance active et leur corollaire qui est une stabilité dégradée.

Une partie de ces GED à de plus des sources d'énergie primaire intermittente (éolienne, solaire) qui ne permettent pas de prévoir aisément la production disponible à court terme. Elles ne peuvent donc pas garantir une puissance de sortie et proposer toute la puissance disponible sur le marché. D'autre part ces nombreuses sources sont trop petites pour être observables et dispatchées par les gestionnaires de réseaux de distribution et ne participent donc pas aujourd'hui aux services système. Cela peut poser des problèmes en cas de fort taux de pénétration si les moyens de réglage classiques de la distribution deviennent inaptes à assurer la tenue en tension. Cela peut contraindre par exemple les gestionnaires de réseaux à engager des investissements non prévus initialement.

Une partie de ces GED produisant par construction du courant continu (pile à combustible, panneau solaire) doit être raccordée au réseau par l'intermédiaire d'interfaces d'électronique de puissance injectant ainsi des harmoniques nuisibles à la qualité de la tension délivrée.

Enfin, la présence de GED en aval d'un poste source dont le transformateur est équipé d'un régulateur en charge régulé par compound âge perturbe son fonctionnement basé sur la mesure du courant absorbé. En effet, la production de puissance par les GED réduit le courant traversant le transformateur provoquant une action du régulateur en charge et diminuant ainsi la tension au niveau du poste source [3,12,13].



Réseau de distribution sans GED

Réseau de distribution en présence GED

Figure I.3 : Flux d'énergie sur un réseau de distribution en présence de GED.

### I.8.1- Impacts sur le sens de transit de puissance

Les réseaux sont dimensionnés pour recevoir les flux d'énergie du réseau de transport vers la distribution. L'insertion des GED dans les niveaux de tension autres que le réseau de

---

transport peut créer une injection de puissance dans le sens contraire, c'est-à-dire de la distribution vers le transport. Les équipements notamment les protections doivent alors être bidirectionnelles.

Ainsi, sachant que les réseaux aux niveaux de tension inférieure sont normalement dimensionnés afin de faire face à l'accroissement de consommation on n'aura peut-être pas à court terme de problèmes liés à des limites de la capacité de transfert d'énergie ; mais à plus long terme lorsque le taux de pénétration de GED augmentera la modification du sens de transit de puissance pourra éventuellement provoquer des congestions locales.

### **I.8.2- Impacts sur la stabilité du système**

Les génératrices de productions décentralisées peuvent être de type synchrone ou asynchrone. L'insertion de générateurs synchrones dans le réseau va changer le temps critique d'élimination de défaut (correspondant à la durée maximale d'une perturbation à laquelle le système peut résister sans perte de stabilité). Ceci influencera directement la limite de la stabilité dynamique du système en considération.

### **I.8.3- Impacts sur la qualité de service**

Les GED de type asynchrone consomment de la puissance réactive afin de magnétiser leur circuit magnétique. Lors de la connexion au réseau elles appellent un courant fort ce qui contribue au creux de tension (en profondeur).

D'ailleurs, la présence d'interfaces d'électronique de puissance peut faire augmenter le taux des harmoniques qui nuisent gravement à la qualité de service fournie.

### **I.8.4- Impacts sur l'observabilité et de contrôlabilité du système**

Les GED, notamment celles à type énergie nouvelle et renouvelable, sont caractérisées par l'intermittence des sources primaires. Cela sera difficile pour l'opérateur d'estimer la puissance de sortie de ces producteurs, donc la puissance fournie du système par conséquent.

### **I.8.5- Impacts sur le plan de protection**

Lorsqu'un défaut apparaît sur un départ MT, le distributeur doit, pour des raisons de sécurité, éliminer ce défaut en ouvrant le disjoncteur du départ. Assurant ainsi la mise hors tension du défaut. Dans le cas de défauts fugitifs sur un réseau aérien une mise hors tension très courte (0.3s) est suffisante pour éliminer le défaut et permettre le succès d'un cycle de réenclenchement rapide. La présence d'une installation de production ne doit pas perturber le fonctionnement du plan de protection du distributeur en sensibilité et en sélectivité lors d'un

défaut sur le départ auquel elle est raccordée l'installation de production doit se découpler pour ne pas maintenir sous tension le défaut : c'est le rôle de la protection de découplage.

Cette protection "de découplage" devant supprimer la parallèle entre générateurs et réseau de distribution, lors d'un défaut ou d'une autre anomalie sur celui-ci. Le découplage doit répondre à des conditions strictes lorsqu'il est effectué des ré enclenchements automatiques rapides ce qui est le cas le plus général des réseaux MT aériens.

### I.9. Conditions techniques de raccordement

En fonction des pays, compte tenu des impacts que peuvent avoir les moyens de production sur les réseaux, des conditions techniques spécifiques de raccordement sont données dans des textes législatifs dans les référentiels techniques des différents gestionnaires de réseau [6].

Les modalités de raccordement au réseau électrique des installations de production, sont définies par des textes réglementaires tels que décrets et arrêtés. Les contraintes techniques dépendent principalement de la puissance à raccorder qui définit le réseau de connexion. Le tableau (I.3) donne les niveaux de tension de raccordement des installations en fonction de leur puissance [7].

Type de réseau	Plage de tension	Niveaux de tension	Puissance
BT	BT monophasé	230 V	$S \leq 18 \text{ KVA}$
BT	BT triphasé	400 V	$S \leq 250 \text{ KVA}$
MT(HTA)	$1 \text{ KV} < U \leq 50 \text{ KV}$	15 KV, 20 KV	$P \leq 12 \text{ MW}$
HT(HTB1)	$50 \text{ KV} < U \leq 130 \text{ KV}$	63 KV, 90 KV	$P \leq 50 \text{ MW}$
HT(HTB2)	$130 \text{ KV} < U \leq 35 \text{ KV}$	150 KV, 225 KV	$P \leq 250 \text{ MW}$
HT(HTB3)	$350 \text{ KV} < U \leq 500 \text{ KV}$	400 KV	$P > 250 \text{ MW}$

Le tableau I.03 :les niveaux de tension de raccordement des installations en fonction de leur puissance

## **I.10. Conclusion**

Dans le présent chapitre, nous avons présenté un aperçu sur les réseaux électriques leur fonctionnement, niveau de tension. L'intégration et l'impact de production décentralisée dans le réseau de distribution provoque de nombreuses modifications du comportement du réseau. Tout d'abord, les transits de puissance le plan de tension et les courants de court-circuit sont modifiés. Ces modifications peuvent être bénéfiques pour le réseau mais également nosive (augmentation des tensions et des courants de court-circuit).

La recherche de jeu de barre meilleur pour le raccordement du GED dans un réseau de distribution a pour but de minimisé les pertes actives et d'amélioré le profil de tension.

Dans le chapitre suivant, la modélisation et commande de système production décentralise

CHAPITRE 2 :  
MODÉLISATIONS ET  
COMMANDES DE SYSTÈME  
PRODUCTION DÉCENTRALISÉE

## II.1 Introduction

Notre vie quotidienne repose sur l'électricité le régime monophasé assure l'alimentation des différents dispositifs.

Le travail vise dans ce projet de fin d'étude est d'assurer une forme d'onde conforme aux normes internationales permettant l'exploitation sécurisée et durable de tout dispositif électrique par la mise en place d'un système travail monophasée constituée théoriquement d'onduleur connecté au réseau électrique domestique adoptant une gestion en alternatif des convertisseurs pour but d'alimenter une charge nominale.

Afin de réaliser cet objectif on structure du système étude d'abord expliquer Les différentes caractéristiques le réseau électrique, la présentation de son modèle électrique par la suite on introduira l'organe essentiel de système qui est l'onduleur monophasé définir ses structure le commande rapprochée appliquée. Puis nous avons vu les types des charges leur influence sur les signaux d'alimentation (courant, tension) en termes de déphasage , déformation de la forme d'onde les filtre LCL et Transformation  $d_q$  monophasé.

## II.2 structure du système étude

Le système adopté comme cité auparavant, est composé de :

1. la charge.
2. le réseau électrique domestique.
3. onduleurs monophasés.

### II.2.1 La charge

Les consommateurs sur le réseau [50 Hz], ont en majorité des récepteurs de type soit résistif, inductif ou capacitif. Ces récepteurs consomment une puissance apparente (S), comportant la puissance active (P) et/ou réactive (Q), selon le déphasage ( $\varphi$ ) entre le courant I et la tension U.

#### II.2.1.1 Charge résistive

Ces circuits sont principalement composés de récepteur purement résistif (figure II.1) son unité de mesure est l'Ohm ( $\Omega$ ), il ne crée pas de déphasage ( $\varphi = 0$ ,  $\cos(\varphi)=1$ ) entre le courant et la tension, ce qui implique l'égalité de la puissance active et apparente ( $S=P=I*U$ ) [14].

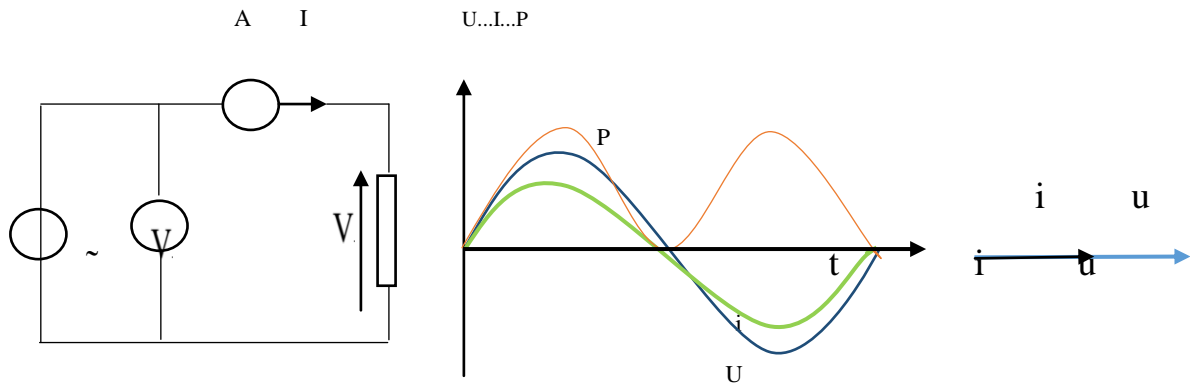


Figure II.1 — schéma électrique et diagrammes

### II.2.1.2 Charge réactive

Ces circuits sont composés de charges capacitatives ou inductives. Dans les circuits réactifs il ya un déphasage ( $\varphi \neq 0$ ) entre le courant (I) et la tension (U). Il existe trois puissances différentes en alternatif, Mais pour les démonstrations qui suivent nous utiliserons la puissance apparente **S** qui représente le Produit de **U** et **I** elle s'exprime en [VA] [14].

#### ---Charge inductive (idéale) :-

Dans le cas d'une inductance idéale (figure II.2), le courant I est en retard de  $-90^\circ$  ( $\varphi = -\frac{\pi}{2}$ ,  $\text{Cos}(\varphi) = 0$ ) par rapport à la tension U.

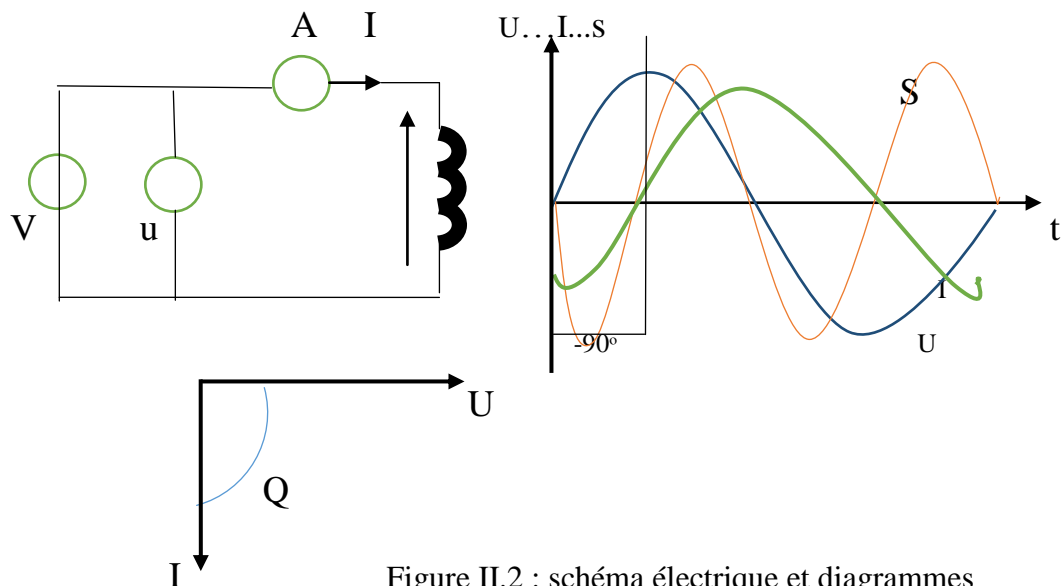


Figure II.2 : schéma électrique et diagrammes

La courbe de la puissance est alternativement positive et négative et égale à la puissance réactive ( $S=Q=-I*U$ ). La puissance moyenne est nulle.

--- Charge capacitive (idéale) :

Dans le cas d'une capacité idéale (figure II.3) le courant I est en avance de 90°

( $\varphi = \frac{\pi}{2}$ )  $\cos(\varphi) = 0$  par rapport à la tension U [14].

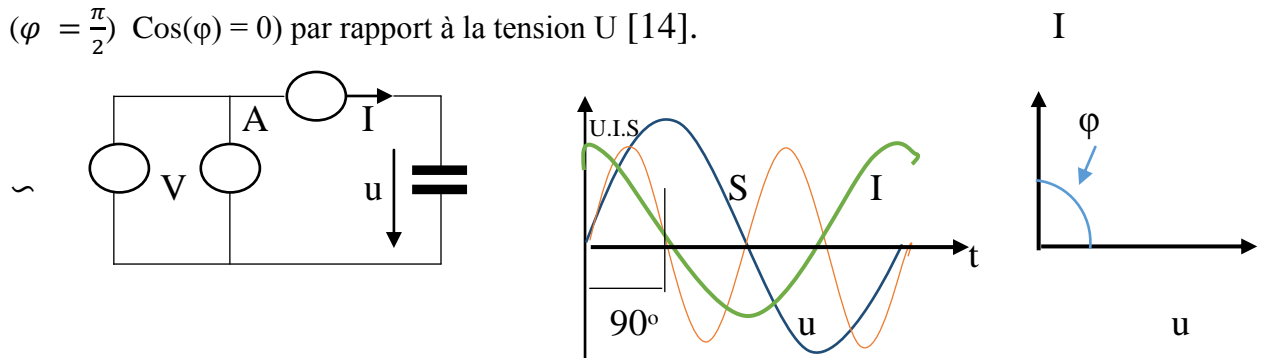


Figure II.3 : schéma électrique et diagrammes

- La courbe de la puissance est alternativement positive et négative et égale à la puissance réactive ( $S=Q=I*U$ ). La puissance moyenne est nulle.

II.2.1.3 Notion de déphasage ( $\varphi$ )

le déphasage entre deux ondes, est la différence de phase à un même instant du temps pour les deux ondes.

Dans le cas de deux ondes sinusoïdales de même vitesse angulaire  $\omega$ , on note

$$\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$$

- Si  $\Delta\varphi > 0$  : l'onde 2 est en avance par rapport à l'onde 1.
- Si  $\Delta\varphi < 0$  : l'onde 2 est en retard par rapport l'onde 1.

II.2.1.4 Calcul des puissances en alternatif

Type	Symbole	Unité	Formules	Définition
Puissance apparente	S	[VA] volt ampère	$S=U*I$	*Correspond au produit de la valeur efficace du courant en [A] et de la tension en [V]  *mesurée avec un voltmètre et un ampèremètre

Puissance Active	P	[W] watt	$P=U*I*\cos(\varphi)$	Correspond une fourniture réelle d'énergie transmise au récepteur et convertible en travail Elle est mesurée avec un wattmètre.
Puissance réactive	Q	[Var] Volt Ampère Réactif	$Q=U*I*\sin(\varphi)$	Correspond à la puissance fictive qui caractérise l'échange d'énergie non utilisée pour fournir un travail.

Table II.1: Calcul des puissances en alternatif

--- **Puissance active (P)**

La puissance active P est la valeur moyenne de la puissance instantanée p. Elle dépend de la valeur efficace des tensions U et des courants I en régime sinusoïdal ainsi que de l'angle de déphasage ( $\varphi$ ).

$$P = U * I * \cos(\phi) \tag{II.01}$$

Par définition un dispositif ayant deux bornes a et b absorbe une puissance purement active lorsque le courant (I) est en phase avec la tension ( $u_{ab}$ ) et que le courant circule de la borne a vers b. le dispositif est alors une charge active. Lorsque le courant circule de la borne b vers a le dispositif est alors une source active [15].

--- **Puissance réactive (Q)**

La puissance réactive Q est la valeur moyenne de la puissance instantanée q. elle dépend de la valeur efficace des tensions U et des courants I en régime sinusoïdal ainsi que de l'angle de déphasage ( $\varphi$ )

$$Q = U * I * \sin(\phi) \tag{II.02}$$

Par définition un dispositif ayant deux bornes a et b absorbe une puissance purement réactive lorsque le courant (I) est déphasé 90° par rapport à la tension ( $U_{ab}$ ) et que le courant circule de la borne a vers b. Lorsque le courant (I) circule de la borne b vers a. Le dispositif est alors une source réactive. Ou le déphasage ( $\varphi$ ) est de -90 °[15].

--- **Puissance apparente (S)**

La puissance apparente (S) est la somme vectorielle de la puissance active (P) et la puissance réactive (Q).

$$S = U * I = \sqrt{P^2 + Q^2} \tag{II.03}$$

Dans le cas d'une charge qui absorbe une puissance active (respectivement réactive) le vecteur P (respectivement Q) est représenté vers la droite (respectivement vers le haut)

Dans le cas d'une source qui débite une puissance active (respectivement réactive) le vecteur P (respectivement Q) est représenté vers la gauche (respectivement vers le bas) [15].

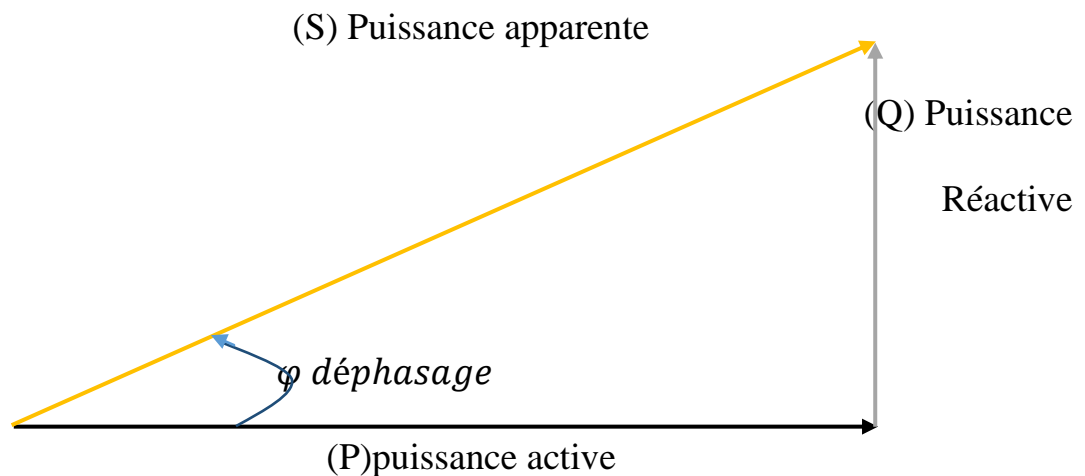


Figure II.4 : triangle des puissances (une charge).

**II.2.1.5 Facteur de puissance**

Le facteur de puissance d'un circuit alternatif est donné par l'expression suivante:

$$FP = \frac{P}{S} \tag{II.04}$$

FP : facteur de puissance exprimé par un simple nombre sans dimension ou en pourcentage.

P : Puissance active du circuit en Watt [W].

S : puissance apparente du circuit en Volts-Ampères [VA].

Puisque le rapport  $P/S$ =Facteur de puissance, il s'en suit que:

$$F P = \cos(\phi) \quad (\text{II.05})$$

Donc la connaissance du facteur de puissance permet la détermination du déphasage( $\phi$ ) et on qualifie le facteur de puissance de la manière suivante:

-FP est en retard lorsque le courant I est en retard par rapport à la tension U.

-FP est en avance lorsque le courant I est en retard par rapport à la tension U [15].

## II.2.2 L'onduleur monophasé

L'onduleur est un convertisseur statique assurant la conversion d'énergie électrique de la forme continu (DC) à la forme alternatif (AC) de système de tensions sinusoïdales à fréquence et amplitude variables [3].

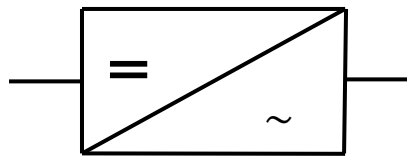


Figure II.5 : Symbole d'onduleur monophasé

### II.2.2.1 Les structures d'un onduleur monophasé

#### ---Structure en pont complet

L'onduleur en pont est représenté en figure II.6, il comporte quatre interrupteurs de puissance désignés par Q1, Q2, Q3 et Q4. L'analyse de cette structure montre à l'évidence qu'il est possible d'imposer aux bornes de la source de courant  $\hat{i}_c$  une tension aussi bien positive que négatives. Le tableau des données II.2, permet d'eninfliger ou ils ne sont considérés que les états respectifs des interrupteurs qui ne violent aucune des règles fondamentales définissant les états bloqués ou passent des interrupteurs au sein d'un bras de commutation [16].

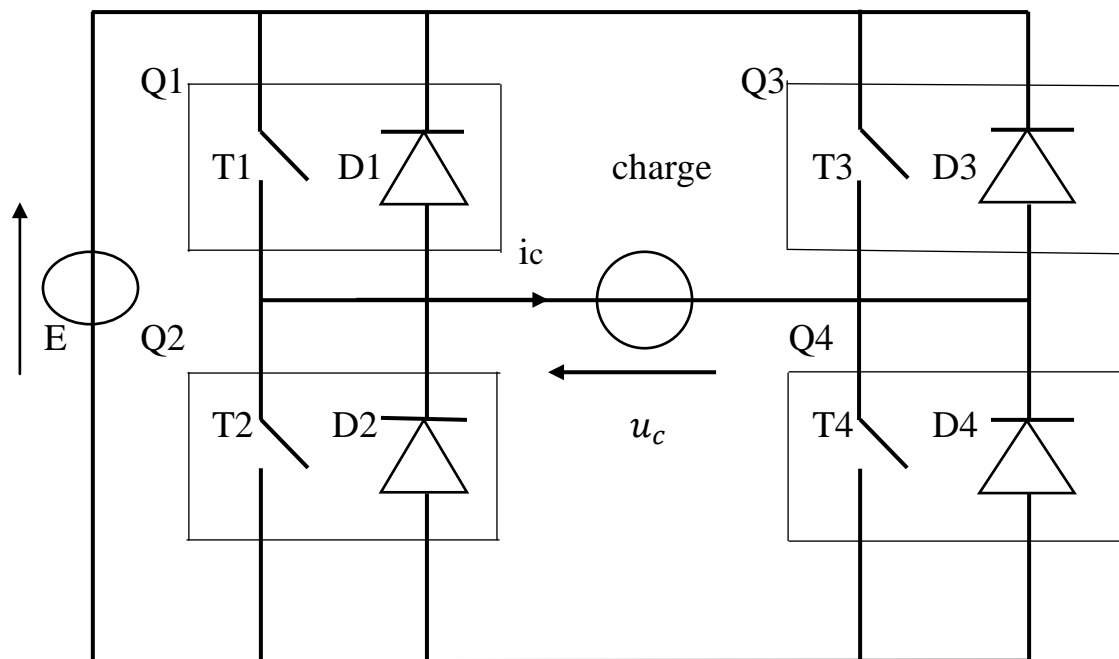


Figure II.06: Onduleur monophasé en pont complet.

---Donc : les configurations possibles de Onduleur monophasé en pont complet est:

	Bras 1		Bras2		Tension $U_c$
	Q1	Q2	Q3	Q4	
Cas 1	Passent	Bloqué	Passent	Bloqué	$U_c = 0$
Cas 2	Passent	Bloqué	Bloqué	Passent	$U_c = E$
Cas 3	Bloqué	Passent	Passent	Bloqué	$U_c = -E$
Cas 4	Bloqué	Passent	Bloqué	Passent	$U_c = 0$

Tableau II.2 : les configurations possibles

On doit noter qu'une telle structure permet d'imposer en fait trois niveaux de tension, à savoir

$U_c = E, U_c = -E$ , ainsi que,  $U_c = 0$ , ce dernier niveau de tension correspond à une phase de roue

Libre sans échange d'énergie entre les deux sources. Suivant le type de commande adopté ce niveau peut être ou non mis à contribution [16].

**II.2.2.2- Les stratégies de commande rapprochée**

Pour obtenir une forme d'onde image de la référence on doit faire face au choix de la commande rapprochée:

**-La modulation de la largeur d'impulsion (MLI sinus triangle).**

Cette commande consiste à utiliser les instants correspondant à l'intersection d'une forme d'onde triangulaire de fréquence élevée (dite la modulante) devant celle de la sinusoïde cible (dite la modulée).

L'ensemble des points d'intersection permet de reconstituer le signal sinusoïdal.

La fréquence  $f_e$  du signal modulant (de l'ordre de quelques kHz) est très grande par rapport à la fréquence  $f$  du signal référence, ainsi quel que soit la charge (de type RL ou circuit résonant) le courant  $i(t)$  sera pratiquement sinusoïdal car la charge se comportant comme un filtre passe-bas donc le filtrage de l'onde modulante sera facilement obtenu.

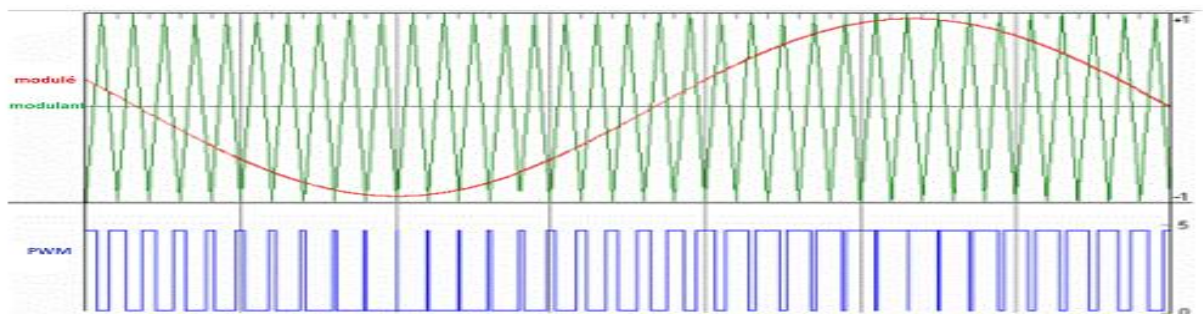


Figure II.7: les formes d'ondes (MLI sinus triangle)

**II.2.3 le filtre L et LC et LCL**

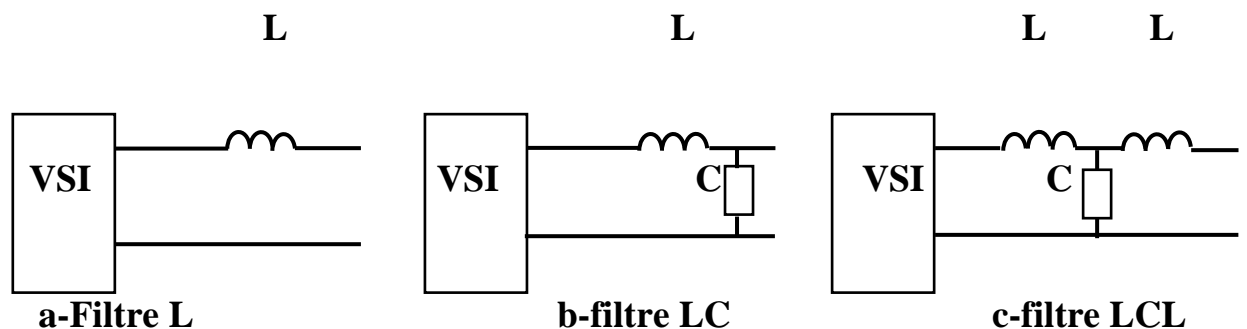


Figure II.8 : le filtre L et LC et LCL

### II.2.3.1 Le Filtre L

Le filtre L (figure 8.a) est le filtre de premier ordre avec une atténuation de 20 dB / décade sur toute la gamme de fréquences.

Par conséquent, l'application de ce type de filtre convient aux convertisseurs à fréquence de commutation élevée, où l'atténuation est succincte. De l'autre côté, l'inductance diminue considérablement la dynamique de l'ensemble du convertisseur filtre du système, la fonction Transfer de filtre L, ... $f_0$  la fréquence decoupure....[17]:

$$f = \frac{1}{\frac{f}{f_0}S+1} / f_0 = \frac{1}{2\pi RL_i} \tag{II.06}$$

Diagramme du Bode de La Filtre L

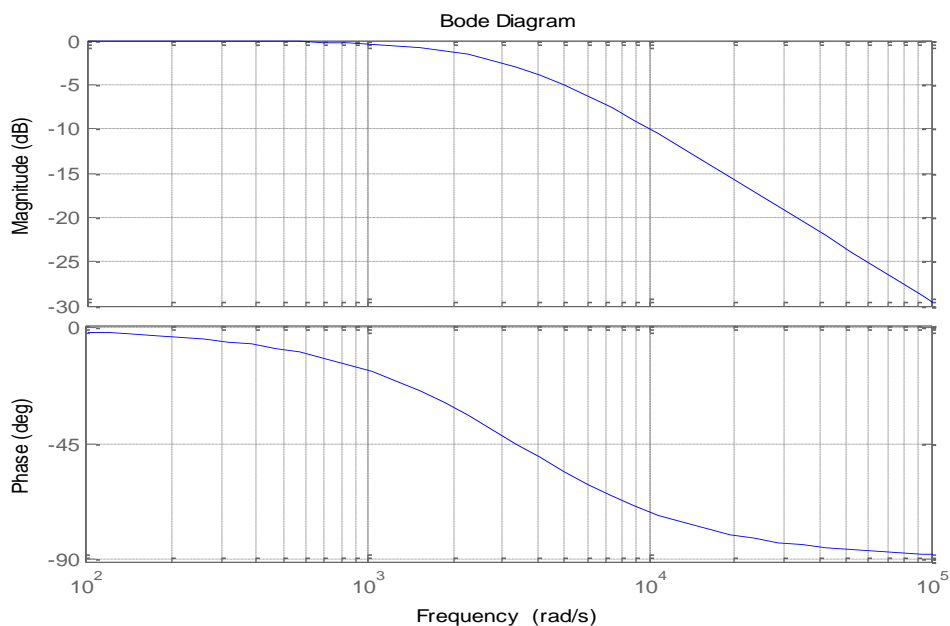


Figure II.9 : diagramme du Bode de La Filtre L

### II.2.3.2 Le filtre LC

Le filtre LC est représenté sur la figure 8.b. C'est un filtre de second ordre et il a de meilleurs comportements d'amortissement que le filtre L. Cette configuration simple est facile à concevoir et fonctionne sans problèmes. Le filtre du second ordre fournit 12 dB par oct avec d'atténuation après la fréquence de coupure  $f_0$  il n'a aucun gain avant  $f_0$  mais il présente un pic à la fréquence de résonance  $f_0$ . La fonction de transfert du filtre LC est [17] :

$$f = \frac{1}{L_i C_f S^2 + L_g S + 1} \tag{II.07}$$

Diagramme du Bode de La Filtre LC :

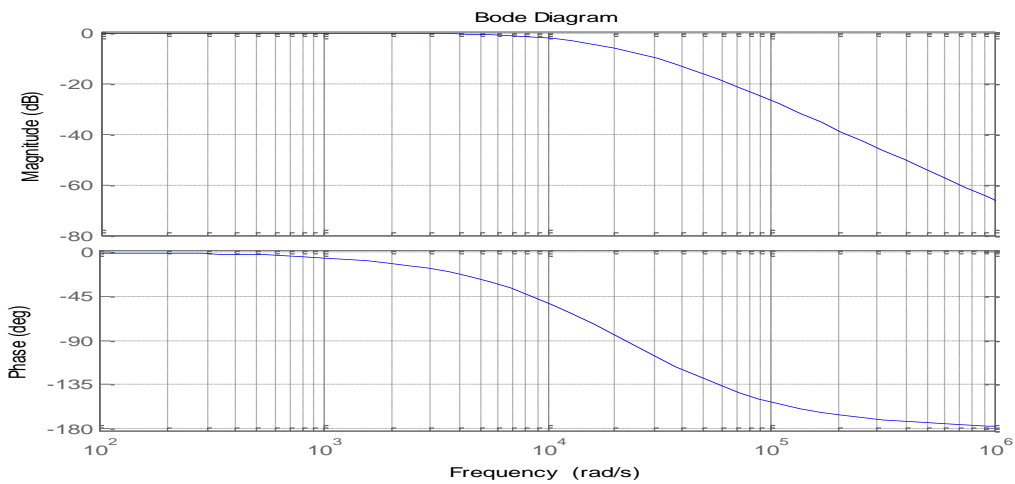


Figure II.10 :Diagramme du Bode de La Filtre LC

### II.2.3.3 Le filtre LCL

Le filtre LCL est un de filtre passe-bas (fig8.c) qui garantit le couplage entre les différentes sources et une bonne atténuation pour les fréquences supérieures à la fréquence de coupure pour cela il est le choix d'équation pour notre système. L'atténuation du filtre LCL est 60 dB/décade pour les fréquences supérieures à la fréquence de coupure pour cela une fréquence de commutation de valeur inferieur peut être appliquée.

Il garantit aussi un meilleur découplage entre l'impédance du réseau et les perturbations du courant à travers l'inductance du réseau. Donc c'est le filtre convenable pour notre application. Néanmoins le filtre LCL peut entrainer le phénomène de résonance dans notre cas indésirable, il faut donc choisir les bonnes valeurs des composants du filtre [17].

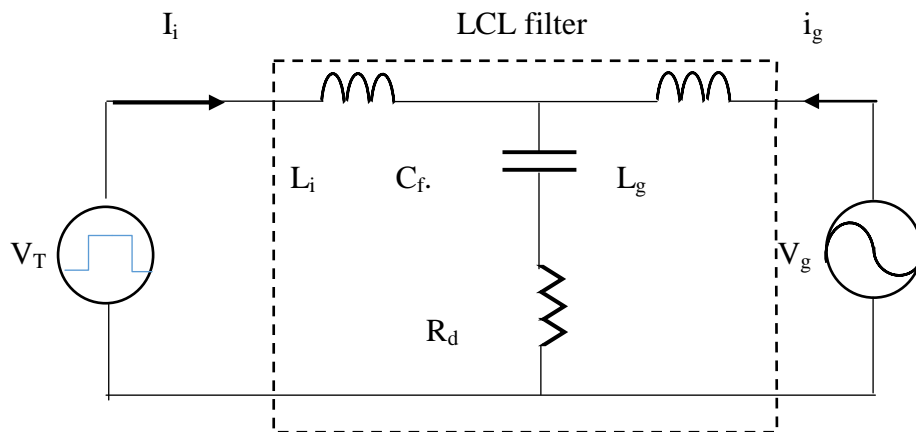


Figure II.11: le filtre LCL (composants)

--Modélisation defiltre LCL

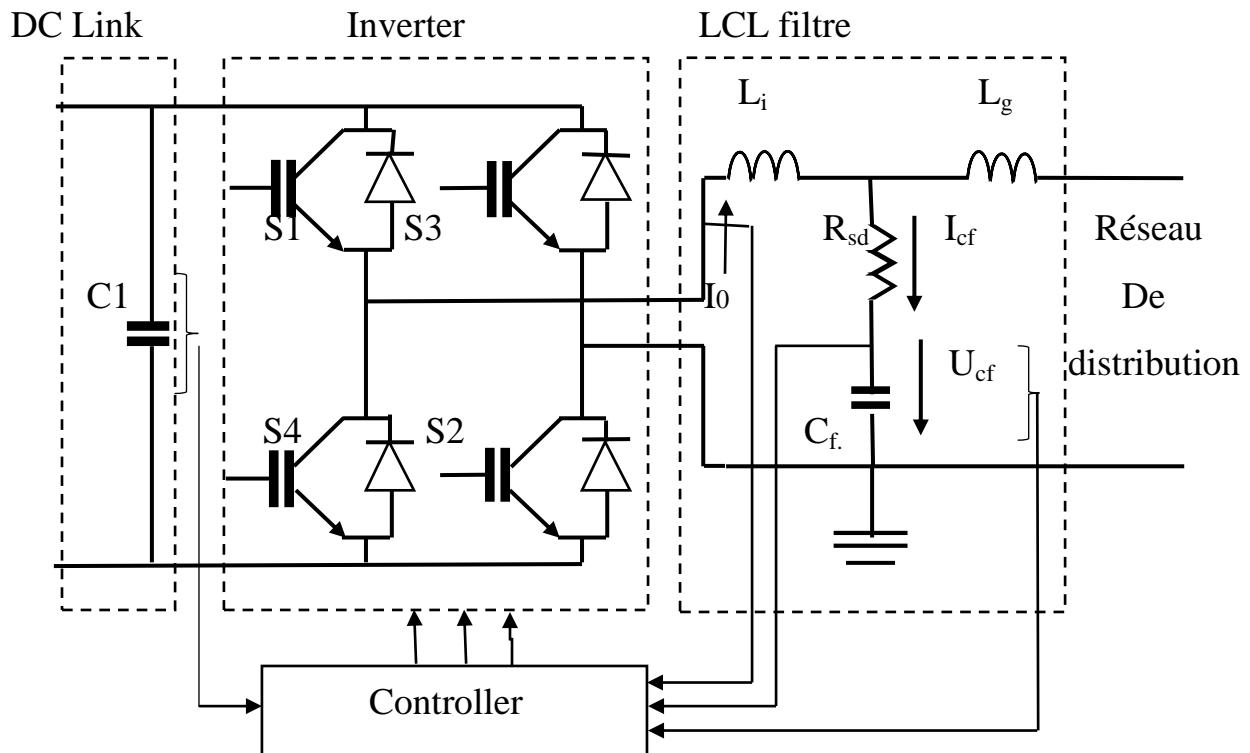


Figure II.12: schéma de l'onduleur connecte au filtre

Donc :

$$f_{res} = \frac{1}{2\pi} * \sqrt{\frac{L_i+L_g}{L_i*L_g*C_f}} \tag{II.08}$$

$f_{res}$  : La fréquence de la résonance. Cette fréquence doit être choisie pour produire une atténuation suffisante aux harmoniques et n'influe pas sur le signal (composante fondamentale 50Hz), dans la littérature la fréquence de coupure de ce filtre doit être minimum égale à la moitié de la fréquence de commutation du convertisseur.

La résistance en série avec la capacité est calculée comme suit:

$$R_{sd} = \frac{1}{3*w_{res}*C_f} \tag{II.09}$$

Cette résistance a pour rôle de diminuer l'effet de la résonance (en la choisissant ainsi le pic a pratiquement disparu), mais, cela provoque des pertes joules dans le filtre.

Soit le schéma suivant:

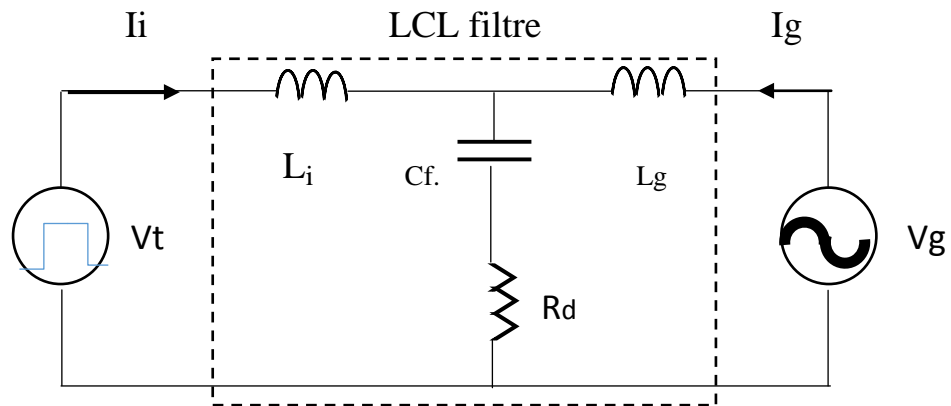


Figure II.13: le filtre LCL (composants)

Le équations des système précédent est donnée par [18] :

$$\begin{cases} \frac{dv_c}{dt} = \frac{i_i - i_g}{c_f} \\ \frac{di_i}{dt} = \frac{1}{L} (v_i - v_c - R_d(i_i - i_g)) \\ \frac{di_g}{dt} = \frac{1}{L} (-v_g + v_c + R_d(i_i - i_g)) \end{cases} \quad (\text{II.10})$$

La forme matricielle de système précédent est donnée par :

$$\begin{bmatrix} \frac{di_i}{dt} \\ \frac{di_g}{dt} \\ \frac{dv_c}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{R_d}{L_1} & \frac{R_d}{L_1} & -\frac{1}{L_1} \\ \frac{R_d}{L_2} & -\frac{R_d}{L_2} & \frac{1}{L_2} \\ \frac{1}{C_f} & -\frac{1}{C_f} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_i \\ i_g \\ v_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L_1} & 0 \\ 0 & -\frac{1}{L_2} \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_i \\ v_g \end{bmatrix} \quad (\text{II.11})$$

La forme générale de l'équation d'état du système :

$$\dot{X} = A X + B u \quad (\text{II.12})$$

Donc :

$$A = \begin{bmatrix} -\frac{R_d}{L_1} & \frac{R_d}{L_1} & -\frac{1}{L_1} \\ \frac{R_d}{L_2} & -\frac{R_d}{L_2} & \frac{1}{L_2} \\ \frac{1}{C_f} & -\frac{1}{C_f} & 0 \end{bmatrix} \quad (\text{II.13})$$

$$\mathbf{x} = \begin{bmatrix} i_i \\ i_g \\ v_c \end{bmatrix} \quad (\text{II.14})$$

$$\mathbf{B} = \begin{bmatrix} \frac{1}{L_1} & 0 \\ 0 & -\frac{1}{L_2} \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (\text{II.15})$$

$$\mathbf{u} = \begin{bmatrix} v_i \\ v_g \end{bmatrix} \quad (\text{II.16})$$

### ---La fonction de transfert [17]

Sa fonction de transfert sans pris en compte la résistance  $R_{sd}$  est :

$$H_{LCL}(s) = \frac{i_g}{v_g} = \frac{1}{L_i C_f L_g s^3 + (L_i + L_g) s} \quad (\text{II.17})$$

Prenant compte de la résistance  $R_{sd}$  on aura :

$$H_{LCL}(s) = \frac{i_g}{v_g} = \frac{C_f R_f s + 1}{L_i C_f L_g s^3 + C_f (L_i + L_g) R_f s^2 + (L_i + L_g) s} \quad (\text{II.18})$$

Tenant compte de la valeur de la tension de bus DC ( $u_{dc}$ ), la tension de sortie de l'onduleur ( $u_n$ ), la puissance nominale ( $P_n$ ), la fréquence de fonctionnement ( $f_s$ ), la fréquence de résonance ( $f_{res}$ ) :

$$L_i = \frac{u_{dc}}{16 f_s * \Delta I_{L-max}} \quad (\text{II.19})$$

$$\Delta I_{L-max} = 0.01 \frac{P_n \sqrt{2}}{U_n} \quad (\text{II.20})$$

$$C_f = 0.05 \frac{S_n}{U_n^2 \omega_n} \quad (\text{II.21})$$

$$L_g = r L_t \quad (\text{II.22})$$

Tel que :

$L_i$  : l'inductance coté onduleur, elle peut réduire les fluctuations du courant jusqu'à 0.1 de sa valeur initiale.

$\Delta I_{L-max}$  : Représente 0.1 d'amplitude de la fluctuation du courant.

$C_f$  : C'est la capacité du filtre, elle est choisie sur la base que le maximum de la variation du facteur de puissance autorisé est de l'ordre de 0.05.

$L_g$  : L'inductance coté réseau est 'r' c'est un coefficient d'atténuation [17].

--- Diagramme du Bode de La fonction de transfert :

--La fonction(II. 17):

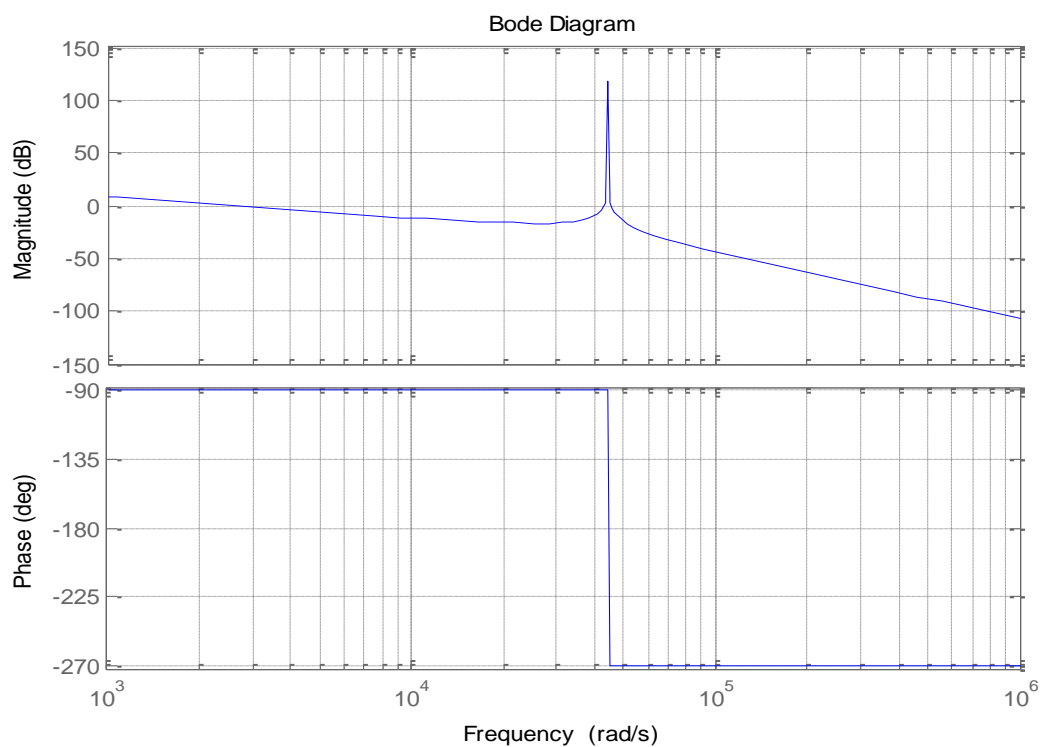


Figure II.14: Diagramme du Bode de La Filtre LCL

--La fonction (II. 18):

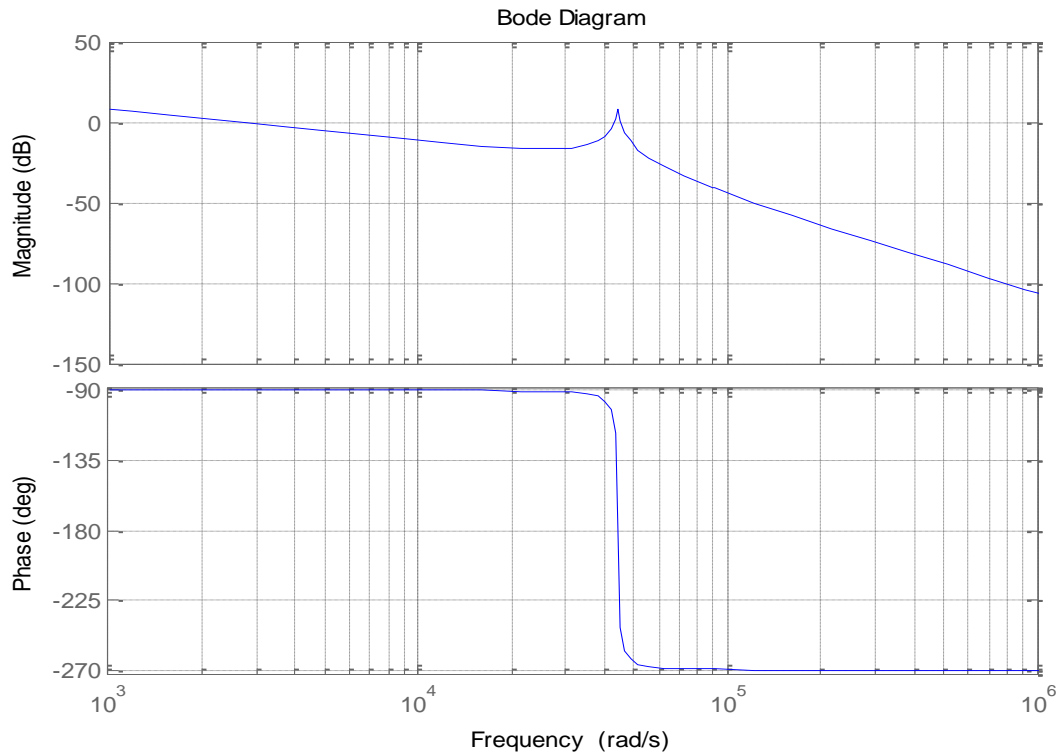


Figure II.15 : Diagramme du Bode de La Filtre LCL

### II.3 Transformation $d_q$ monophasé

On peut établir un système de coordonnées  $\alpha\beta$  de Concordia d'un système monophasé directement sans utiliser une matrice de transformation, et cela en retardant le signal (tension ou courant) de  $(\frac{\pi}{2})$  désormais  $i_{la}$  est le signal original et est le signal imaginaire de la charge dans un repère  $\alpha\beta$  [19].

$$\begin{bmatrix} i_{la} \\ i_{l\beta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} i_l (\omega t + \varphi) \\ i_l (\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2}) \end{bmatrix} \tag{II.23}$$

La transformation de Park est définie comme suit [20] :

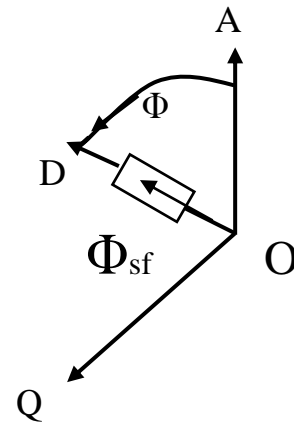


Figure II.16 : Représentation équivalente dans le repère de Park.

La transformation de park est définie comme suit:

$$[X_{dqo}] = [P(\theta)][X_{abc}] \quad \text{(II.24)}$$

Où

- X : peut-être un courant, une tension ou un flux.
- $X_q$  et  $X_d$  : Les termes représentent les composantes longitudinales.
- $[P(\theta)]$  : représentent La matrice de transformation.
- $\theta$  : correspond à la position du repère choisi pour la transformation.

On peut écrire maintenant, le passage du repère  $\alpha\beta$  au repère  $d_q$  [19] :

$$\begin{bmatrix} i_{ld} \\ i_{lq} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sin(\omega t) & -\cos(\omega t) \\ \cos(\omega t) & \sin(\omega t) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{la} \\ i_{l\beta} \end{bmatrix} \quad \text{(II.25)}$$

.NB : La matrice de passage est une matrice orthogonale

En utilisant des filtres appropriés on peut tirer les composantes suivantes de  $i_{ld}$  et  $i_{lq}$  :

- $i_{ld}$  - : Composante continue directe du courant, en utilisant un filtre passe-bas.
- $i_{ld}$  - : composante continue en quadrature du courant, en utilisant un filtre passe-bas.
- $i_{ld} \sim$  : Composante alternative directe du courant, en utilisant un filtre passe-haut.
- $i_{lq} \sim$  : Composante alternative en quadrature du courant, en utilisant un filtre passe-haut.

Ces courants sont eux même les courants de référence qu'on veut que l'onduleur fournisse et injecte au réseau et qui représentent ainsi les référence de puissance active et réactive.

### **II.4 Conclusion**

Dans ce chapitre, on a présenté les différents types de charge et le modélisation de système production décentralisée et onduleur monophasé ont été présentée et étudié avec le caractéristique de structure Choisi pour le bon fonctionnement du convertisseur tel que le filtre LCL. aussi présentée le commande rapprochée du convertisseur.

Dans le chapitre suivant, la simulation obtenus de cette modélisation sera expliquée est discutée.

CHAPITRE 3:  
LES RÉSULTATS DE LA  
SIMULATION GÉNÉRALE DU  
SYSTÈME PRODUCTION  
DÉCENTRALISÉ

### III. 1 Introduction

Le contrôle de la production décentralisée est un facteur très important d'une part pour la tenue en tension des réseaux en limitant les effets de sur tensions, d'autre part pour favoriser l'insertion sur le réseau de distribution de celles-ci. Grâce à un contrôle optimale des PDE, les capacités d'accueil d'un réseau pourront être mieux utilisées qu'en produisant uniquement une puissance nominale sans réflexion sur l'impact général de celles-ci sur tout le départ.

### III.2 Commande PED utilisant le système d'interface d'électronique de puissance pour se connecter au réseau

A côté de plusieurs PEDs utilisant traditionnellement les machines tournantes comme l'interface directe pour produire de l'énergie électrique, il ya également les autres utilisant l'interface électronique de puissance pour coupler avec le réseau. Les évolutions récentes dans le domaine des semi-conducteurs de puissance, permettent de réaliser des structures de convertisseurs rapides pouvant être utilisés dans les réseaux de distribution, seuls ou en combinaison avec des moyens de production décentralisée. Par rapport à la production classique utilisant les machines tournantes synchrones ou asynchrones, celle-ci introduit des possibilités nouvelles en termes de réglage.

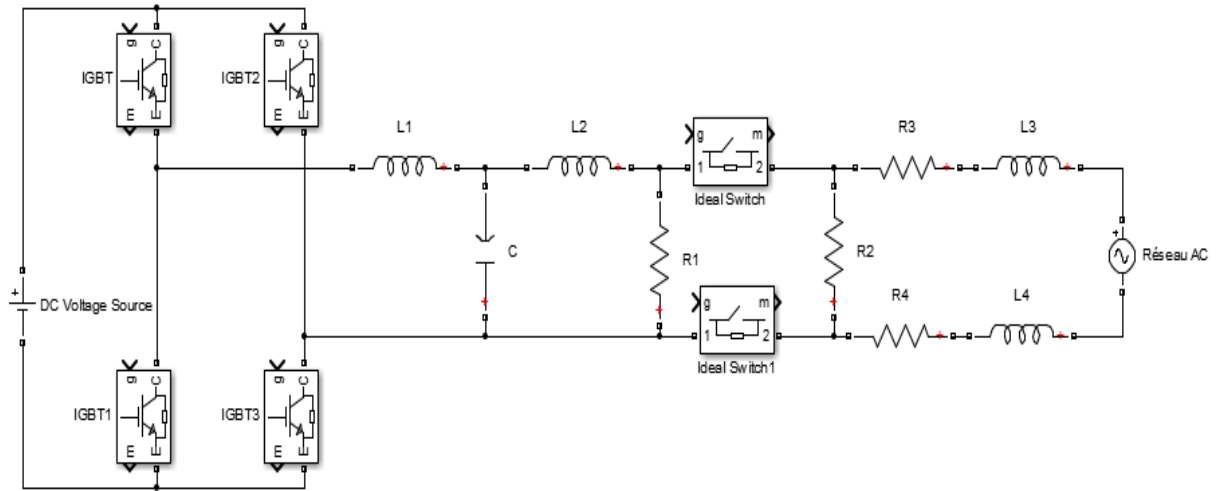
Ainsi, les stratégies de commande associées peuvent viser au réglage de la production d'une part à la qualité de service des réseaux d'autre part. La flexibilité introduite par ce type de connexion permet d'apporter un gestionnaire de réseau de nombreux services notamment :

1. Le contrôle de la puissance active.
2. La compensation de la puissance réactive voir sa production pour le renforcement du réseau par contrôle local de la valeur efficace de la tension.

Dans un cadre général, un filtrage des perturbations introduites par les charges polluantes connectées à la portion considérée du réseau.

### III.3 Le schéma de simulation

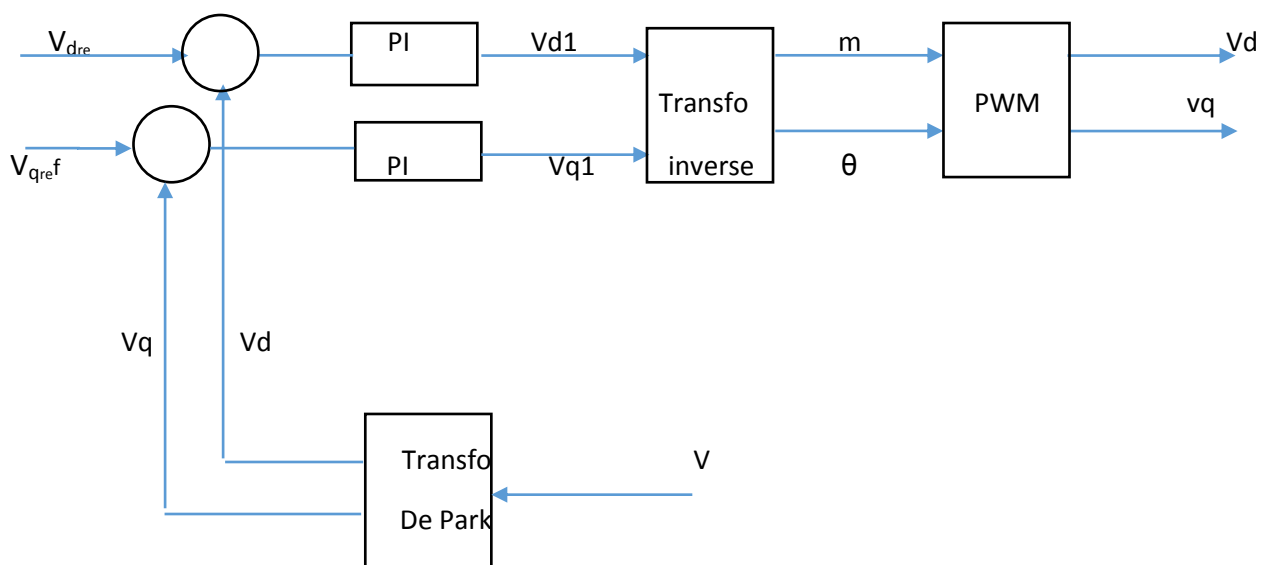
#### III.3.1 Schéma de puissance de système production décentralisé



Figuré III.1: Schéma de puissance de système production décentralisé

Ceschéma représente le système production décentralisé qui composé un central de énergie électrique (dc), un onduleur monophasé et filtre passé-bas (LCL), Connecté au réseau électrique par interepteur.

#### III.3.2 Partie contrôle



Figuré III.2: Schéma de commande de système production décentralisé

### III.4 Simulation de stratégie de commande rapprochée

Dans cette partie on va présenter les résultats de simulation pour la commande du système PED, en commençant par la présentation du modèle sur l'environnement MATLAB/Simulink du système PED puis on passera à la simulation de commande rapprochée:

- **la modulation à largeur d'impulsion.**

La figure ci-dessous montre le bloc de la simulation sous Matlab/Simulink. Elle comprend la commande rapprochée, le filtre passe-bas pour le filtrage de la tension de sortie et la charge RL (fig3).

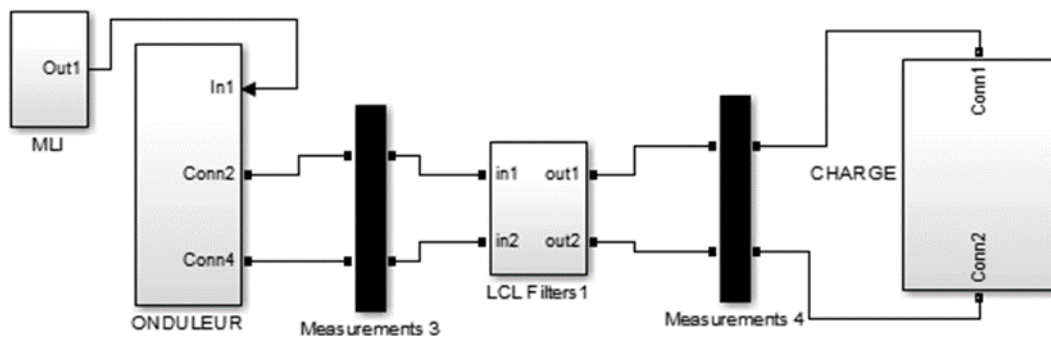


Figure III.3: bloc de simulation de commande rapprochée

Pour la technique de commande on présentera la tension de sortie avant et après filtrage et l'analyse harmonique.

#### III.4.1 La modulation à largeur d'impulsion

– les résultats de la simulation sont inscrits sur les figures (figure III.4), (figure III.5), (figure IV.6), la fréquence de la porteuse  $F = 10\text{kHz}$ .

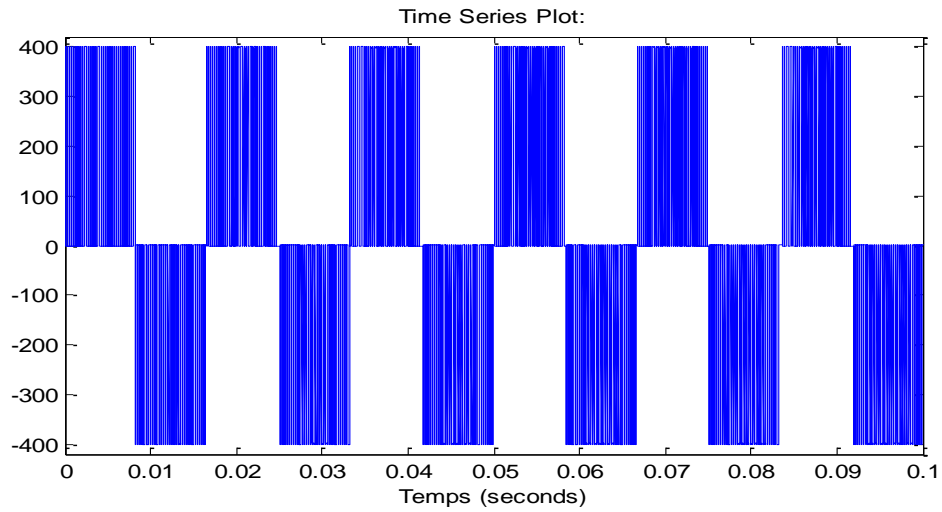


Figure III.4: Tension MLI avant filtrage

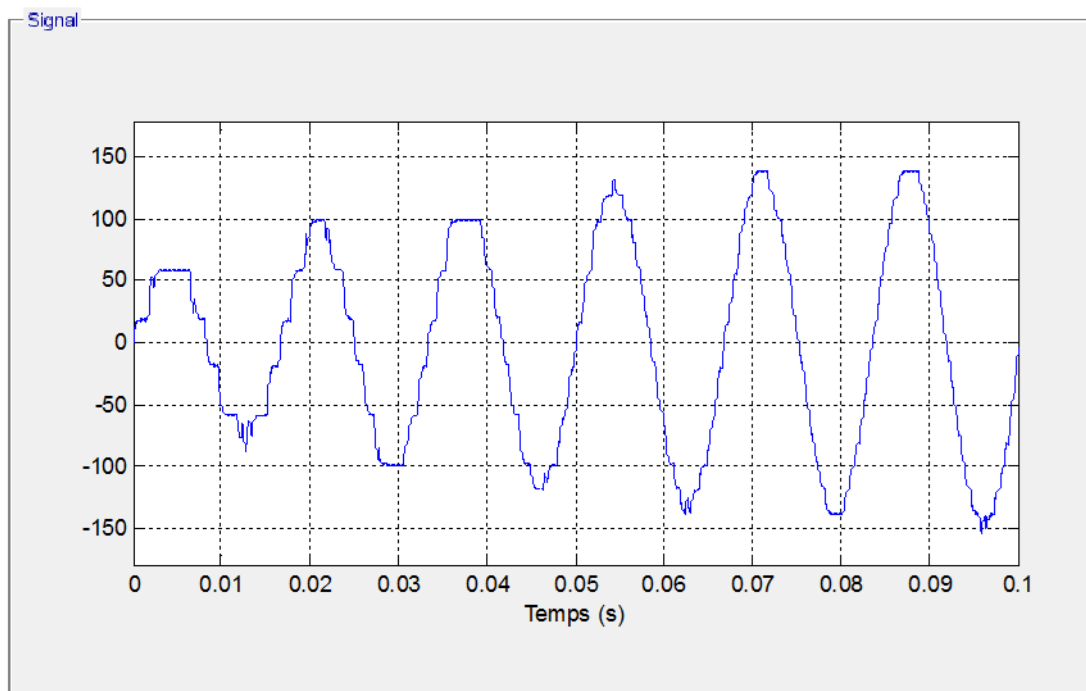


Figure III.5: tension MLI après filtrage.

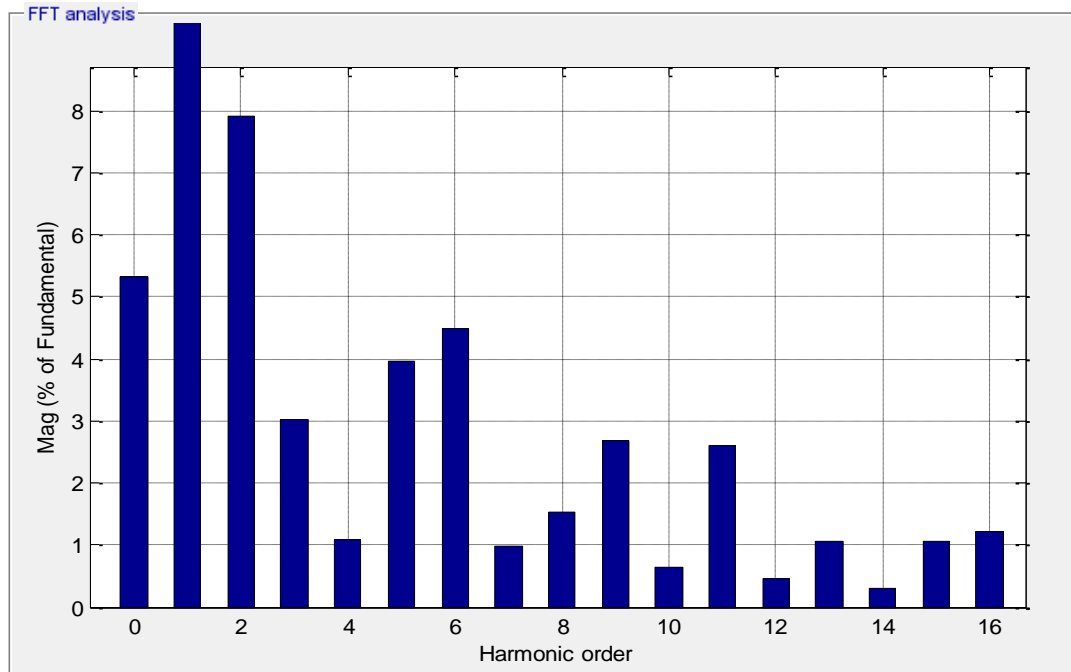


Figure III.6: Analyse fréquentielle

### – Interprétation de résultat de simulation de commande approchée

On constate que la commande MLI dite aussi la commande symétrique est simple à réaliser mais elle présente l'inconvénient d'être riche en harmonique (figure III.4)

La modulation de largeur d'impulsion (MLI) permet d'avoir un signal de la sortie plus proche de la sinusoïde (figure III.5) cette technique de commande repousse le harmonique vers le haute fréquence (figure III.6).

D'après la simulation on remarque que le THD est prend la valeur 14.53% et on dispose d'une large partie de fréquence (figure III.6) afin en choisir un filtre qui sera moins encombrant..

## III.5 Simulation et résultat de système production décentralisée

### III.5.1 Bloc de régulation

#### III.5.1.1 Transformation DQ monophasée

La transformation dq monophasée est inspirée de la transformation de park elle faite de la manière exposée dans la figure III.7:

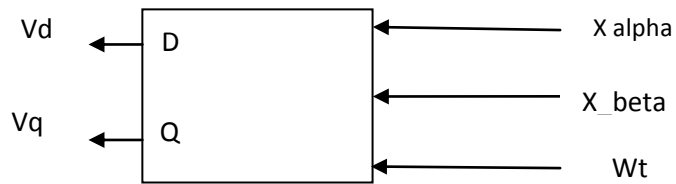
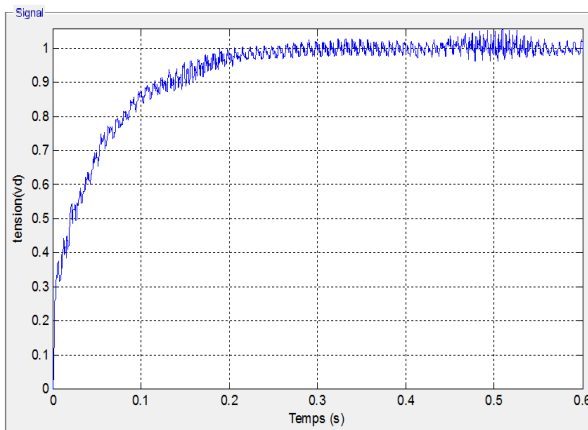
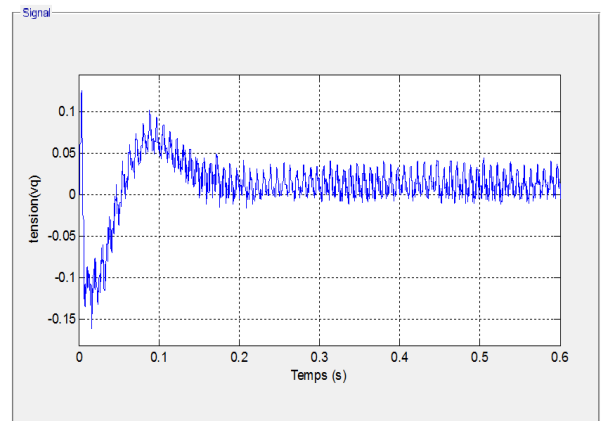


Figure III.7: Transformation DQ monophasée



la tensions Vd



la tension Vq

Figure III.8: la tension (Vd et Vq) après la transformation de park

### III.5.1.2 Conversion Per-Unit

Pour faciliter l'exploitation des résultats on a choisis de normaliser les grandeurs présentes la transformation Per-Unit (PU) est illustrée sur la figure III.3.

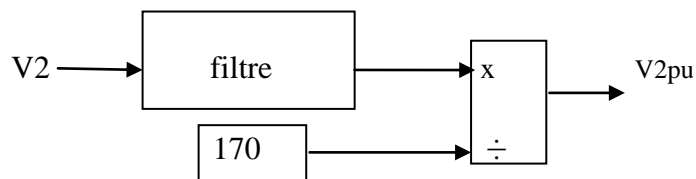


Figure III.9 : Conversion PU

### III.5.1.3 Conversion PLL(Phase Locked Loop)

Une boucle à phase asservie , ou boucle à verrouillage de phase (en anglais : Phase Locked Loop , ou PLL) est un montage électronique permettant d'asservir la phase

instantanée de sortie sur la phase instantanée d'entrée, mais elle permet aussi d'asservir une fréquence de sortie sur un multiple de la fréquence d'entrée.

Pour faciliter l'exploitation des résultats de simulation, on a choisis de normaliser les grandeurs présentes la transformation PLL est illustrée sur la figure III.10.

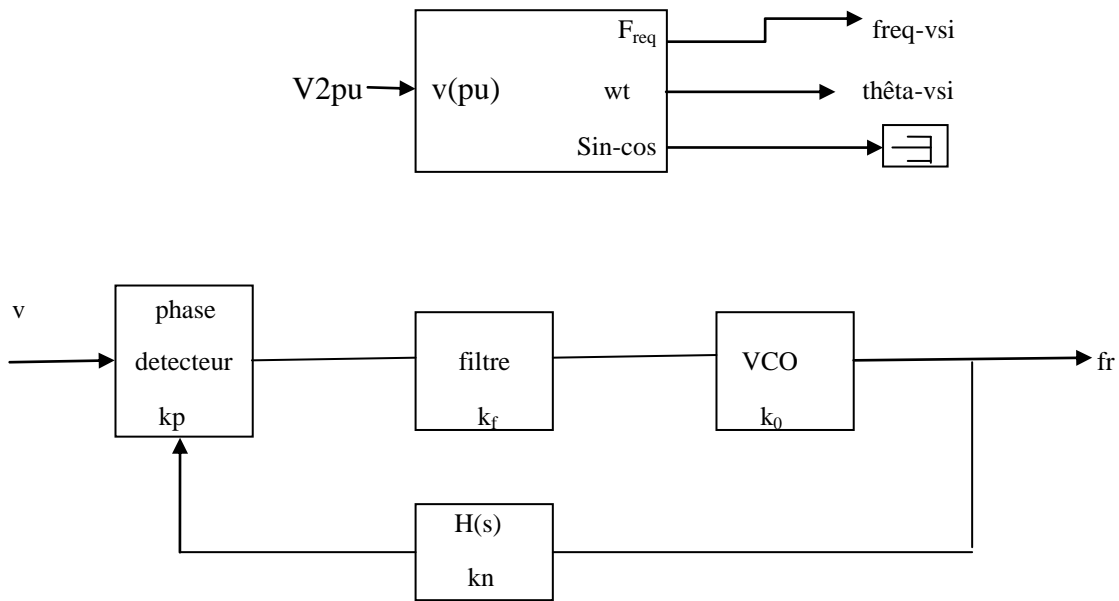


Figure III.10: Conversion PLL

$$K_n = \frac{1}{N} \tag{III.1}$$

$$N = \frac{f_o}{v} \tag{III.2}$$

## III.5.2 Alimentation d'une charge

### III.5.2.1 avant connexion au réseau

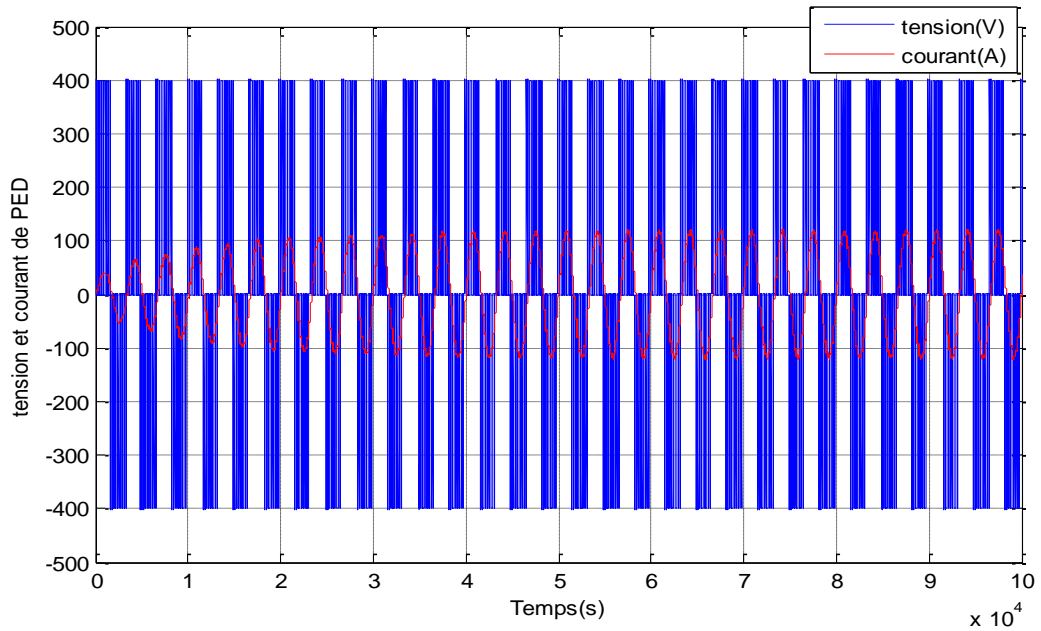


Figure III.11 : Tension et courant avant le filtre LCL

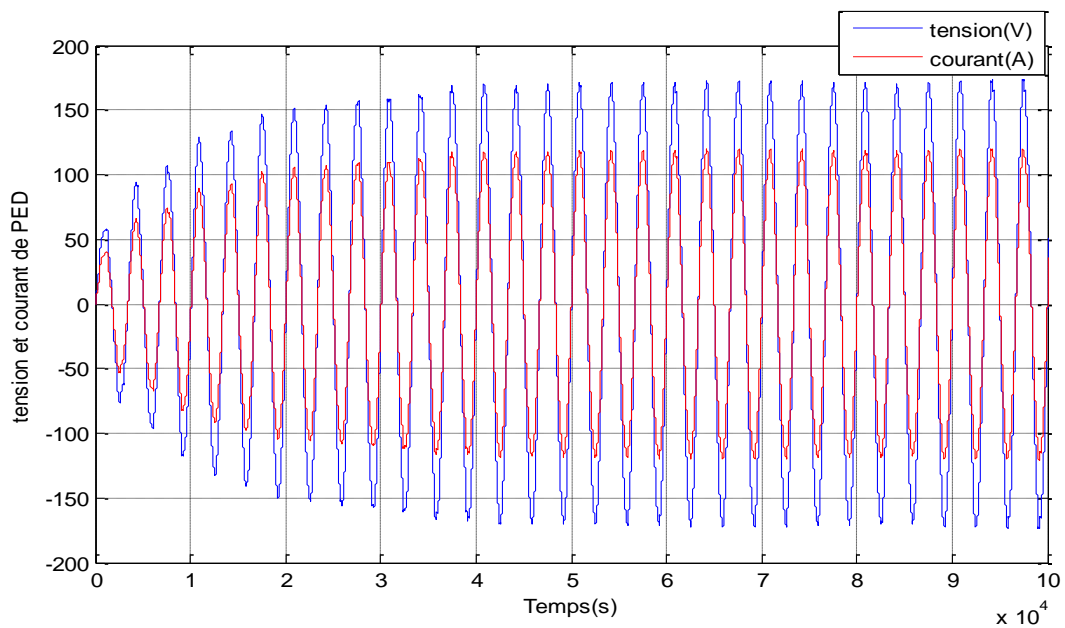


Figure III.12 : Tension et courant Après le filtre LCL.

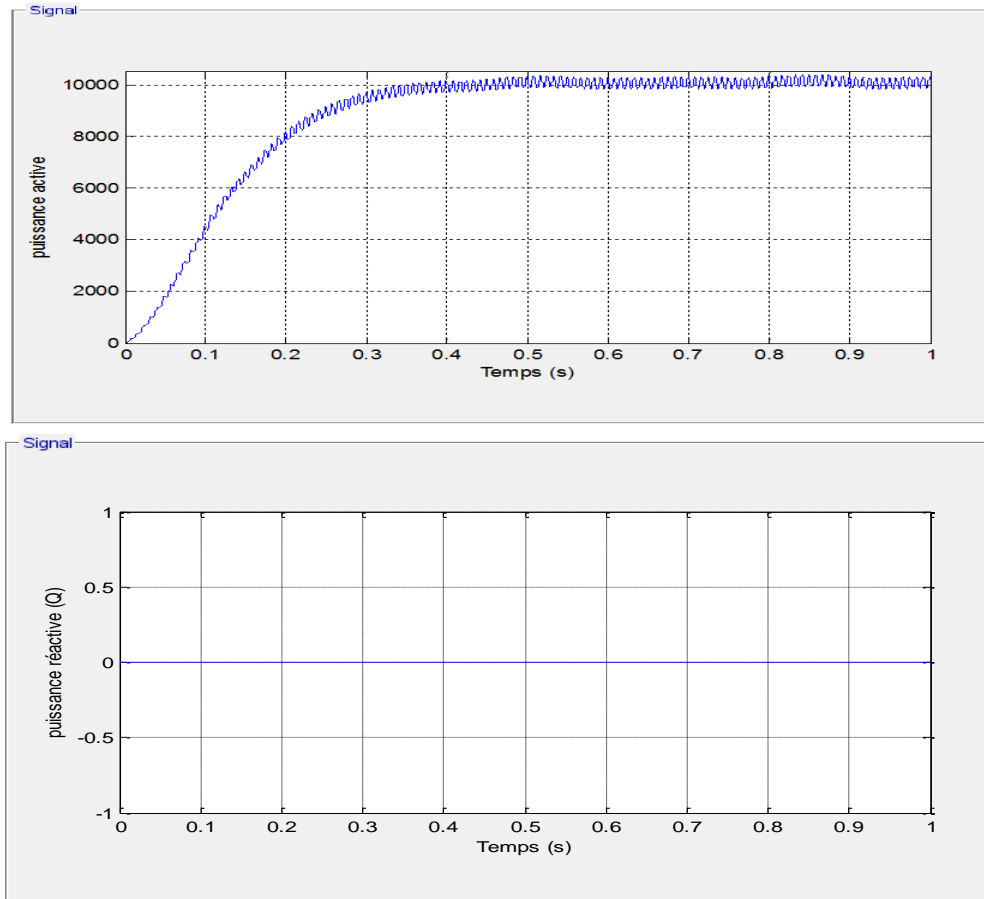


Figure III.13: Puissance active et réactive fournie par l'onduleur.

### –discussion des résultats

En remarque dans les figure 11 et 12 que la tension avant le filtre LCL non sinusoïdale par apport le filtrage pour avoir une tension sinusoïdale.

On constate que le courant absorbé par la charge est en phase avec la tension de la sortie de l'onduleur (figure III.12) ce qui est évident car il s'agit d'une charge.

L'onduleur fournit une puissance active de 10 Kw, c'est la puissance absorbée par la charge (figure III.13) sous une tension de 170V/50Hz. Ce qui valide la technique de commande utilisée et confirme la méthode de régulation PI utilisée avec la nouvelle transformation DQ monophasée utilisée pour la première fois pour contrôler de onduleur monophasée.

III.5.2.2 Alimentation d'une charge en mode connecter au réseau

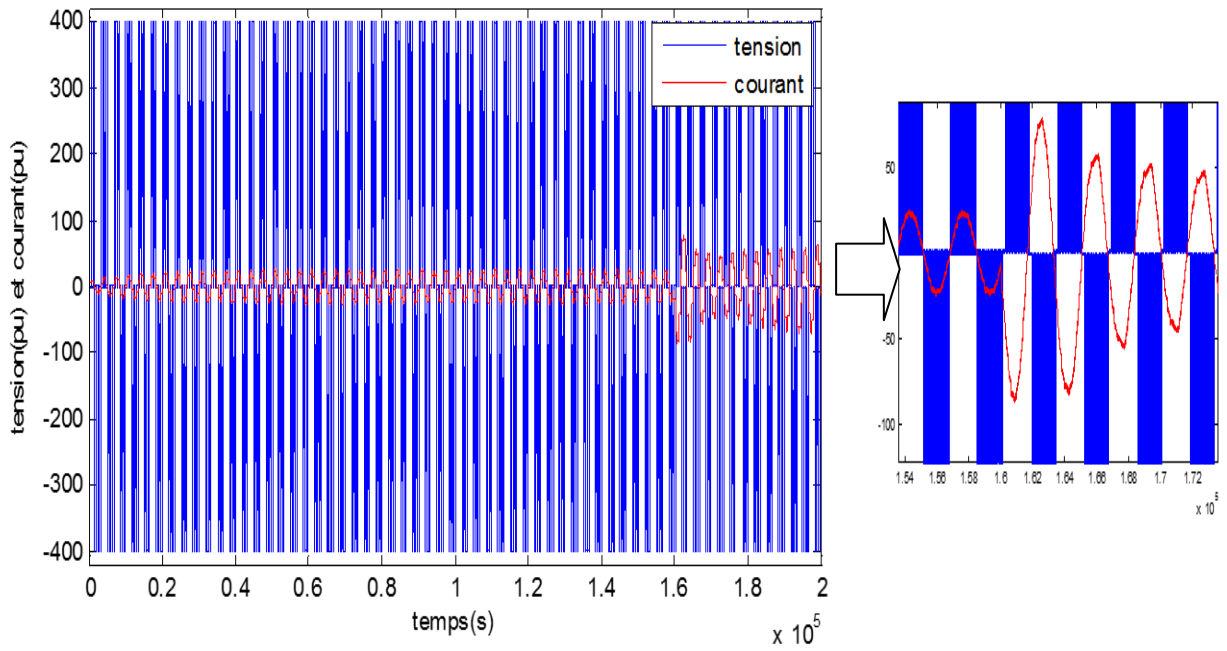


Figure III.14 : Tension et courant avant le filtre LCL

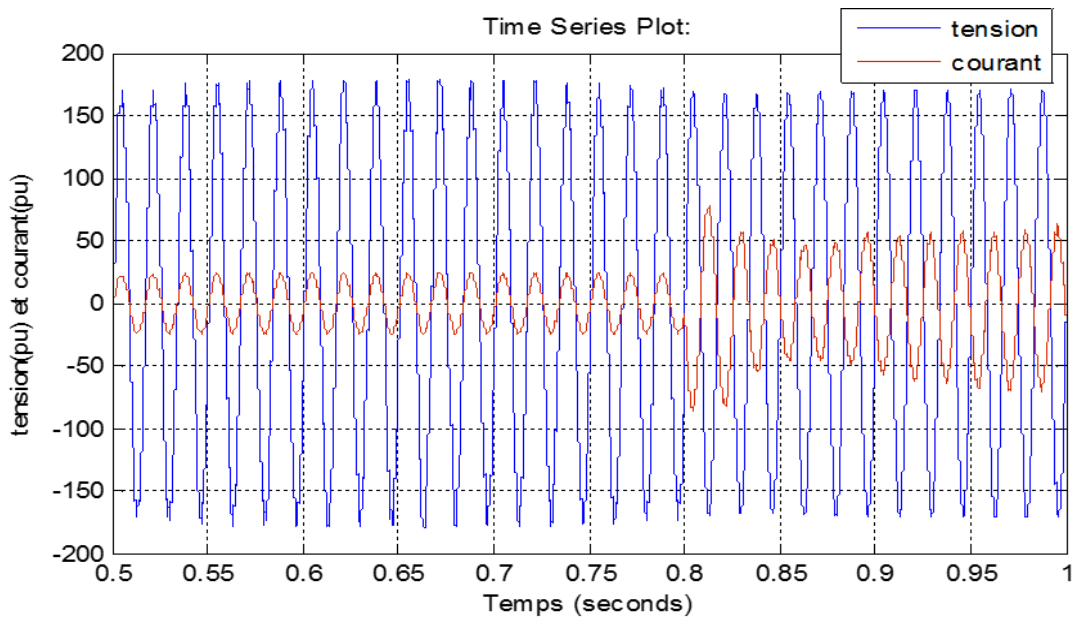


Figure III.15 : Tension et courant Après le filtre LCL

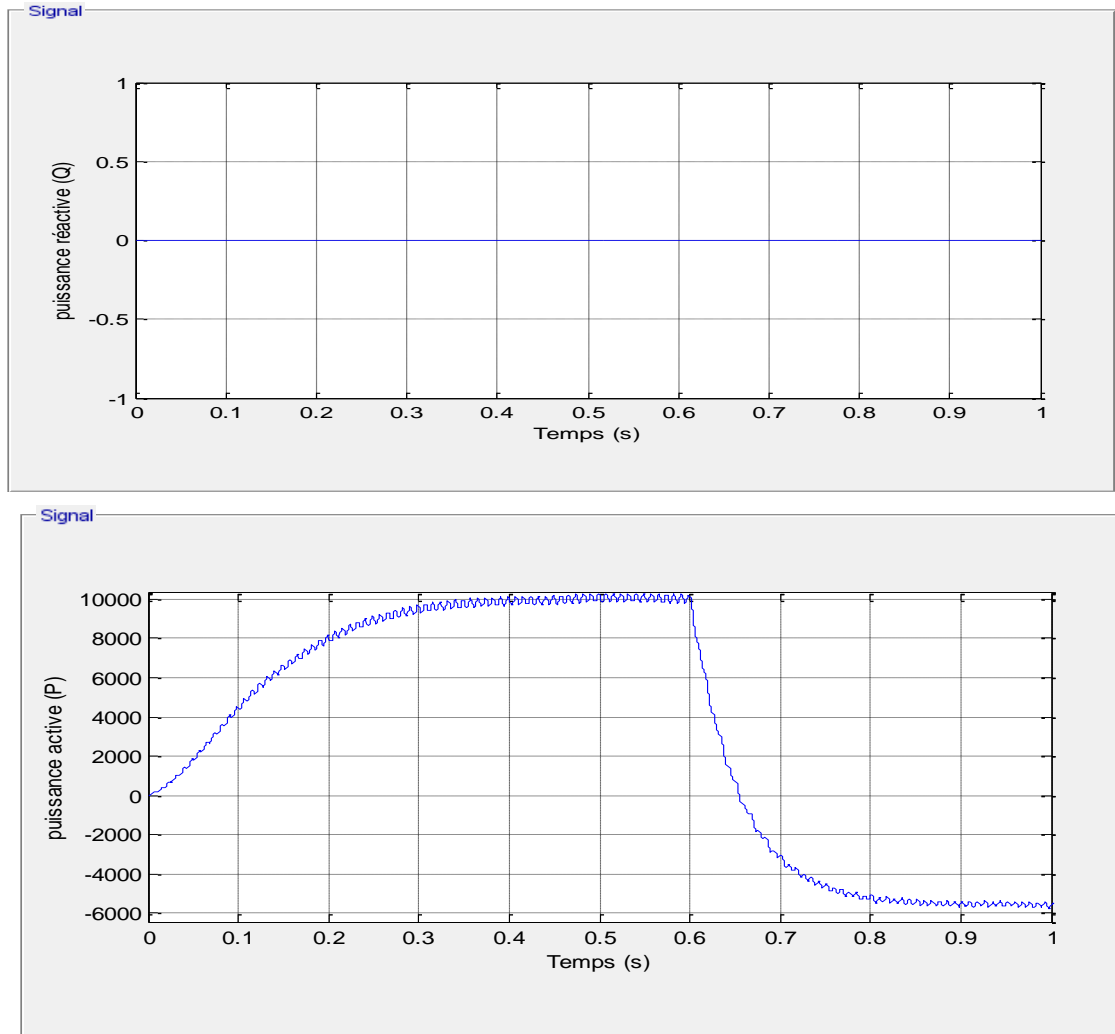


Figure III.16 : Puissance active et réactive fournie par l'onduleur.

– **discussion des résultats**

– Avant l'instant :

**t=1.6s**, Tension et courant avant le filtre LCL .On constate que le courant absorbé par la charge est en phase avec la tension de la sortie de l'onduleur.

**t=0.8s**, Tension et courant Après le filtre LCL . On constate que le courant absorbé par la charge est en phase avec la tension de la sortie de l'onduleur.

**t=0.6s**, Puissance active et réactive fournie par l'onduleur sont de 10 kW et 0 kW respectivement,

– Après l'instant t=0.8s et t=1.6s et t=0.6s, c'est le mode connecter au réseau.

### **III.6 Conclusion**

Dans ce chapitre, on a présenté des simulations de PED afin de commander le système de production décentralisée via la modulation de largeur d'impulsion (MLI) parce qu'elle facilite le filtrage pour avoir une tension totalement sinusoïdale avec un filtre le plus optimale en terme d'encombrement en termes de la disponibilité des composantes.

## Conclusion et Perspective

Ces dernières années, une attention particulière a été accordée à la gestion de l'énergie qui présente un intérêt majeur dans plusieurs applications civiles et militaires. Ces applications exigent d'autant plus des ressources matérielles et une capacité de traitement en temps réel. De ce fait, il est primordial de choisir judicieusement les stratégies de commande ainsi que son implémentation matérielle qui doit être optimisée, cette contribution à la gestion de l'énergie en régime alternatif monophasé ouvre une porte vers un domaine d'étude très vaste et présente des défis provocants en contrepartie elle présente des résultats plus prometteuses et plus intéressantes.

Dans ce contexte, nous sommes intéressés dans ce travail à la gestion d'énergie en alternatif d'un système production décentralisée en monophasé. En utilisant l'environnement MATLAB/Simulink comme outil de la simulation.

De ce fait, nous avons procédé à la réalisation du modèle du système de manière progressive où nous avons commencé par une analyse de tous les organes constituant le système. Suivie d'une modélisation du comportement individuel des différents blocs pour que à la fin obtenir le modèle global. Pour la présentation de ce travail, nous avons choisi de structurer ce mémoire de la façon suivante :

**Premier chapitre**, nous avons donné une généralité sur les systèmes productions décentralisées.

**Deuxième chapitre**, nous avons donné la modélisation de filtre LCL monophasée et leur commande rapprochée et la diagramme de bode d'un fonction transfert de filtre LCL et la transformation dq.

**Troisième chapitre**, Les résultats de simulation du système production décentralisée, nous avons donné les résultats de simulation après et avant la connexion au réseau électrique.

Les résultats obtenus mettent clairement en évidence que notre travail de la gestion d'énergie fournie de bon resultat.

## Conclusion et Perspective

Toutefois, nous avons confrontés à des difficultés qui ont influé sur l'avancement de notre travail. Ces dernières peuvent être résumées comme suit:

- Le temps pris pour la maîtrise de l'environnement MATLAB/Simulink.
- La synthèse des modèles conformes aux blocs indisponibles dans les Simscape.
- La rareté de la documentation traitant ce genre de système surtout en régime alternatif monophasé.

Par ailleurs, l'expérience acquise dans ce projet nous offre une base solide pour entamer d'autres problématiques de la gestion d'énergie.

Ce manuscrit peut être considéré comme référence de plus à des prochains travaux traitant ce genre de systèmes.

# ANNEXES

## **Les paramètres de la simulation des commandes rapprochées sont:**

- la tension du bus DC (400V)
- une charge RL ( $R = 0.1\text{m}\Omega \cdot L = 0.1\text{mH}$ ).
- Le filtre est de type LCL.

## **–Les paramètres du système pour la simulation des modes de connexion**

- Une charge de puissance active 2 kW.
- La tension unitaire (conversion PU) de la sortie correspond à 170 V.
- La fréquence du signal de sortie est 50 Hz.
- Le filtre est de type LCL:

$$L_i = 300\text{e-}6 \text{ H.} \quad L_g = 100\text{e-}6 \text{ H.} \quad C = 6.8\text{e-}6 \text{ F}$$

### **Bibliographie**

- [1] Mr Labeled Djamel « **PRODUCTION DECENTRALISEE ET COUPLAGE AU RESEAU**» Thèse Doctorat, Université Mentouri Constantine, Année 2008.
- [2] KETFI Nadhir « **CONTRIBUTION A LA GESTION DES RESEAUX DE DISTRIBUTION EN PRESENCE DE GENERATION D'ENERGIE DISPERSEE** » mémoire de magister Université de Batna, 06 / 12 / 2014.
- [3] Olivier Richardot « **REGLAGE COORDONNE DE TENSION DANS LES RESEAUX DE DISTRIBUTION A L'AIDE DE LA PRODUCTION DECENTRALISEE** » thèse de doctorat de l'institut national polytechnique degrenoble , 2006.
- [4] Vincent Courtecuisse « **SUPERVISION D'UNE CENTRALE MULTI SOURCES A BASE D'EOLIENNES ET DE STOCKAGE D'ENERGIE CONNECTEE AU RESEAU ELECTRIQUE** » Thèse de doctorat de l'école nationale supérieure d'arts et métiers , 2008.
- [5] Prabha Kundur, John Paserba, Venkat Ajjarapu, Göran Andersson, Anjan Bose, Claudio Canizares, Nikos Hatziar gyriou, David Hill, Alex Stankovic , Carson Taylor , Thierry Van Cutsem , and Vijay Vittal « **DEFINITION AND CLASSIFICATION OF POWER SYSTEM STABILITY TRANSACTIONS ON POWER SYSTEMS**» vol. 19, no. 2, may 2004, pp 1387-1401.
- [6] Herman BAYEM « **APPORT DES METHODES PROBABILISTES AUX ETUDES D'INSERTION DES ENERGIES RENOUVELABLES DANS LES SYSTEMES ELECTRIQUES** » thèse de doctorat de l'université de paris sud 11, 2009 .
- [7] B. Robyns, A. Davigny , C. Saudemont, A. Ansel. V. Courtecuisse, B. François , S. Plumel, J. Deuse « **IMPACT DE L'EOLIEN SUR LE RESEAU DE TRANSPORT ET LA QUALITE DE L'ENERGIE**» centre national de recherche cnrt futur elec . equipe réseaux électriques et systèmes énergétiques. 15 . 16 mars 2006.
- [8] K. Foued « **ETUDE DES VARIATIONS RAPIDES DE TENSION POUR LE RACCORDEMENT D'UNE PRODUCTION DECENTRALISEE DANS UN RESEAU MT** » mémoire de magistère, Constantine.
- [9] P. Abadie « **RELATIF AUX PRESCRIPTIONS TECHNIQUES DE CONCEPTION ET DE FONCTIONNEMENT POUR LE RACCORDEMENT A UN RESEAU PUBLIC**

### **DE DISTRIBUTION D'ELECTRICITE EN BASSE TENSION OU EN MOYENNE TENSION D'UNE INSTALLATION DE PRODUCTION D'ENERGIE ELECTRIQUE**

» journal officiel de la république Française, 23Avril 2008.

[10] Miguel Angel FONTELA GARCIA « **INTERACTION DES RESEAUX DE TRANSPORT ET DE DISTRIBUTION EN PRESENCE DE PRODUCTION DECENTRALISEE** » thèse de doctorat de l'institut national poly technique de Grenoble , 2008.

[11] Thi Thu Hà PHAM « **INFLUENCES DE LA PRODUCTION DECENTRALISEE SUR LA GESTION DE SINFRASSTRUCTURES CRITIQUES DES RESEAUX DE PUISSANCE**» thèse de doctorat de l'institut nationalpolytechnique de Grenoble , 2006.

[12] G. Rami « **CONTROLE DE TENSION AUTO ADAPTATIF POUR DES PRODUCTIONS DECENTRALISEES D'ENERGIESCONNECTEES AU RESEAU ELECTRIQUE DE DISTRIBUTION** » Thèse de doctorat INPG, 2006.

[13] M. Eremia, J. Trecat, A. Germond, « **RESEAUX ELECTRIQUES – ASPECTS ACTUELS** » L'EditeurTechnique, Bucarest, ISBN : 973-31-1526-6, 2000.

[14] **WWW.EPSIC.CH /COURS /ELECTRO TECHNIQUE /THEORIE /PUIALT /340.**” Site internet.

[15] T. Wildi « **ELECTRO TECHNIQUE**».Cours.2009.

[16] Mecheri salah-eddine « **REALISATION D'UN ONDULEUR DE TENSION MONOPHASE CONTROLE PAR UNE CARTE ARDUINO** » Diplôme de master en electrotechnique . Universite constantine I. 2013/2014.

[17] A.E.W.H. Kahlane, L. Hassaine et M. Kherchi « **LCL FILTRE DESIGN FOR PHOTOVOLTAIC GRID CONNECTED SYSTEMS** » Centre de Développement des Energies Renouvelables, CDERB.P. 62, Route de l'Observatoire, Bouzaréah, 16340, Algiers, Algeria, (2014) 227 – 232.

[18] A. Reznik - M.Godoy Simões - Ahmed Al - Durra-S. M. Muyeen « **LCL FILTER DESIGN AND PERFORMANCE ANALYSIS FOR GRID INTER CONNECTED SYSTEMS** » Colorado School of Mines, EECS Dept ,Golden, COUSA ,Petrole uminstitute ,Electrical Engine ering .Department Abu Dhabi,UAE.

## Bibliographies

[19] S. Sharma « **SINGLE PHASE D-Q TRANSFORMATION USING AS INDIRECT CONTROL METHOD FOR SHUNT ACTIVE POWER FILTER** » Research Scholar (M.E), LDRP-ITR College, Gandhinagar, India.

[20] Hemmami Mohammed Ilyes « **COMMANDE SANS CAPTEUR DE VITESSE D'UN MOTEUR SYNCHRONE A AIMANTS PERMANENTS (MSAP) PAR L'UTILISATION DE LA COMMANDE DIRECTE DU COUPLE ET D'UN OBSERVATEUR DE VITESSE A MODE GLISSANT**» Magister en Electrotechnique. Commande électrique Université Mohamed Khider – Biskra.

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU  
DIPLOME

DE MASTER EN GENIE ELECTRIQUE  
SPECIALITE : RESEAUX ELECTRIQUES

Année Universitaire : 2017 / 2018

Proposé par : Mr. **DJERIOUI Ali** , Mr. **MEKKI Hemza**

Présenté par : **NOUIKES Sofiane** , **TAYEBI Abdelghani**

Thème :

## Conception et commande d'un système de production décentralisée

ملخص:

لمجابهة الطلب العالمي المتزايد على الطاقة، تزايد الاهتمام حول تطوير الطاقة المتجددة كالطاقة الشمسية و طاقة الرياح كمصدر للطاقة الكهربائية في إطار مشروع نهاية الدراسة، اهتمنا بإنجاز شبكة مصغرة في برنامج الماتلاب لإنتاج و تبادل الطاقة الكهربائية وذلك باستعمال مصادر الطاقة المتجددة لتغذية الأجهزة الغير مرتبطة بالشبكة بتقنية جديدة تضمن الجودة.

الهدف من الدراسة المقترحة هو التسيير الطاقوي بين مختلف المصادر المذكورة، وذلك عن طريق التحكم في المحولات الأحادية الطور

الكلمات المفتاحية:

الشبكة المصغرة، المحول أحادي الطور، تقنيات التحكم، التسيير الطاقوي، المصادر المتجددة، التحول المباشر، العمودي للنظام الأحادي الطور، الماتلاب

### Résumé:

Face à la demande mondiale croissante en énergie, le monde s'intéresse au développement de sources d'énergies plus propres.

Dans le cas de l'énergie électrique, les solutions alternatives peuvent être les sources photovoltaïques, éoliennes, ou encore hydro électriques.

Dans notre projet de fin d'étude, on s'est intéressé à la réalisation en Matlab/Simulink d'un micro réseau constitué d'une source de nature renouvelable alimentant une charge, ou bien connecté au réseau domestique.

L'intérêt de notre travail est la gestion de flux énergétique entre les différentes sources utilisées, pour cela le type des sources renouvelables n'a pas été pris en compte, ces dernières ont été modélisées et simulés par onduleur monophasé contrôlé par une nouvelle technique de commande (La transformation DQ en monophasé) qui assure l'échange de puissance entre les sources et la charge.

Mots clefs:

Micro réseau, onduleur monophasé, techniques de commande, gestion de puissance, la transformation DQ monophasée, sources renouvelables, matlab Simulink