REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE

LA RECHERCHE SIENTIFIQUE



UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA

FACULTE DE TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT GENIE ELECTRIQUE

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

DIPLÔME

DE MASTER EN GENIE ELECTROTECHNIQUE

THEME

Contribution à l'optimisation de la gestion D'énergie dans les réseaux intelligents

Proposé et dirigé par :

M .N.Henini

Présenté par :

Hallouane Asma

Halloui Karima

Année Universitaire : 2020/2021

Je dédie le fruit de mes années d'études aux plus chers au monde à :

A la personne la plus chère pour moi dans ce monde, ma mère qui est la fleur de ma vie, le symbole de l'amour et la tendresse qui s'est sacrifier pour mon bonheur et ma réussite.

A mon père qui a fait de moi, ce que je suis aujourd'hui.

A mes chers frères djaafer et moaad.

A mon roi mon homme Ishake.

A tous mes amis de la résidence. Sans oublier les étudiants (es) de la promotion 2021.

Hallouane Asma

Je dédie le fruit de mes années

D'études aux plus chers au monde à :

A la personne la plus chère pour moi dans ce monde, ma mère qui est la fleur de ma vie, le symbole de l'amour et la tendresse qui s'est sacrifier pour mon bonheur et ma réussite.

A mon père qui a fait de moi, ce que je suis aujourd'hui.

A mes chers frères et chères sœurs.

A tous mes amis de la résidence. Sans oublier les étudiants (es) de la promotion 2021.

Halloui Karima

Au terme de ce travail, nous devons nos remerciements tout d'abord à dieu qui nous a donné la force et le courage de suivre nos études et d'arriver à ce stade et à nos parents qui nous ont beaucoup soutenus pendant tout au long de notre parcourt.

Nous souhaitons exprimer notre profonde reconnaissance à notre encadreur Mr N .d.Henini pour nous avoir confié ce sujet, pour sa disponibilité, sa critique, son orientation, et ses précieux conseils.

Nous exprimons nos vifs remerciements aux membres du jury qui ont acceptéde juger notre travail.

Enfin nous remercions toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Sommaire

Introduction générale 1

Chapitre I Réseaux électriques

Introduction 3
Productin de l'énergie électrique 3
Les centrales thermiques 4
Les centrales nucléaires 4
Les centrales hydroélectriques 5
Les centrales solaires 6
Les centrales éoliennes 7
Définition de réseau électrique 7
Architecture des réseaux électriques 7
Organisation des réseaux électriques 8
Catégories des réseaux élecriques 9
Réseau de transporte et d'interconnexion 9
La stabilité 9
La continuité de service 9
Economie 9
Réseau de répartition 10
Le réseau de distribution 10
Les classifications des tension du réseau électrique 11
Principes structurant un réseau électriques 11
Les structures d'un réseau 11
Problématique du fonctionnement des réseaux électriques 14
Evolution des réseaux électriques 15
Conclusion 16

Chapitre II Réseaux électriques intelligent

Introduction 18
Définition du réseau intelligent 18

Principe de réseau intelligent 19
Enjeux 20
Comparaision entre les réseaux électrique anciens et actuels 21
Types de réseaux intelligents 21
Objectifs 22
Les caractéristiques du réseau électrique intelligent 25
Exemple de réseaux intelligent 27
Avantage des réseaux intelligents 29
Architecture des réseaux intelligents 30
Technologie de réseau intelligent 33
Les compteurs intelligents 37
Conclusion 39

Chapitre III Gestion de l'énergie dans le réseau intelligent

Introduction 40
Désagrégation de la demande énergétique 40
Energies renouvelables utilisées dans les smart grids 41
Avantages et problémes des énergies renouvelables 42
Définition de la gestion de l'énergie dans le smart grids 43
Systèmes de stockage intelligents 45
Objectifs de la gestion de l'énergie 48
Conclusion 49

Chapitre IV Modélisation et simulation d'une gestion de

Introduction 50
Simulation 51
Modalisation 54
Profils de charge 54
Batterie (Lithion-ion) 54
Résultats de simulation et discussions 58

1er cas : Simulation pour P=300e3W (Puissance active de la charge).....59

2éme cas : Simulation pour P=100e3W (Puissance active de la charge).....62

Conclusion 65

Conclusion génerale 65

Listes des figures

Figure I.1: schéma d'une centrale thermique

Figure I.2 : schéma d'une centrale nucléaire

Figure I.3 : schéma d'une centrale hydroélectrique

Figure I.4: Exemple d'une centrale photovoltaïque raccordée au réseau électrique

Figure I.5 : les différents éléments d'une éolienne

Figure I.6 : Architecture de réseau électrique avec diverses sources de production

Figure I.7 : Schéma simplifié d'un réseau électrique

Figure I.8 : Réseau maillé.

Figure I .9 : Réseau boucle

Figure I.10 : structure en coupure d'artère

Figure I.11 : Réseau radial

Figure I.12 : Représentation verticale (sens unique) des réseaux électriques classique.

Figure I.13 : Représentation horizontale (bidirectionnelle) des réseaux électriques actuels.

Figure II.1 : Exemple de réseaux électriques intelligents

Figure II.2 : Exemple sur Smart Home

Figure II.3 : Exemple sur Smart City

Figure II.4 : Mouvement d'énergie dans un micro-réseau

Figure II.5 : Architecture du réseau intelligent avec des systèmes et sous-systèmes associés

Figure II.6: Types de technologies de l'information et de la communication (TIC).

Figure III.1 : illustration de la production décentralisée.

Figure III.2 : illustration de l'intégration du véhicule électrique dans le réseau

Figure IV.1 : système étudiée sous Matlab/simulink.

Figure IV.2 : le diagramme de l'algorithme de gestion de l'énergie proposé.

Figure IV.3 : block de la batterie.

Figure IV.4 : décharge batterie (Lithion-ion)

Figure IV.5 : caractéristique module PV.

Figure IV.6 : block de l'éolienne.

Figure IV.7 : tension et courant du réseau

Figure IV.8 : charge décharge de la batterie.

Figure IV.9: courant tension I diode I irradiance d'une PV module 60KW.

Figure IV.10: RES/charge batterie énergie.

Figure IV.11 : tension et courant total PV et batterie.

Figure IV.12 : puissance totale (active et réactive) de PV et batterie.

Figure IV.13 : tension courant d'éolienne.

Figure IV.14 : puissance totale (active et réactive) d'éolienne.

Figure IV.15 : charge et décharge de la batterie.

Figure IV.16 : courant tension I diode I irradiance d'une PV module 60KW.

Figure IV.17 : RES/charge batterie énergie.

Figure IV.18 : tension et courant total PV et batterie.

Figure IV.19 : puissance totale (active et réactive) de PV et batterie.

Figure IV.20 : tension courant d'éolienne.

Figure IV.21 : puissance totale (active et réactive) d'éolienne.

Les tableaux

Tableau II.1 : Comparaison entre le réseau électrique traditionnel et intelligent

Listes des acronymes et symboles

BT : Basse Tension

CSTP : concentrated solar thermal plants

CPL : courent porteur en ligne

DR : demande réponses

HT : Haute Tension

HTB : Haute Tension B

HTA : Haute Tension A

MT : Moyenne Tension

SG: smart grid

NTiC : technologies de l'information et de la communication

GRT : gestionnaires de réseaux de transport

GRD : gestionnaires de réseaux de distribution

RITE : Réseau intelligent de transport et de régulation de l'électricité en fonction de la Production et de besoins

VTG : vehicule to grid

SCADA : supervisory control and distribution automation

HVDC : high voltage direct curent

TIC : télé-information client

IEEE : institute of electrical and electronics engineers

VE : véhicule électrique

Wi-Fi : wireless fidelity

GPRS : general packet radio service

GSM : global system for mobile communication

HES : Systèmes d'Energie Hybride

Introduction générale

Tels qu'on les connait, les réseaux d'électricité sont restés a leur état d'origine et n'ont subi que peu de modifications, mais l'évolution croissante des besoins de l'humanité en matière d'énergie et de service ont conduit progressivement à envisager des améliorations dans la gestion et l'infrastructure des réseaux électrique. Le développement des réseaux électriques intelligents en est le support de ces améliorations.

Le développement des réseaux électriques est une nécessité pertinente et absolue pour les objectifs nationaux et internationaux en matière d'énergie. Le réseau intelligent (Smart Grid), constitue une réponse pleine de promesses en termes de gestion, comptage, intégration de l'énergie renouvelable dans le réseau électrique.

En claire, les réseaux d'électricité intelligent permettant à l'usager avec le système d'électricité et d'avoir des données en temps réel que ce soit en termes de consommation d'énergétique, de puissance ou de prix. Ils ouvrent également une nouvelle aire sur des technologies utilisant leur concept tels les véhicules électriques, qui nécessitent une infrastructure dédiée.

L'objectif de ce travail est de contribuer de façon modeste à l'amélioration de la gestion du flux d'énergie entre les éléments d'un réseau intelligent typique. De ce fait, nous allons modéliser, simuler un réseau qui intègre un nombre important de charge et de source d'énergie renouvelable, où le but est d'optimiser l'énergie échangé avec le réseau pour réduire le coût d'électricité.

Le mémoire est structuré sur quatre chapitres :

Dans le premier chapitre nous présentons des généralités sur les réseaux et l'architecture de ces réseaux et leurs catégories structures et l'évolution de cette dernière.
Dans le deuxième chapitre nous commençons par donner définition, principe enjeux objectives les caractéristique et différents types des réseaux électriques intelligents.
Dans le troisième chapitre nous avons donné définition de la gestion et leur objective dans les réseaux intelligente aussi système de stockage et leur caractéristiques et types.

Enfin, nous exposants dans le quatrième chapitre et le dernière, la modélisation du réseau intelligent avec l'intégration des énergies renouvelables (éolienne, photovoltaïque), ainsi que les résultats de simulation et discussion.

Le mémoire sera finalisé en donnant une conclusion sur le travail effectué ainsi que les perspectives futures.

Chapitre I

Réseaux électriques

Introduction

L'énergie électrique est produite en même temps qu'elle est consommée, donc en permanence la production doit s'adapter à la consommation. De ce fait ensemble production, acheminement, utilisation constitue un système complexe appelé réseau électrique.

Dans ce travail, l'élément fondamental est le réseau électrique, c'est pourquoi nous consacrons ce premier chapitre à introduire les différents aspects du réseau électrique ainsi que ces différents constituants, ainsi que les différents problèmes liés à la distribution et l'interconnexion de différentes sources.

Toutes ces informations seront d'une grande importance pour comprendre les réseaux électriques à multi-ressource ainsi que les réseaux électriques intelligents.

Production de l'énergie électrique

Une centrale (production d'énergie) électrique est un site industriel destiné à la production d'électricité. Les centrales électriques transforment différentes sources d'énergie naturelle en énergie électrique afin d'alimenter en électricité les consommateurs, particuliers ou industrielsrelativement lointains.

Il existe (5) cinq principaux types de centrales électriques [1] :

- les centrales à combustible fossile (charbon, pétrole et gaz naturel) dites centrales thermiques classiques
- les centrales nucléaires qui sont également des centrales que l'on peut qualifié de thermique
- les centrales hydroélectriques
- les centrales solaires ou photovoltaïques
- les centrales éoliennes.

Pour toutes ces centrales, sauf pour les centrales photovoltaïques qui produisent l'électricité directement de la lumière, les éléments indispensables à la production de courant électrique sont les suivants :

- une turbine en mouvement
- un alternateur, c'est-à-dire un aimant ou électro-aimant entraîné par la turbine et entouré d'une bobine qui produit le courant électrique.

Le principe de fonctionnement de chaque type de ces centrales électriques est présenté ci-

dessous :

Les centrales thermiques

L'énergie électrique dans ce type de centrale est produite à partir de la combustion d'un carburant où la chaleur dégagée par cette réaction est utilisée dans des turbines à vapeur qui sont couplées à des générateurs d'électricité ; on les trouve souvent prés de lamer, des rivières et des lacs, vu la grande quantité d'eau nécessaire pour leur refroidissement et la condensation de la vapeur sortante.

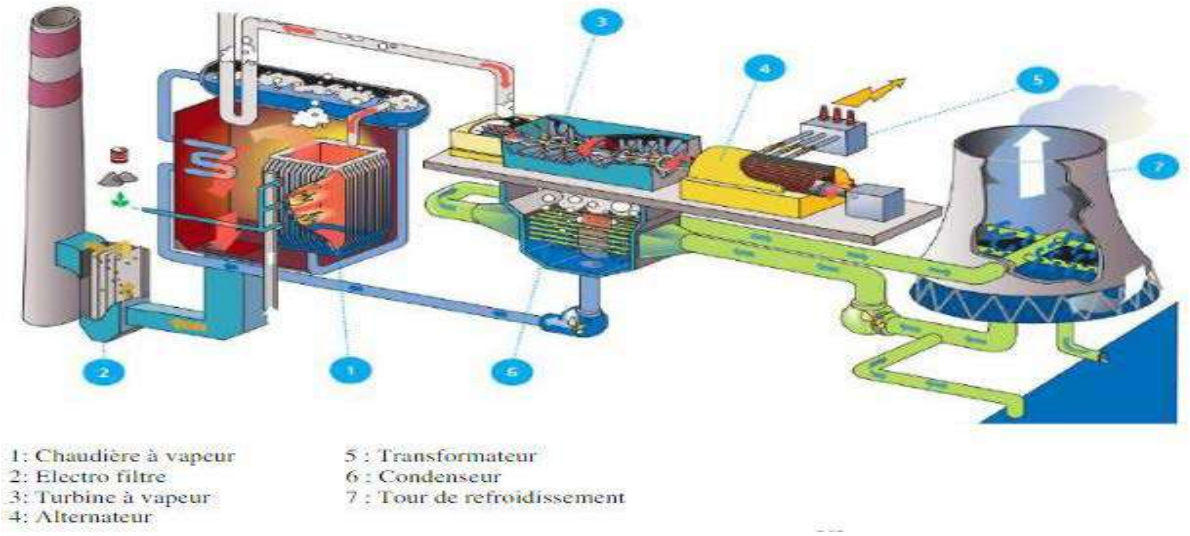


Figure I.1: schéma d'une centrale thermique [2]

Les centrales nucléaires

Ces centrales utilisent aussi le principe de la conversion thermodynamique, néanmoins leur chaudière est un réacteur nucléaire. L'énergie nucléaire obtenue par fission de l'uranium est la source de chaleur utilisée ; ces centrales produisent environ 15% de l'électricité mondiale.

Une centrale nucléaire est identique à une centrale thermique sauf que la chaudière brûlant le combustible est remplacée par un réacteur nucléaire.

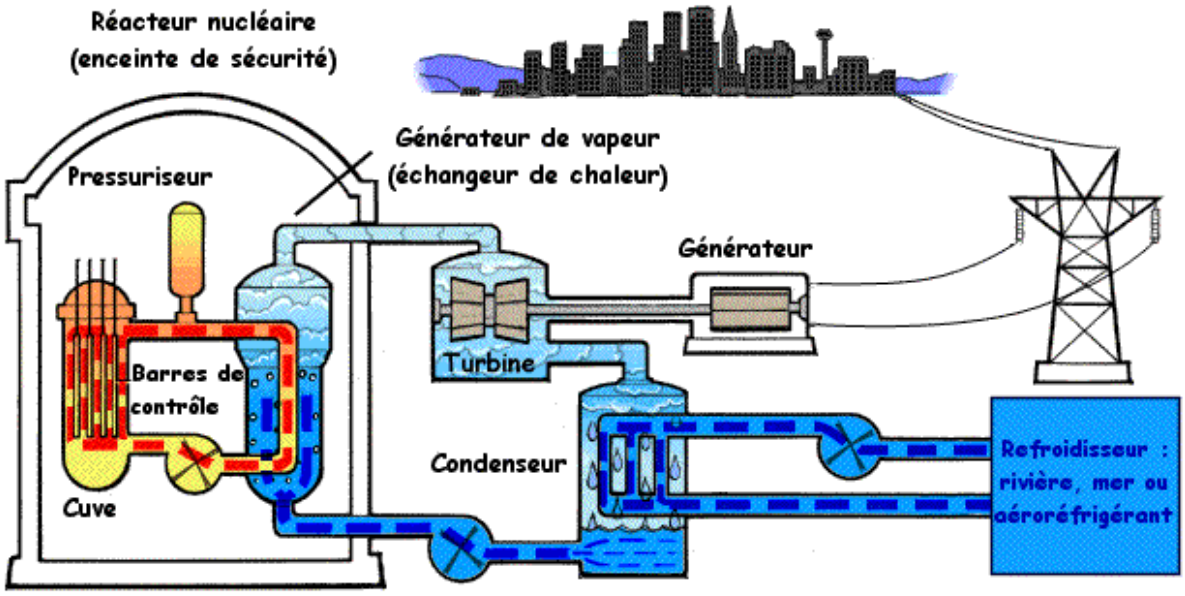


Figure I.2 : schéma d'une centrale nucléaire [2]

Les centrales hydroélectriques

Les centrales hydro-électriques utilisent le principe de la conversion de l'énergie de l'eau en mouvement en énergie électrique. L'énergie provenant de la chute d'une masse d'eau est tout d'abord transformée dans une turbine hydraulique en énergie mécanique.
Cette turbine entraîne un alternateur dans lequel l'énergie mécanique est transformée en énergie électrique ; la puissance que l'on peut tirer d'une chute dépend de la hauteur de la chute et du débit du cours d'eau, on distingue d'après la hauteur des chutes d'eau :

- Les usines de basses chutes $10 \leq h \leq 30$ m
- Les usines de moyennes chutes $30 \leq h \leq 120$m
- Les usines de hautes chutes $h \geq 120$m

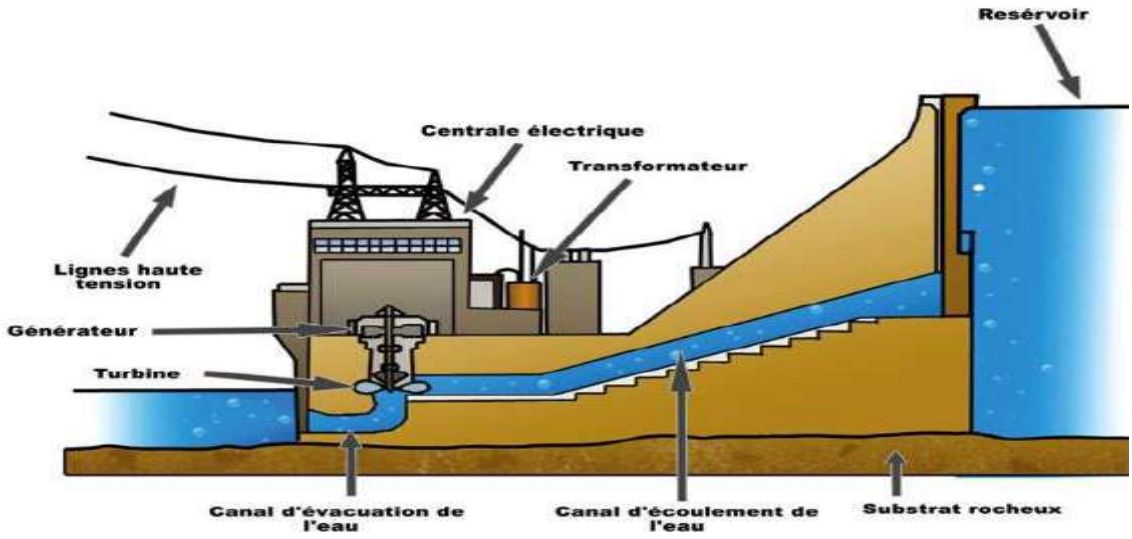


Figure I.3 : schéma d'une centrale hydroélectrique [2]

Les centrales solaires photovoltaïques

Cette centrale produit de l'électricité avec l'énergie solaire, elle utilise les rayonnements lumineux de soleil, qui sont directement transformer en un courant électriquepar des cellules à base de silicium ou autre matériaux ayant des propriétés de conversion lumières/électricité. Chaque cellule délivrant une faible tension, les cellules sont assembléesen panneaux.

Ce système bien que le rendement soit faible, est très simple à mettre en œuvre et particulièrement léger. Ce type est très utilisé pour alimenter des sites isolés en association avec un système de stockage.

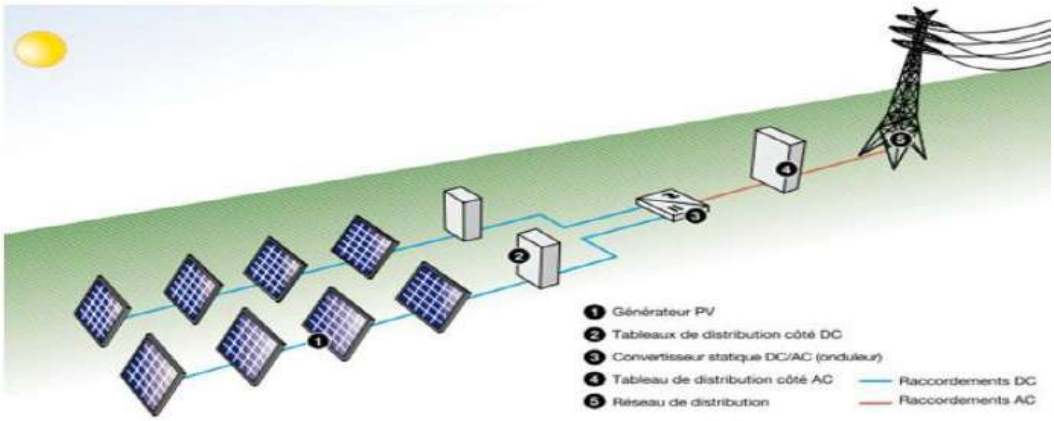


Figure I.4: Exemple d'une centrale photovoltaïque raccordée au réseau électrique

Les centrales éoliennes

L'énergie du vent est produite sous forme d'électricité par une turbine éolienne**.** Des éoliennes formées d'un mât surmonté d'un générateur électrique entraîné par une turbine comprenant des pales, sont positionnées idéalement sur les plans d'eau ou les collines ventées.

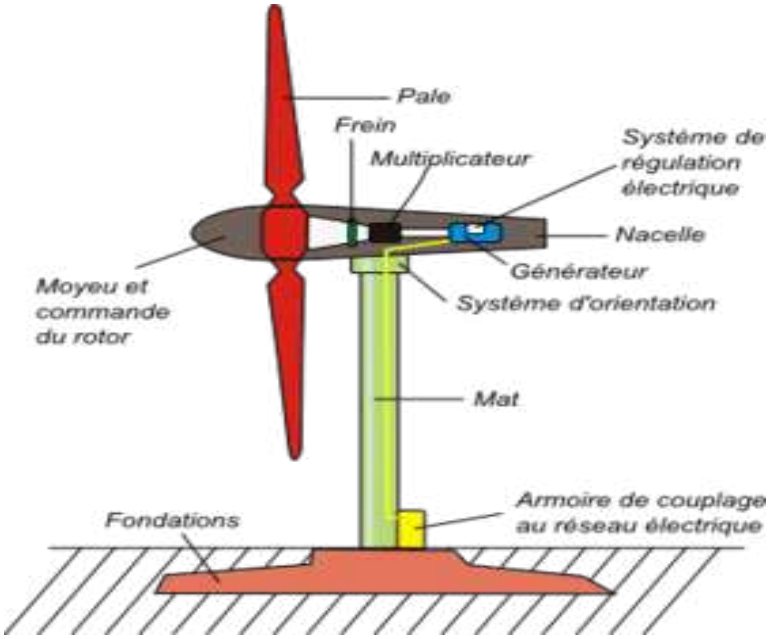


Figure I.5 : les différents éléments d'une éolienne **[2]**

Définition de réseau électrique

Un réseau électrique est un ensemble d'infrastructures permettant d'acheminer l'énergie électrique des centres de production vers les consommateurs en passant par des lignes électriques et des transformateurs. Il est défini par le type de courant électrique qu'il utilise, la valeur de tension etla fréquence. [3]

Architecture des réseaux électriques

La conception et l'utilisation de chaque architecture du réseau électrique permettent d'atteindre plus ou moins une grande disponibilité de l'énergie électrique. Le coût économique du réseau dépend naturellement de sa complexité. Le choix d'une architecture de réseau est donc un compromis entre des critères techniques et économiques.

En fonction de la densité et de la nature des unités de production, un réseau aura une architecture semblable à celle de la figure I.6.

Nous pouvons noter que les unités de production peuvent être raccordées aux différents

étages selon la puissance mise en jeu. Les transformateurs jouent un rôle très important pour passer d'un niveaude tension à un autre donc pour passer d'un type de réseau à un autre. [4]

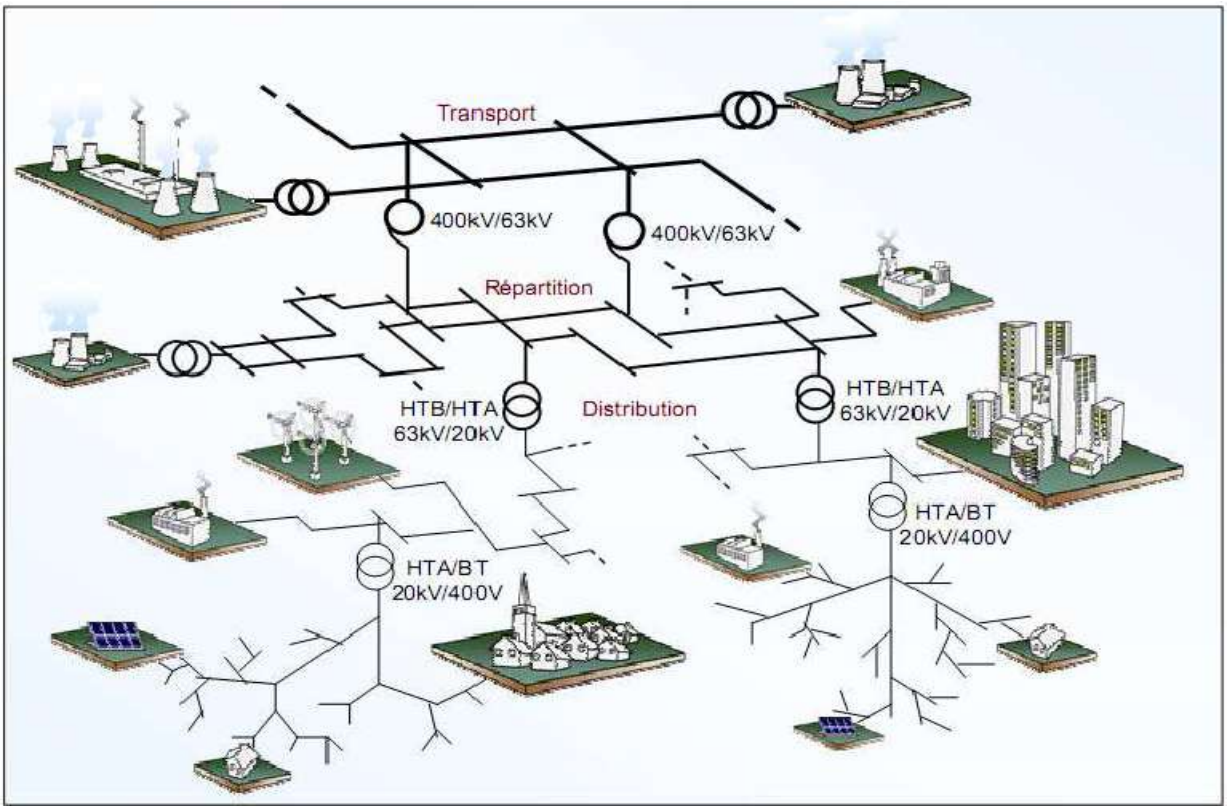


Figure I.6 : Architecture de réseau électrique avec diverses sources de production [4]

Organisation des réseaux électriques

Pour réaliser la liaison entre la production et la consommation, il est nécessaire d'établir des lignes aériennes et des canalisations souterraines. Les lignes sont raccordées àdes nœuds appelés postes. Ces postes particulièrement importants, comportant les transformateurs et les dispositifs de contrôle, de réglage et de protection.

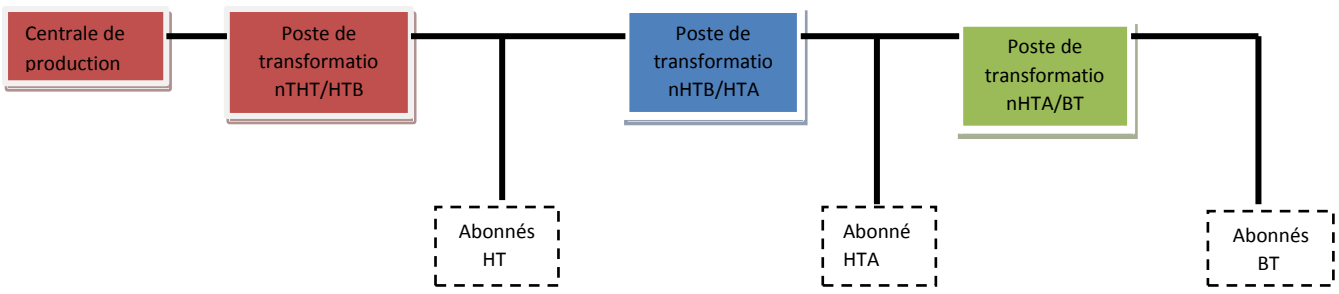


Figure I.7 : Schéma simplifié d'un réseau électrique

Catégories des réseaux électriques

Les compagnies d'électricité devisent leur réseau en trois grandes catégories :

Réseau de transport et d'interconnexion

C'est le réseau utilisé dans les centrales ainsi que les lignes et les postes de transformation issus de celle-ci. Il est capable de transporter l'énergie électrique sur de grandes distances.

Il assure :

- L'acheminement de l'électricité des centrales de production aux grandes zones de consommation ;
- L'interconnexion nationale qui gère les centres de production en orientant la production en fonction de l'évolution de la demande selon sa répartition géographiqueet temporelle
- L'interconnexion internationale permettant de gérer des flux d'énergie entre les pays en fonction de la demande de puissance et des pics de consommation de chaque pays ;

L'interconnexion du réseau présente principalement trois avantages :

a) La stabilité

Les réseaux interconnectés forment un ensemble qui est plus puissant que les réseaux individuels. Il s'ensuit que ces réseaux peuvent mieux supportés les perturbations qu'une centrale seule, d'où une plus grande stabilité. Par exemple, si la charge augmente subitement sur l'un des réseaux interconnectés, un transfert d'énergie s'effectue immédiatement de sort que la charge accrue puisse être supporté par plusieurs centrales ou lieu d'une seule.

a) La continuité de service

Si une des centrales interconnectées tombe en panne ou si on devait la débrancher pour des opérations d'entretien, les autre centrales prendraient immédiatement le relie pour assuré la continuité de service.

b) Economie

Lorsque les réseaux sont relier, ont peut répartir la charge entre différentes centrales afinde minimisé le coût de fonctionnement global : on peut arrêter une centrale et faire fonctionner les autre à leurs rendement maximum. L'inconvénient principal de

l'interconnexion devient de la nécessité d'une même fréquence pour toutes les centrales interconnectées et des relations très rigides qui relient les tensions de dispositifs. Ainsi,tout incident susceptible peut perturber l'ensemble.

Réseau de répartition

Les réseaux de répartition sont à haute tension, leurs but est d'assurer à l'échelle régionale la fourniture d'électricité. L'énergie y est injectée essentiellement par le réseau de transport via des transformateurs, mais aussi par des centrales électriques de moyennespuissances.

Les réseaux de répartition sont distribués de manière assez homogène sur le territoire d'une région et leur structure est essentiellement aérienne. Par contre, lorsqu'ils sont proches des villes, les lignes deviennent des câbles enterrés.

Le réseau de distribution

Les réseaux de distribution ont pour but d'alimenter l'ensemble des consommateurstout en réalisant le moins de pertes possibles. Il existe deux sous niveaux de tension:

a) Le réseau de distribution à moyenne tension (01KV à 50KV)

Ces réseaux sont alimentés par les postes HTA ou HTB et à leurs tour alimententHTA, BT. Ils peuvent être souterrains avec une structure à un seul ordre de ligne et exploités en boucle ouverte permettant ainsi la continuité de l'alimentation en cas d'incident ; ou bien aériens à structure arborescente et dont les départs des lignes sont protégés par des disjoncteurs.

Telle que :

- HTA : Moyenne Tension.
- HTB : Haute Tension.
- BT : Basse Tension.

b) Le réseau de distribution à basse tension (120V à 600V)

C'est le réseau qui alimente la clientèle en basse tension (220V à380V), il peut êtreaérien ou souterrain.

Contrairement aux réseaux de transport et de répartition, les réseaux de distribution présentent une grande diversité de solutions techniques à la fois selon les pays concernés,ainsi que selon la densité de population.

Les classifications des tensions du réseau électrique

On peut classifier la tension d'un réseau de [5] :

- basses tensions **(BT)** : tensions inférieures à 1000 V, elles sont utilisées pour les appareils domestiques et la plupart des appareils industriels ;
- moyennes tensions **(MT)** : tensions comprises entre 1 et 35 kV, elles sont utilisées pour le transport d'énergie à moyenne distance et les réseaux industriels ;
- hautes tensions **(HT)** : tensions de 35 à 275 kV, elles sont utilisées pour le transport d'énergie à longue distance et au transit élevé ;
- très hautes tensions **(THT)** : tensions égales ou supérieures à 300 kV. Elles ont étérendues nécessaires par l'accroissement des puissances à transporter.

Principes structurant un réseau électriques

Il existe deux principes qui gèrent la structure de base d'un réseau électrique :

- La nécessité d'équilibrer à tout instant l'offre et la demande, car l'électricité est très difficile à stocker, il est donc nécessaire d'assurer à tout moment que la production (électricité injectée sur le réseau par les producteurs) est égale à la consommation (électricité exploitée par les consommateurs). Si l'écart entre la production et la consommation augmente, le réseau électrique résistera à des chutes de tension importantes qui peuvent conduire au blackout.
- La gestion de la pointe électrique, du fait que la consommation de l'électricité est variable. Cette variabilité est sensible à l'échelle d'une année, avec des consommations plus au moins fortes selon les saisons, dans certains pays cela arrive pendant l'hiver, dans d'autres plus chaudes, largement équipés en climatisation, la pointe saisonnière à lieu en été

La bonne application de ces deux principes exige d'une part une bonne prévision de la charge à alimenter, d'autre part la sollicitation d'autres ressources comme l'exploitation des filières de gaz, sources renouvelables et stations hydrauliques [6].

Les structures d'un réseau

L'ensemble des constituants d'un réseau électrique peut être agencé selon différentes structures, dont la complexité détermine la disponibilité de l'énergie électrique et le coût de l'investissement.

Le choix de l'architecture sera donc fait pour chaque application sur le critère de l'optimum technico-économique

- Réseau maillé

Utilisé généralement pour le transport, un réseau maillé est un réseau où des liaisonsqui forment des boucles, réalisant une structure en mailles d'un filet. La figure (I.8) montre l'exemple d'un réseau maillé.

a) Avantages

Le réseau maillé est caractérisé par :

- Une grande sécurité d'exploitation ;
- Une chute de tension réduite.

b) Inconvénients

- Le coût de réalisation est énorme ;
- Nécessité des protections sophistiquées.

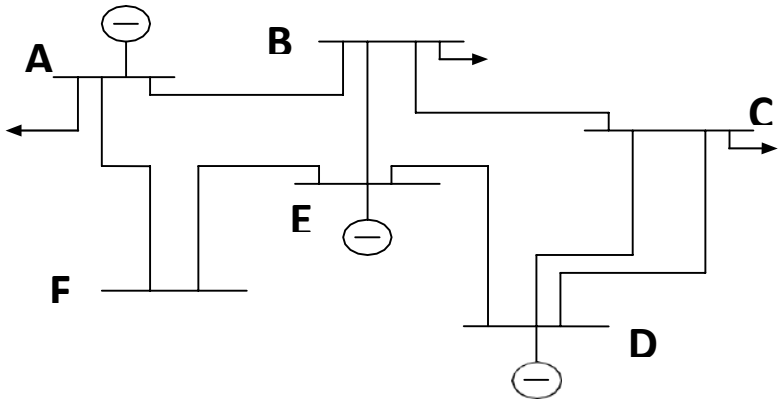


Figure I.8 : Réseau maillé.

- Réseau bouclé

Ce sont des réseaux maillés simplifiés, présentant un certains nombres de boucles fermés, chacune de ces boucles contient un nombre limité de sources. L'énergie peut transiter alors par des chemins différents, et la mise hors tension accidentelle d'un tronçonn'entraine pas des surcharges inadmissibles pour les autres tronçons. Les réseaux bouclés sont généralement utilisés pour les réseaux de répartition. La figure (I. 9) montre un exemple d'un réseau bouclé.

Avantages

- Grande continuité de service ;
- Un bon rendement ;
- Faible chute de tension.

Inconvénients

- Forts courants de court-circuit ;
- Plus onéreux et plus difficile à exploiter que le précédent.

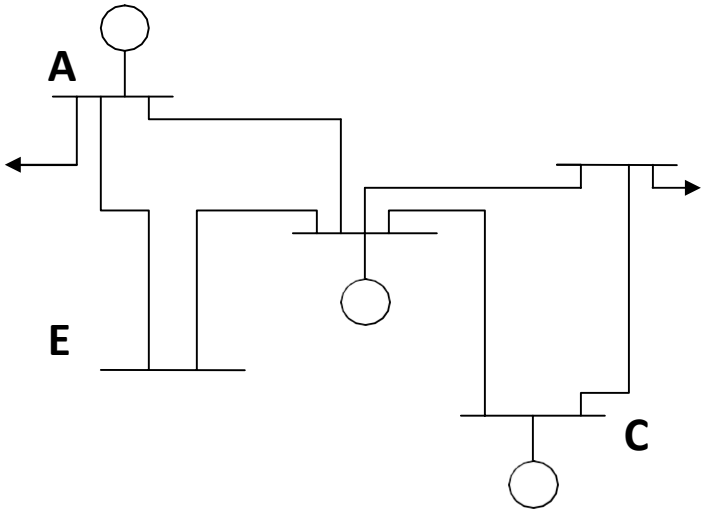


Figure I.9 : Réseau bouclé.

- Réseau radial

Les réseaux radiaux sont exploités débouclés. La sécurité d'alimentation, bien qu'inférieure à celle de la structure maillés, reste élevée.

On rencontre deux structures principales :

- En coupure d'artère : typique des réseaux souterrains. Ces réseaux sont conçus pour un éventuel fonctionnement en boucle ;
- Structure arborescente ; typique des réseaux ruraux aériens. Ces réseaux comportent des points de bouclage pour assurer un secours par la moyenne tension.

La figure « I. 10 » et la figure « I.11 » montrent un exemple d'un réseau radial.

Avantages

- Facile à étudier et à construire ;
- Pour effectué des travaux, il suffit d'ouvrir l'appareil (sectionneur, interrupteur ...)placé au début du réseau.

Inconvénients

- Des grandes chutes de tension pour les longueurs dépassant 500m ;
- La mise hors tension des consommateurs en cas d'une panne en tête de ligne.



Figure I.10 : Structure en coupure d'artère.

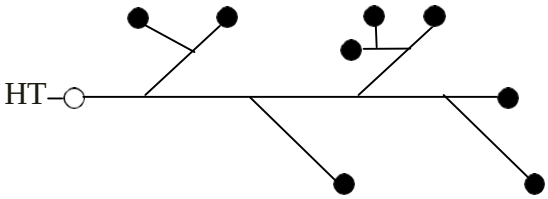


Figure I.11 : Réseau radial.

Problématique du fonctionnement des réseaux électriques

Les réseaux de transport et d'interconnexion (THT) assurent la liaison entre les centres de production et les grandes zones de consommation. Ils permettent d'acheminer, là où elle est consommée. Par ailleurs, le maillage du réseau contribue à la sécurité d'alimentation et permet de faire face, dans des conditions économiques satisfaisantes, aux aléas locaux ou conjoncturels qui peuvent affecter l'exploitation (indisponibilité d'ouvrage, aléas de consommation, incidents...). Les réseaux THT contribuent donc de façon déterminante au maintien de l'équilibre entre la demande et l'offre, ainsi qu'à la sécurité d'alimentation et à l'économie de l'exploitation [7].

Par ailleurs, la qualité du service est également un souci majeur de l'exploitant. Sur le plan pratique, cette qualité nécessite de maintenir les caractéristiques du produit (tension, fréquence) dans les limites très précises du cahier des charges.

Les réseaux THT jouent aussi un rôle très important pour respecter ces contraintes car :

- ✓ Références de tension qui vont conditionner l'ensemble du plan de tension dans le réseau sont fixées, par les groupes de production raccordés aux réseaux THT.
- ✓ La fréquence est, de même, fixée par les groupes de production qui doivent rester synchrones en régime permanent.
- ✓ La sécurité d'alimentation des grands centres de consommation dépend très fortementde

la structure des réseaux de transport.

Sachant que, compte tenu de l'inertie mécanique relativement faible de certains composants des systèmes électriques (groupes de production et moteurs) et de la grande vitesse de propagation des phénomènes, les réseaux THT créent un couplage dynamique très fort entre les moyens de production, d'une part, et les charges (consommation), d'autre part. Au-delà de l'examen du problème de la répartition économique et en sécurité de la puissance, l'étude du fonctionnement de ces vastes systèmes interconnectés et fortement couplés est donc absolument nécessaire. Elle portera sur leur réglage et leur stabilité [8].

Evolution des réseaux électriques

Les réseaux électriques ont connu une immense évolution pendant les dernières années, de point de vue production de l'énergie, infrastructure, technologie d'information et de communication ainsi que protection et sécurité. La topologie du réseau a connu aussi de grand changement, dès l'introduction de nouvelles formes de génération, transport, et de distribution [9].

Structure classique d'un réseau électrique

La figure I.12 montre une représentation verticale (sens unique) des réseaux électriques classiques où le transfert de la puissance électrique générée prend un seul sens durant toute la chaine (production, transport et distribution).

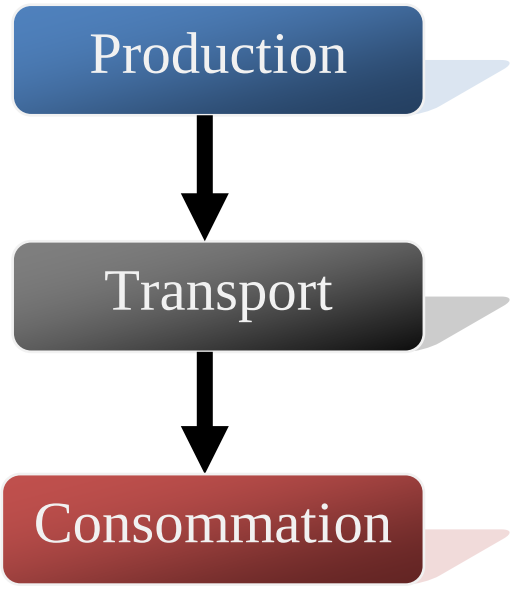


Figure I.12 : Représentation verticale (sens unique) des réseaux électriques classique.

Structure moderne ou Intelligent d'un réseau électrique

La figure I.13 présente quelques changements significatifs dans la structure actuelle du réseau électrique par rapport à celle classique. Les réseaux électriques actuels ou réseaux intelligents permettent le transfert de l'énergie dans les deux sens, afin de donner l'occasion d'intégration à d'autres sources parmi lesquelles les sources d'énergies de type renouvelable.

Aussi les réseaux intelligents permettent l'insertion des nouvelles formes disponibles dans la vie quotidienne comme les véhicules électriques [10], [11].

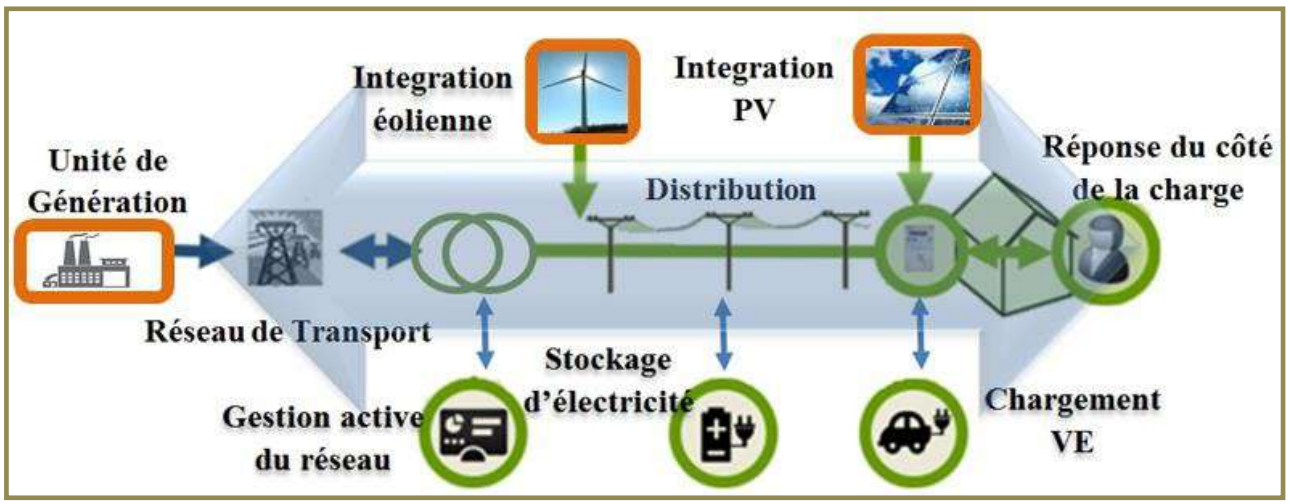


Figure I.13 : Représentation horizontale (bidirectionnelle) des réseaux électriques actuels.

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons donné un aperçu sur le fonctionnement des réseaux d'énergie électrique en commençant par définition des réseaux, leurs classifications et leurs architectures, ainsi que l'acheminement de puissance à travers ces réseaux. On a vu brièvement.

Chapitre II

Réseaux électriques intelligents

Introduction

Les réseaux électriques actuels sont inéluctablement destinés à connaître une profonde mutation dans les prochaines années. En effet, dans un contexte de développement d'énergies renouvelables intermittentes et probablement diffuses, de développement de nouveaux usages électriques et de nécessité d'optimiser l'efficacité des réseaux, il faudra continuer à assurer le meilleur équilibre possible entre la production et la consommation. La solution à ces difficultés est l'utilisation des nouvelles infrastructures dite Smart Grid (réseau électrique intelligent).

Dans ce chapitre, nous allons présenter les différents types des réseaux électriques intelligents, ainsi les différentes caractéristiques. Aussi nous allons donner l'objectif de smart grid.

Définition du réseau intelligent

Un réseau électrique intelligent est un réseau électrique capable d'intégrer au meilleurs coût les comportements et les actions de tous les utilisateurs qui y sont reliés : producteurs, consommateurs ainsi que ceux qui sont les deux à la fois , l'objectif est d'assurer au système électrique d'être durable et rentable, avec des pertes faibles et avec des niveaux élevés de sécurité, de fiabilité et de qualité de fourniture » .

Le réseau électrique intelligent intègre et interconnecte à cette fin des technologies (produits et services) et outils innovants sur l'ensemble de sa chaine énergétique, depuis la production d'énergie jusqu'aux équipements du consommateur. Cette intégration est réalisée grâce à l'utilisation de capteurs et d'équipements numériques de protection, de mesure et de communication en interface avec les centres de contrôle et de pilotage.

Le réseau électrique intelligent offre à tous les consommateurs la possibilité d'obtenir des informations précises sur leurs usages électriques. Cela permet au consommateur de mieux connaître et piloter son propre consommation, son éventuelle autoproduction et d'améliorerson efficacité énergétique en liaison avec le réseau et ses opérateurs.[12]

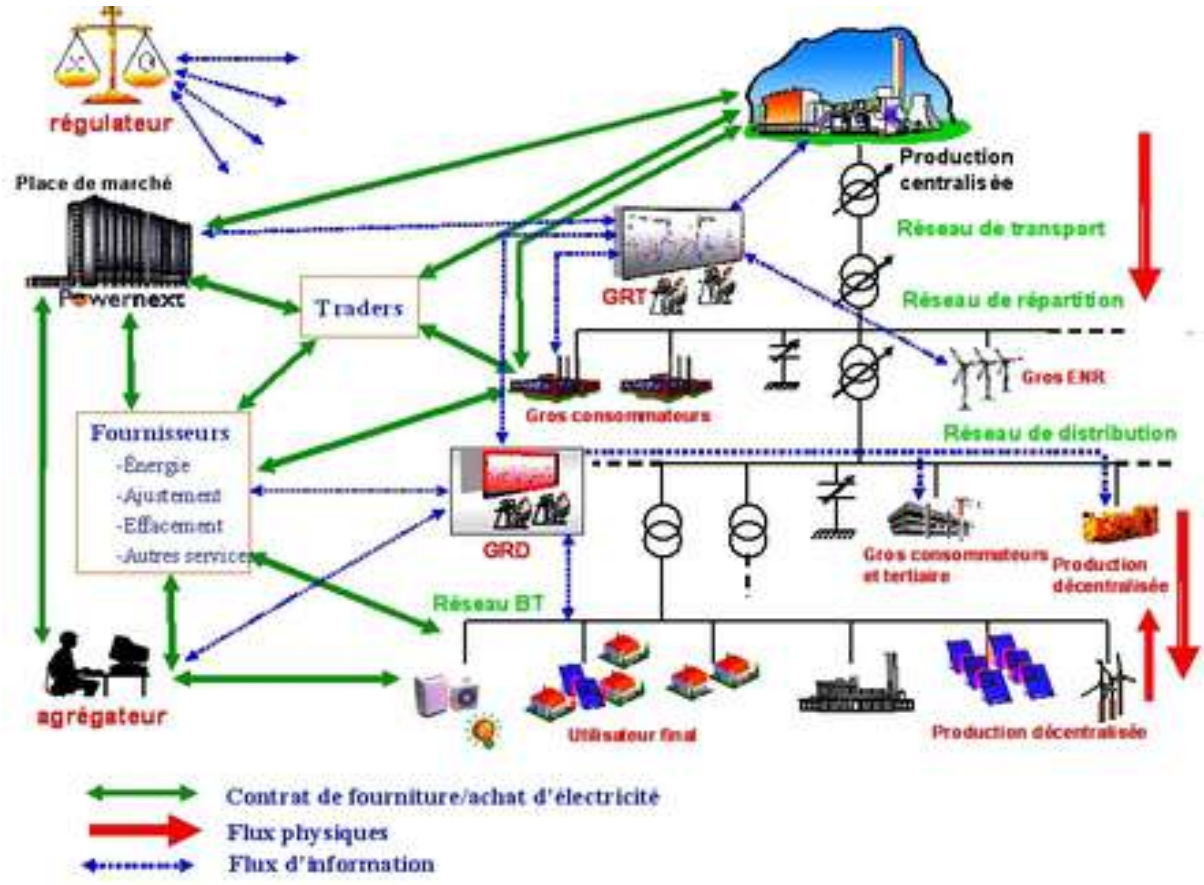


Figure II.1 : Exemple de réseaux électriques intelligents

Principe de réseau intelligent

De manière général, le principe du réseau intelligent s'agit d'intégrer les nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTiC) dans les réseaux électriques ,par des capteurs relies au système informatique , ce qui offre deux caractéristiques principales :

- ✓ des fonctions de communication et d'interactivité
- ✓ l'échange de données entre les différents acteurs du système électrique pour connaitre, contrôler, gérer le réseau et prendre en compte les actions de tous les acteurs du système électrique

Ceci afin d'améliorer la qualité et la gestion des flux d'électricité, dans un contexte d'augmentation constante de la consommation électrique au niveau mondial (due à la forte consommation de produits électriques électroniques, ainsi qu'à l'arrivée de nouveaux modes de consommation et aux nouveaux projets dans ce domaine telle la voiture électrique) et de

modifications sérieuses du secteur de l'électricité (par une décentralisation de la production d'électricité notamment).

Les réseaux intelligents prennent en considération l'objectif d'efficacité énergétique ,de la réduction de pollution (réduction des émissions de gaz à effet de serre), ainsi que l'ouverture à de nouvelles sources d'énergies renouvelables .le véritable but étant évidemment d'assurer l'équilibre entre l'offre et la demande d'électricité à tout instant (sous peine se subir le « blackout ») ce qui nécessite la réduction de la pointe de consommation du soir ,et aussi une meilleure répartition de cette consommation tout au long de la journée ,mais également de fournir un approvisionnement sur ,durable et compétitif aux consommateurs.

Enjeux

Le développement des réseaux électriques intelligents représente un certain nombre d'enjeux :

Un Enjeux Industriel : Avec l'adaptation des matériaux et technique actuels nécessaire à cette nouvelle intelligence. En accédant à ce réseau innovant ; il est primordial d'assurer la fonctionnalitéde tous les éléments qui y ont un rôle ; et donc développement modifications ; améliorationset arrangement sont nécessaire en vue d'un usage conforme [13].

Un Enjeu social : Ceci par l'implication des consommateurs dans la gestion de leur consommation grâce aux (compteurs intelligents). L'usager interagit donc avec le réseau intelligent : une nouvelle notion prend alors tout son sens : celle de consommateur.

Un Enjeu économique : Par la coopération nouvelle entre les grands acteurs économique de ce secteur de l'électricité modernisé. Et par le rôle de l'état dans le développement des réseaux électriques intelligents en tant que service public.

Un Enjeu environnementale : Par l'intégration de nouvelles formes d'énergies renouvelables et surtouts décentralisés : également par la réduction au maximum des impacts sur le changement climatique et les perturbations qui touchent l'environnement.

Comparaison entre les réseaux électriques anciens et actuels

Les principales différences entre un réseau électrique intelligent et un réseau électrique classique sont présentées dans le tableau II.1.

Tableau II.1 Comparaison entre le réseau électrique traditionnel et intelligent [14]

Réseau traditionnel	Smart Grid
Electromécanique, état solide	Digitale/Microprocesseur
Une seule direction et communication localisée.	Bidirectionnel, réseau de communication étendue.
Génération centralisée.	Adopte une génération distribuée et mixte (décentralisée).
Protection, surveillance et contrôle limités.	WAMPAC, protection adaptative plus fiable.
Surveillance manuelle et localisée.	Surveillance autonome, et à distance (utilisationdu système SCADA
Restauration manuelle lente.	Automatique, et Self-Healing
Vérification manuelle des équipements.	Surveillance des équipements à distance.
Systèmes de contrôle des défauts limités(quelques détecteurs).	Pénétration des systèmes de contrôle de défauts(détections à grande échelle du réseau électrique)
Fiabilité estimée.	Fiabilité prédictive du réseau, plus efficacement améliorée
Besoin en réserve très limité	Permet la réponse de la charge (DR), et la Gestiondu cote charge DSM.

Types de réseaux intelligents :

On peut distinguer trois catégories de démarches "réseaux intelligent"

Au Niveau des gestionnaires de réseaux de transport (GRT) :

Il s'agit d'améliorer le télé-contrôle, la surveillance (Security analysais, etc.) et la planification (prévision des contingences, etc.). Il s'agit de poursuive une évolution entamée de longue date en utilisant les progrès technologiques pour faire face aux nouveaux besoins de transport, notamment suite à l'apport en réseaux de la production décentralisée de puissance réduite et moins « gérable » par le responsable d'équilibre et de sécurité réseaux.

Au Niveau des gestionnaires de réseaux de distribution (GRD) :

Le développement de la production décentralisée impose aux gestionnaires de réseaux de distribution de mettre en place des technologies qui étaient aujourd'hui essentiellement utilisées dans le réseau de transport télé-contrôle, protections bidirectionnelles, gestion d'équilibre. Il s'agit d'accélérer l'installation de technologies disponibles de longue date. Cette évolution est facilitée par la baisse du cout de ces technologies.

Au Niveau local :

Le changement le plus important pourra voir le jour l'apport de l'électronique de l'informatique et des télécommunications ouvre de nouveaux horizons à la gestion de la consommation et de la production local ce domaine spécifique s'appelle « smart home » ou plus généralement « smart consumer »

Objectifs :

Un certain consensus se forme sur ce que constitue le réseau intelligent. Même s'il n'y a pas d'approche industrielle unique et universelle, plusieurs grands constats peuvent être faits :

- Les programmes de réseau intelligent des grandes entreprises d'électricité se basent sur les mêmes éléments communs, malgré des priorités d'implantation différentes.
- La réalisation des bénéfices du réseau intelligent est plus qu'un changement technologique et passe avant tout par une plus grande intégration à tous les niveaux : systèmes opérationnels, systèmes d'entreprises, fonctions d'affaires, entre les entreprises ou divisions, et avec les clients.
- Le déploiement du smart Grid n'est pas statique. Les systèmes se déploieront peu-à-peu, le réseau devenant de plus en plus instrumente et interactif, en parallèle avec une maturité grandissante des technologies. De plus, l'environnement et les objectifs d'affaires de chaque entreprise continueront à évoluer au fil du temps, et les

fonctionnalités du smart grid y répondront en évoluant eux aussi.

- Le smart grid : une voie hors du tout nucléaire :

Cette voie est le smart grid. Notre approche face aux modèles énergétiques du futur est essentiellement analytique, linéaire et séquentielle. On envisage des filières opposées les unes aux autres. Le nucléaire contre le solaire, ou l'éolien contre la biomasse. Ce qui conduit à des raisonnements et calculs unilatéraux ou monodimensionnels.

Face aux enjeux énergétiques de l'avenir, nous avons donc besoin d'une approche globale, d'une approche systémique prenant en compte l'interdépendance des différentes sources d'énergies renouvelables et en les combinant entre elles. C'est ce que l'on appelle « mix énergétique » (Energy Mix). Ou encore une approche par « matrice multimodale » des combinaisons d'énergies renouvelables entre elles.

Le mot-clé de la production d'énergie électrique est ce que l'on appelle en anglais, le baseload. Cette production de l'électricité de base permet l'utilisation électrique continue, en tout lieu, à tout moment ; les énergies renouvelables sont intégrées à cette notion.

Quatre auteur facteurs essentiels doivent être intégrés : les économies d'énergie, l'efficacité énergétique des moteurs et le stockage massif de l'énergie électrique, éolienne, ou solaire, ce qui devient aujourd'hui possible. Mais le quatrième facteur du succès d'une politique énergétique pour le futur est ce que l'on appelle RITE, réseau intelligent de transport et de régulation de l'électricité en fonction de la production et des besoins.

Le smart grid est le catalyseur essentiel de la combinaison des énergies renouvelables entre elles. C'est le smart grid qui va permettre une responsabilisation des citoyens vis-à-vis de leurs dépenses énergétiques.

En effet, non seulement ce réseau intelligent transporte l'électricité d'une point à un autre, mais il s'appuie, chez les particuliers et dans les entreprises, sur des compteurs intelligents qui signalent les heures les plus favorables à telle consommation, arrêtent certains appareils, comme les climatiseurs lorsqu'ils fonctionnent en période de pics d'utilisation, et informent les usagers, par transfert sur leur Smartphone, du statu énergétique de leur domicile ou de leur bureau. Ils peuvent ainsi, en temps réel, interagir pour diminuer tel fonctionnement électrique ou au contraire, à distance, allumer tel autre. De plus le réseau intelligent autorise tout type de production électrique venant de sources non conventionnelles et susceptibles de

perturber la grille classique de transport d'électricité, notamment en provenance des fermes éoliennes et solaires photovoltaïques.

Le RITE est également connecte à des centres de stockage de l'énergie. Ce secteur progresse rapidement dans le monde. Par exemple le stockage massif de l'électricité est possible dans des silos comportant des systèmes de batteries dont la durée, certes n'excède pas 6 heures, mais dont la capacité permet de restituer des dizaines de mégawatts à la demande. L'énergie éolienne peut être stockée en sous-sol dans des poches d'air (des aquifères) au-dessus de mappes phréatiques. Cette technique s'appelle CAES. Cet air comprime peut-être ensuite injecte dans des bruleurs de gaz naturel ou de biogaz ce qui permet d'accroitre considérablement leur rendement pour produire de la vapeur et donc de l'électricité. Les tours solaires entourées de réflecteurs produisent de la vapeur à haute température pour faire tourner des turbines (CSTP). L'utilisation de sels fondus permet de conserver la chaleur de 13 à 14 heures ; ce qui permet un fonctionnement en continu.

- Avec le réseau intelligent de transport et de régulation de l'énergie électrique, on passe de la notion de centrale à celle de de-centrale. Cette notion permet, selon les conditions locales, les capacités de stockage, en fonction de l'utilisation le jour, la nuit, en période de pic de demande, de s'adapter en continu aux usages. Lorsque la voiture électrique se développera, ainsi que les voitures à hydrogène munies de piles à combustible, la notion de VTG, ou automobile vers la grille, permettra aux particuliers de revendre de l'électricité au réseau local en branchant leur voiture lorsqu'elle n'est pas en utilisation.

- Réduire les risques causes pas les centrales nucléaires (on a l'exemple de Fukushima).

- Faire de grandes économies : effectivement, la mise au point d'un réseau intelligent et le déploiement des compteurs nécessaires coutent bien moins que la construction de centrales nucléaires, les frais de maintien et de rechange des réacteurs.

- Une approche fondée sur des de-centrales, non seulement peut conduire à des économies importantes d'énergie, à des rejets moins polluants, à une sécurité accrue, mais aussi à des créations massives d'emplois. Et surtout à la responsabilisation des citoyens vis-à-vis de leur avenir énergétique.

- C'est une question politique fondamentale pour l'avenir que soient faits des

maintenant les investissements nécessaires pour le développement du RITE. Des micro-réseaux locaux, réunissant notamment des petits producteurs indépendants d'électricité et se connectant progressivement avec le réseau intelligent à l'échelle nationale, conduisant à une approche démocratique de la gestion de l'énergie.

- La révolution de « l'auto-mobilité », a permis à chacun de partir quand et ou il le souhaite, grâce à son automobile. La révolution de «l'info-mobilité » permet à chacun d'utiliser et de produire de l'information grâce à son Smartphone. [15]

Les caractéristiques du réseau électrique intelligent :

Fiabilité :

Le réseau intelligent fera usage de technologies qui améliorent la détection des erreurs et permettent l'auto-guérison du réseau sans l'intervention de techniciens. Cela permettra d'assurer un approvisionnement plus faible en électricité, et de réduire la vulnérabilité aux catastrophes naturelles ou des attentats [16].

La flexibilité dans la topologie du réseau :

La nouvelle génération de transmission et de distribution sera mieux en mesure de gérer les flux d'énergie possibles bidirectionnels, permettant la génération distribuée comme des panneaux photovoltaïques sur le toit des bâtiments. Mais aussi l'utilisation de piles à combustible. La charge ces / vers les batteries des voitures électriques. L'érosion, l'énergie hydroélectrique pompée et d'autres sources.

L'efficacité :

De nombreuse contributions a l'amélioration globale de l'efficacité de l'infrastructure énergétique sont prévues a partir du déploiement de la technologie smart grid, y compris la gestion de la demande

Réglage de la charge :

La charge totale connectée au réseau électrique peut varie considérablement au fil du temps. Imaginez l'augmentation de la charge. Si une émission de télévision populaire commence et des millions de téléviseurs fonctionnant instantanément traditionnellement pour répondre à une augmentation rapide de la consommation d'énergie plus vite que le Temps de démarrage d'un générateur, certains générateur de secours sont mise sur un mode vièle dissipatif un réseau intelligent peut avertir tout les téléviseurs individuelle ,on un autre plus

grande de clients, de réduire la charge temporairement (pour permettre à un générateur d'avoir plus de temps pour démarrer) ou en continu (dans le cas de ressources limitées).

La durabilité :

La flexibilité accrue du réseau intelligent permet une plus grande pénétration de trèsvariables sources d'énergies renouvelables telles que l'énergie solaire et l'énergie éolienne même si certains aliments et sont autorisés au niveau local (la distribution), l'infrastructure du niveau de transport ne peut pas l'accueillir. Les fluctuations rapides de la production distribuée, comme dues à un temps nuageux ou en rafales.

Compression de pointe /de mise à niveau et l'heure de la tarification :

Pour réduire la demande pendant les périodes de haute consommation, des communications et de technologies de mesure, pour informé les dispositifs intelligents dans les maisons et les entreprises lorsque la demande d'énergie est élevée et pour suivre la quantité d'électricité son utilisé. Elles donnent également aux entreprises de service publique la possibilité de réduire la consommation en communiquant avec des dispositifs directement, afin d'éviter les surcharges du système.

Réponse à la demande de soutien :

La réponse a la demande de soutien permet aux producteurs et aux charges d'interagir de manière automatisée en temps réel et de la coordination de la demande pour aplatir les pointes. L'élimination de la fraction de la demande qui se produit dans ces pics élimine le cout de l'ajout des générateur de réserve, les réductions de l'usure, prolonge la vie de l'équipement etpermet aux utilisateurs de réduire leurs factures d'énergie, en commandant les appareils de faible priorités d'utiliser de l'énergie uniquement lorsque c'est le moins cher.

Plateforme de service avancé :

Comme avec d'autres industries, l'utilisation de solides communication Bidirectionnelles, capteurs avancées et la technologie de calcule distribué visera à améliorer l'efficacités, la fiabilité et la sécurité de la livraison de puissance et de l'utilisation .on ouvre également la possibilité de services entièrement nouveaux ou l'amélioration sur ceux qui existe déjà ,tels que la surveillance du incendies et d'alarmes qui peuvent couper l'alimentation électrique, faire des appels téléphoniques aux services d'urgence ,etc.[17].

Exemple de réseaux intelligent

➢ Smart home :

Pour définir une maison intelligente, Ken Saka mura énonce les critères d'exclusion suivants : « Une maison sera disqualifiée au regard du classement dans la catégorie des maisons intelligentes si :

✓ L'information ne peut pas circuler librement de l'intérieur de la maison vers lemonde extérieur, et vice-versa (on parle aussi de maison communicante);

✓ Si la maison fonctionne avec des ordinateurs intégrés qui ne peuvent pas se parlerentre eux ;

✓ Si sa dogmatisation consiste en un « patchwork » de « gadgets » ;

✓ Si elle est équipée avec des fonctions sophistiquées difficiles à utiliser.

Par des robots mobiles, il est possible de voir à distance ce qui s'y passe, via des applications et interfaces moins rudimentaires que par le passé



Figure II.2 : Exemple sur Smart Home

➢ Smart city

L'expression « **ville intelligente** », traduction de l'anglais Smart City, désigne une ville utilisant les technologies de l'information et de la communication (TIC) pour « améliorer » la

qualité des services urbains ou encore réduire ses coûts. Ce concept émergent désigne un type de développement urbain apte à répondre à l'évolution ou l'émergence des besoins des institutions, des entreprises et des citoyens, tant sur le plan économique, social, qu'environnemental.

Une ville peut être qualifiée d'intelligente quand les investissements en capitaux humains, sociaux, en infrastructures d'énergie (électricité, gaz), de flux (humains, matériels, d'information) alimentent un développement économique durable ainsi qu'une qualité de vie élevée, avec une gestion avisée des ressources naturelles, au moyen d'une gouvernance participative et d'une utilisation efficiente et intégrée des TIC. Une ville intelligente serait capable de mettre en œuvre une gestion des infrastructures (d'eau, d'énergies, d'information et de télécommunications, de transports, de services d'urgence, d'équipements publics, de bâtiments, de gestion et tri des déchets, etc.) communicantes, adaptables, durables et plus efficaces, automatisées pour améliorer la qualité de vie des citoyens, dans le respect de l'environnement.



Figure II.3 : Exemple sur Smart City

➢ Microgrid

Le taux de pénétration de la production décentralisée a travers le monde n n'a pas encore atteint des niveaux significatifs. Mais cette situation évolue rapidement au cours des dernièresannées. La production décentralisée englobe un large éventail de technologies telles

que : les moteurs à combustion interne, les turbines a gaz, le micro turbines, les panneaux photovoltaïques, les piles a combustible ou encore l'énergie éolienne.

Malheureusement, l'utilisation de générateurs distribues peut amener autant de problèmes qu'elle peut en résoudre. La production distribuée est d'adopter une approche permettant le contrôle local des générateurs, mais aussi des consommateurs dans un sous-réseau. Ces sous-réseaux peuvent être dénommesmicrogrid.

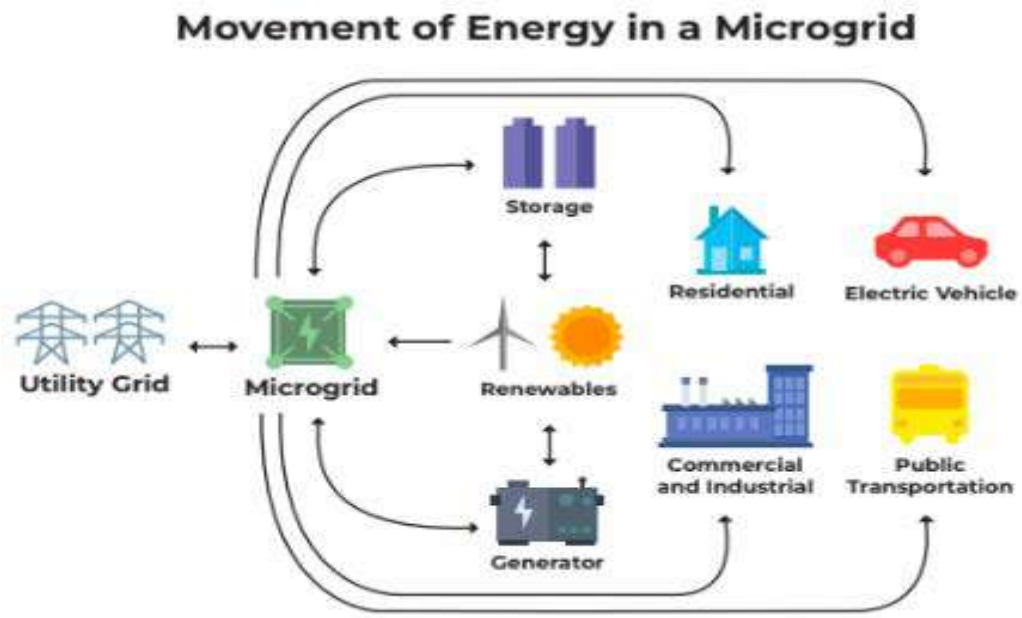


Figure II.4 : Mouvement d'énergie dans un micro-réseau

Avantage des réseaux intelligents

Selon NIST, les avantages du réseau intelligent sont:

- Amélioration de la fiabilité et de la qualité de la puissance
- Optimisation de l'utilisation des installations et éviter la construction de nouvelles centrales de secours (charge de pointe)
- Amélioration de la capacité et de l'efficacité des réseaux électriques existants
- Améliorer la résistance aux perturbations
- Permettre la maintenance prédictive et les réponses auto-rétablissement aux perturbations du système

- Faciliter le déploiement élargi des sources d'énergie renouvelables
- Adaptation aux sources de production réparties
- Automatisation de la maintenance et de l'exploitation
- Réduire les émissions de gaz à effet de serre en permettant aux véhicules électriques et aux nouvelles sources d'énergie
- Réduire la consommation de carburant en réduisant le besoin de production inefficace pendant les périodes d'utilisation de pointe
- Présenter les opportunités d'améliorer la sécurité du réseau
- Activation de la transition vers le plug-in de véhicules électriques et de nouvelles options de stockage d'énergie
- Augmenter le choix du consommateur
- Permettre de nouveaux produits, services et marchés

Architecture des réseaux intelligents

La figue (II.5) ci-dessous présente l'architecture du réseau intelligent avec les systèmes associés et les sous-systèmes. L'architecture globale du réseau intelligent pourrait être divisée en trois grands systèmes: Système d'infrastructure intelligente, un système de gestion intelligent et un système de protection intelligent.

Infrastructure des systèmes intelligents

Les systèmes intelligents sont basés sur l'infrastructure de l'énergie, l'information etinfrastructure de communication qui supportent le réseau intelligent:

- ✓ Production, livraison et consommation d'électricité avancées;
- ✓ Comptage, surveillance et management avancées de l'information;
- ✓ Technologies de communication avancées.

Le système d'infrastructure intelligent a été divisé en trois sous-systèmes: Sous-système intelligent d'énergie, Système intelligent d'information, et le sous-système intelligent de communication.

Système intelligent de management

Le système intelligent de management est le sous-système de réseau intelligent qui fournit des services avancés de management et de contrôle, ce système a été également scindé en deux sous-systèmes: les objectifs de management, les méthodes et les outils de management.

Système intelligent de protection

Le système intelligent de protection est le sous-système de réseau intelligent qui fournit uneanalyse avancée de la fiabilité du réseau, protection contre les défaillances et les services de protection de la vie privée.

Le système intelligent de protection a été également scindé en deux sous-systèmes: la fiabilité du système, la protection contre les pannes et la sécurité personnelle.

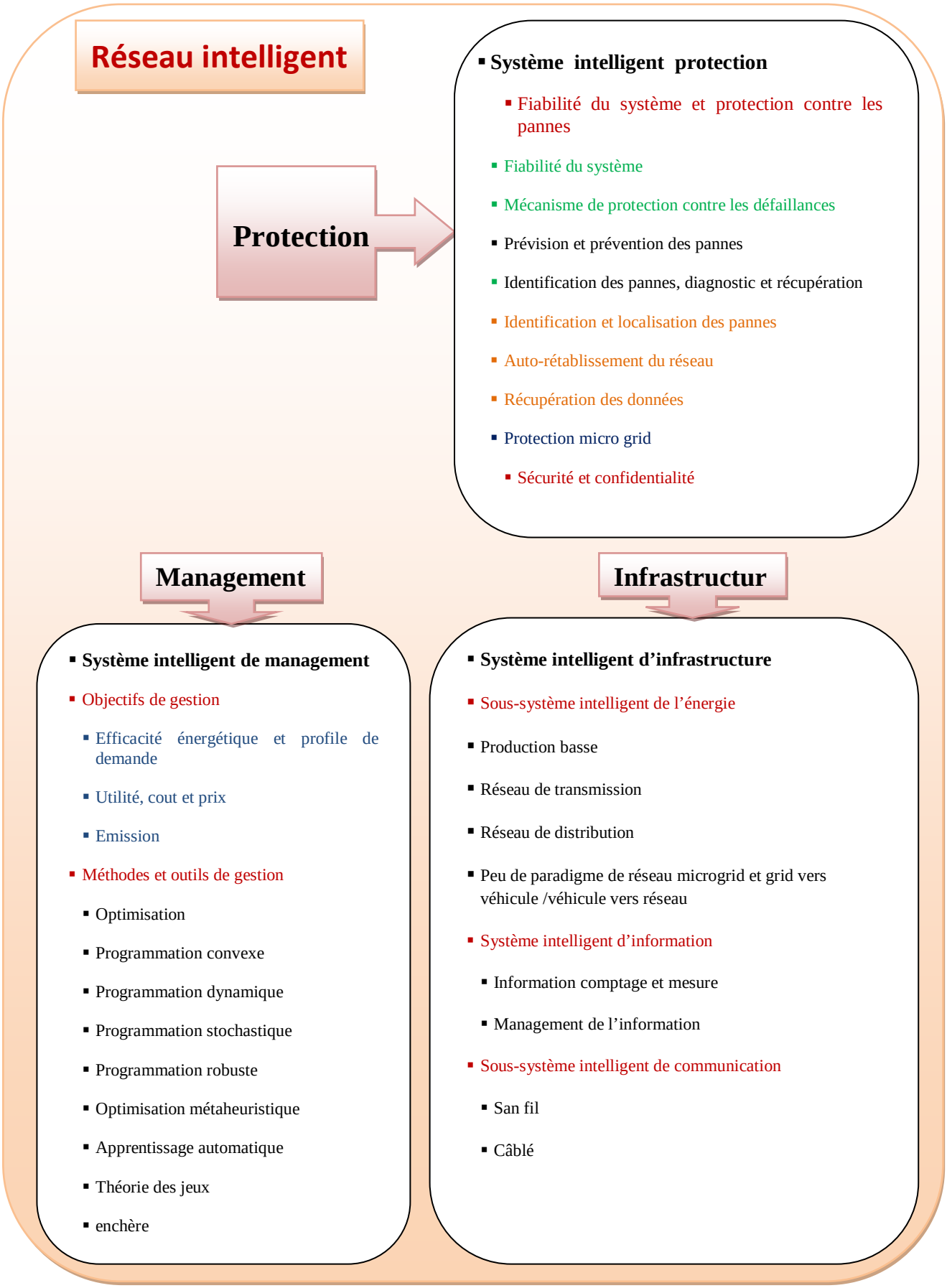


Figure II.5 : Architecture du réseau intelligent avec des systèmes et sous-systèmes associés [18].

Technologie de réseau intelligent

Réseau intelligent a été déployé dans différents pays avec l'impact de la technologie de pointe, Il reste encore quelques éléments essentiels à accentuer pour essayer un système opérationnel enraciné. Trois technologies très novatrices et cruciales sont discutées avec éclat dans cette section.

Réseau de transmission intelligent

La ligne électrique dorsale pour livrer l'énergie électrique de la station de production aux charges et aux consommateurs, le réseau de transmission a joué un rôle vital et a été hautement reconnu comme une entité de l'ingénierie du système électrique. La ligne de transmission a été diversifiée de la transmission HVAC à HVDC à différents niveaux de tension avec des topologies de réseau complexes. Amélioration du réseau de transport en augmentant la haute capacité des lignes multi-circuit / faisceau conducteur, ligne de chargement d'impédance de surtension élevée, système HVDC haute capacité..etc. Amélioré la qualité de transmission de puissance avec le point crucial de la fiabilité et de l'économie du système [19]. Mais les défis et les problèmes encore en plein essor auxquels sont confrontés les réseaux de transmission tel que; Les défis environnementaux, les besoins du marché / client, les défis en matière d'infrastructure et les technologies innovantes.

Avec l'état de l'art des progrès technologiques dans les domaines de la détection, la communication, le contrôle, l'informatique et les technologies de l'information, il est envisagé une vision unique des futurs réseaux de transmission intelligents en identifiant les principales caractéristiques intelligentes et les caractéristiques de performance pour gérer les défis [20].

Technologies de l'information et de la communication (TIC)

Dans le réseau intelligent, l'information cohérente est le facteur clé pour la livraison fiable de l'énergie électrique de l'unité de production aux utilisateurs finaux. Manque d'analyse automatisée, mauvaise visibilité, réponse lente des interrupteurs mécaniques, et la pénurie de conscience de la situation étaient quelques-uns des inconvénients du système classique de puissance. Avec l'intégration de technologies et d'applications de pointe, l'architecture de réseau intelligent augmente la capacité et la flexibilité du réseau et fournit une détection et un contrôle avancés grâce à des protocoles de communication et des topologies modernes. Les modes filaire et sans fil sont respectés pour la transmission et la communication de données et d'informations entre les consommateurs intelligents et les secteurs d'utilité. Chacun des modes de la communication a ses propres avantages et

inconvénients, en fonction des différents facteurs tels que l'emplacement géographique, investissement en capital, économie d'utilisation, etc. Figure (II.6) illustre certains des types de communications câblées et sans fil [21].

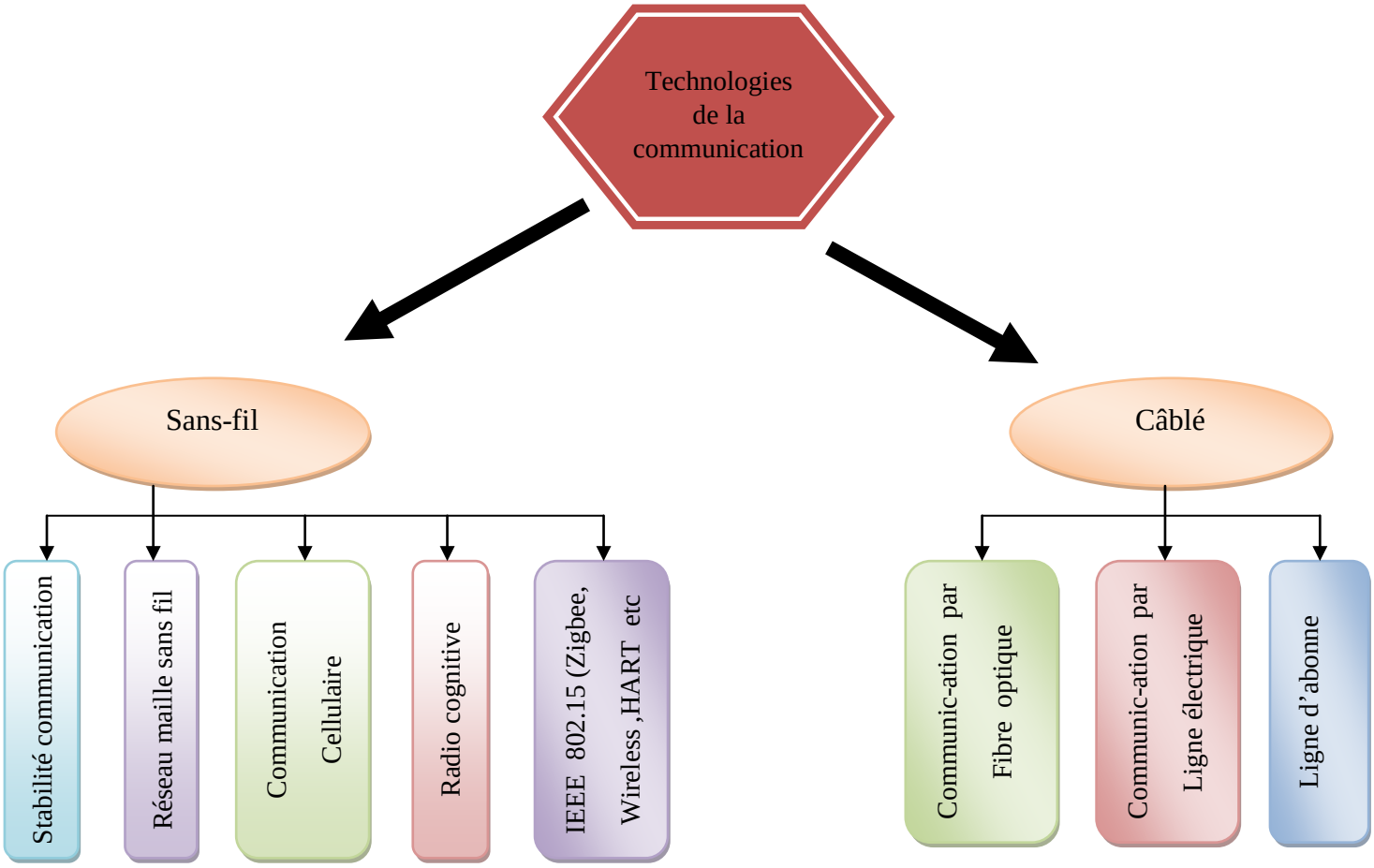


Figure II.6: Types de technologies de l'information et de la communication (TIC).

Les flux bidirectionnels d'électricité et d'information constituent l'infrastructure de base duréseau intelligent. Le sous-système de communication intelligente ou les TIC constituent un secteur dynamique de l'infrastructure du réseau intelligent. L'infrastructure visualise principalement le modèle de communication dans deux conduits, capteur et appareil électrique à des compteurs intelligents, d'ailleurs entre les compteurs intelligents et centre de données d'utilité. L'infrastructure de communication entre la production, le transport, la distribution et l'utilisation de l'énergie nécessite des communications bidirectionnelles [22].

Technologie de compteur intelligent

Un compteur intelligent est un équipement de comptage installé chez le consommateur et capable de mesurer en temps réel l'électricité qui est consommée. En fonction de la performance de l'appareil, le compteur intelligent est aussi capable de collecter d'autres données (émissions de CO_2 qualité de l'électricité etc…) et d'assurer une communication bidirectionnelle avec le gestionnaire de réseaux de distribution (GRD) ou le tiers autorisé [23].

Le rôle des compteurs intelligents, ou communicants, est capital dans le Smart Grid. En effet, ce sont eux qui permettent au GRD d'obtenir des informations, des mesures, en très grande quantité et en provenance de multiples points du réseau. Ces compteurs sont capables, pour la plupart, de mesurer en temps réel le module de la tension en leur point de connexion ainsi que les puissances active et réactive consommées par le client. Cependant, étant donné le nombre d'abonnés connectés au réseau de distribution, il est évident que l'intégralité de ces mesures ne peut pas être transmise en temps réel au GRD [24].

Les données collectées permettent au GRD de mieux exploiter son réseau, d'identifier deszones à risque de dépassements de contrainte (tension ou courant), d'aider à planifier les investissements, etc. Dans de nombreux travaux expérimentaux, les données temps réel des compteurs intelligents sont les paramètres d'entrée permettant au GRD de déterminer des consignes de flexibilité (délestages diffus de charges, consignes de recharge, ou en report à la charge des véhicules électrique, stockages, etc.). De plus, les interventions du GRD sur les compteurs peuvent être réalisées à distance sans contrainte de rendez-vous et la facturation est appliquée à partir de la consommation réelle.

Les énergies boxes dans le Smart Grid

Dans une approche Smart Grid, l'Energy box se traduit du point de vue du réseau par une charge capable de recevoir des consignes et de modifier sa consommation en conséquence. Placée chez le particulier, l'Energie box pilote les appareils domestiques en fonction des choix du consommateur et des consignes qu'elle reçoit. Ainsi, en cas de consigne de diminution de la consommation, elle coupe sur une période prédéterminée les appareils impactant peu le confort du client. Inversement, il est possible d'imaginer des consignes incitant à la consommation, ou au stockage, durant les périodes de faible consommation ou de forte production des GRD. Les récepteurs permettant d'appliquer facilement ces consignes sont principalement les systèmes de chauffage, de climatisation et d'eau chaude sanitaire.

L'énergy box est un outil de flexibilité important dans la démarche de lissage et de maitrise de la consommation énergétique. Bien qu'elle soit encore d'avantage au stade de la recherche que du déploiement, elle apparait comme un élément primordial dans un futur proche pour permettre au réseau de distribution d'accueillir massivement des GRD. Son fonctionnement implique des moyens de communication avec le réseau et le GRD et/ou le fournisseur d'énergie, elle est dès lors fortement liée au compteur communiquant.

Le véhicule électrique dans le Smart Grid

La forte croissance annoncée du véhicule électrique (VE) dans les prochaines années est un facteur important à prendre en considération dans le développement du réseau électrique du futur. Bien que la voiture électrique ne soit pas un concept nouveau, des prototypes existant depuis la fin du XIX siècle, les progrès réalisés sur les batteries et l'autonomie, l'évolution des mentalités et les incitations politiques ont permis au marché du VE de devenir plus attractif. Lors de l'exposition internationale de l'automobile en 2014, plus de 20 constructeurs présentaient des modèles 100 % électriques ou hybrides rechargeables. Sur le territoire français, entre septembre 2013 et septembre 2014, les ventes de VE ont augmenté de 135 %. Les perspectives de croissance des VE divergent fortement selon les sources, cependant, d'ici 2020, les VE devraient représenter quelques pourcents de la part de vente desvéhicules neufs.

La plupart des VE peuvent être rechargés de deux façons, une dite « normale » et une dite « rapide ». Bien que la puissance absorbée durant un chargement varie d'un véhicule à un autre, globalement une recharge normale absorbe autour de 3 kW et jusqu'à 50 kW pour une recharge rapide.

En considérant prochainement un parc de VE important, la charge supplémentaire que devra alors fournir le réseau de distribution est considérable. De plus, sans pilotage intelligent des recharges, la puissance soutirée sur le réseau par un parc de VE est fortement concentrée dans des périodes de la journée et tend à accentuer les pics de consommation journaliers. Par exemple pour un quartier résidentiel, une forte concentration de VE risque d'augmenter le pic de consommation du soir à cause des recharges de la majorité des véhicules en fin de journée. Afin d'éviter ce phénomène, de nombreuses études sont menées dans l'objectif de piloter la recharge des VE, par exemple par étalement dans le temps, de manière à ce qu'ils deviennent des outils de flexibilité.

Pour le réseau, le VE peut être perçu de deux façons, comme une charge, ou comme un

moyen de stockage de l'énergie. Dans le premier cas, le pilotage de la recharge consiste à décaler dans le temps la consommation des VE, afin de limiter les pics de puissance sur le réseau, ou de faire coïncider la recharge avec les périodes de forte production des GRD. Dans le deuxième cas, il s'agit d'utiliser la batterie des VE pour absorber ou fournir de l'énergie en fonction des prix du marché, de la disponibilité des GRD ou de la consommation du particulier. C'est le concept du « véhicule électrique pour le réseau », ou plus communément appelé en Anglais : Vehicle to Grid (V2G) [25].

Les compteurs intelligents

Définition :

Un compteur « intelligent » est un compteur disposant de technologies avancées, dites AMR qui identifient de manière plus détaillée et précise, et éventuellement temps réel la consommation énergétique.

Les smart meters sont capables de donner une facturation par tranches horaires permettant aux consommateurs e choisir le meilleur tarif chez les différentes entreprises productrices ,mais aussi de jouer sur les heures de consommation ,permettant ainsi une meilleure utilisation du réseau électrique .un tel système permettrait aussi de cartographier plus finement les consommations et de mieux anticiper les besoins ,a de échelles plus locales.

Ils permettent aussi de repérer les postes qui coutent le plus au client .ils peuvent éventuellement l'informer des microcoupures ou des pertes sur le réseau électrique.

Le problème principal de ces compteurs est celui de la communication ,qui doit pouvoir être fiable et automatique ,dans un réseau donc communicationnel ou circuleront en permanence des milliards de données affluant vers un ou quelques nœuds centraux (vers les gestionnaires des données de comptages ou les utilities).selon les cas (urbain, rural , zone d'activité , zones isolées ,etc.),on a songe à utiliser les antennes relais des téléphones mobiles, les ondes radio ,les lignes électriques ou téléphoniques , les solutions Wi-Fi et Internet ou la combinaison de plusieurs de ces solutions .

Le smart meter est la première étape vers un réseau intelligent ; le déploiement de compteurs évolues associes à un premier réseau de télécommunication bidirectionnel, est la pierre angulaire des futurs réseaux électriques. [26]

Niveau de performance des compteurs intelligents :

- Fonctionnalités de base : permettre une lecture d'index tous les mois ou tous les deux mois. Ex: Italie.
- Fonctionnalités moyennes : débit de communication permettent une lecture d'index par jour .Ex : Projet Linky ou le test réalise par Sibelga, le gestionnaire de réseau de distribution de Bruxelles.
- Fonctionnalités plus avancées : permettre plusieurs lectures par jour et des interactions en temps-réel. [26]

Présentation d'un modèle de système de comptage évolue :

Un système de comptage évolue implique :

- La mise en place de compteurs communicants capables de stocker les informations résultant des mesures.
- L'établissement de systèmes de transmission de données permettant la circulation rapide et fiable des informations contenues dans les compteurs entre les utilisateurs, les gestionnaires de réseaux et les fournisseurs.

Les principales fonctionnalités des systèmes de comptage évolués :

Afin de répondre aux exigences, les compteurs évolués doivent être capables d'assurer

- La relève des données du compteur à intervalle régulier.
- La télé-relève.
- La gestion de compteurs à distance (réduction de la puissance, coupure, gestion de la demande, etc.) par le gestionnaire de réseaux de distribution.
- la mesure de la consommation pour une gestion décentralisée de la production.
- La gestion à distance des paramètres du compteur telles que les structures tarifaires, la puissance contractuelle, les intervalles de relève du compteur par les fournisseurs.
- Le transfert des messages à distance des acteurs du marché pour le client (consommateur producteur) comme, par exemple, les signaux tarifaires.
- L'affichage des informations sur le compteur et/ou un télé-report à partir de la TIC installée.
- Un port de communication principal permettant le transfert d'informations via le GPRS,

le GSM ou le CPL.

- La mesure de la qualité (y compris la continuité de l'approvisionnement et la qualité de tension). [26]

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons put voir les différents aspects des Smart Gird, ces derniers son la solution à l'intégration des énergies renouvelables dans les réseaux de distribution d'électricité, ces derniers nécessitent une infrastructure communicative, et une gestion des ressources plus étendue, qui permet d'équilibrer la demande à la production centralisée et décentralisée.

Chapitre III

Gestion de l’énergie dans le réseau intelligent

Introduction :

L'introduction croissante dans le smart grids des énergies renouvelables et les changements de mode de vie l'appariation, par exemple, des véhicules électrique, des panneaux solaires etc., bousculent la chaine énergétique et impliquent une évolution progressive du réseau électrique a tous les niveaux. Vue la diversité des sources de productions et afin d'effectuer un choix pertinent entre ces sources et d'encourager les consommations à adopter une consommation intelligente, les chercheurs se sont intéresses a la gestion d'énergies dans le smart grids.

Dans le but d'adapter l'offre a la demande, les smart grids vont mettre en place la gestion de l'énergie qui a pour rôle d'optimiser le cout qu'incombe aux utilisateurs et de bénéficier de tout la quantité d'énergie renouvelable produite. La mise en œuvre des programmes de gestion de l'énergie dans le smart grids devra permettre de diminuer la consommation énergétique totale et de piloter des composantes spécifiques telles que les compteurs intelligents et le pro consommateurs.

Ce chapitre est consacre a l'analyse du contexte de la gestion de l'énergie dans les réseaux intelligents afin de mettre en évidence les problématiques pose l'intégration renouvelables.

Désagrégation de la demande énergétique :

Afin de pouvoir représente au mieux les différents programmes de gestion de l'énergie. La demande électrique a été désagrégée en quatre secteurs : (1) le secteur industriel, (2) le secteur résidentiel tertiaire, (3) le secteur transport et (4) le quatrième secteur regroupant tout ce qui reste (agricole. Etc.).

***Secteur résidentiel :** peut être définie comme l'ensemble des locaux à vocation de logement qui n'appartient pas au secteur tertiaire, et qui peut ensuite se diviser en trois catégorise qui se distinguent par le type d'occupation du logement : résidentiel principale, résidence secondaire et logements vacants, catégories au sein desquelles on distingue usuellement les maisons individuelles et les immeubles collectifs. Le périmètre du secteur résidentiel ainsi défini, pose ensuite la question des consommations énergétique des ménages à lui associer. En effet, l'énergie nécessaire aux activités des ménages peut être consommée directement au sein des logements au en dehors, soit directement par les ménages soit indirectement par les entités produisant les biens et services consommées par ces ménages. Les consommations d'énergie

sont dites directes quand elles sont par les ménages et indirectes quand elles sont en amont de la chaine de production de biens et de services. Par ailleurs, il est important de noter que la consommation d'électricité peut être rattachée aux consommations directes et indirectes suivant l'objet d'étude. En effet, celle-ci est principalement issue de la transformation d'énergies primaires (gaz, pétrole, charbon, uranium enrichi et bois) en une énergie transportable et commercialisable. Ainsi, l'électricité est un vecteur d'énergie pour lequel il est possible de comptabiliser soit l'énergie consommée a son origine, auquel cas cette consommation est en dehors du secteur résidentiel et peut être considère comme indirecte, soit l'électricité a son stade final, c'est-à-dire celle mesurée aux compteurs des particuliers, auquel cas cette consommation est a l'intérieur du secteur résidentiel et peut donc être considère comme directe.

L'objet de noter étude étant d'évaluer dans quelle mesure la solution des smart grids peut contribuer a la gestion de l'énergie, la section suivante a pour but d'analyser les différentes sources d'énergies renouvelables intégrées a la nouvelle génération des réseaux électrique.

Energies renouvelables utilisées dans les smart grids :

Les réseaux électrique actuelles ont été connus pour conçus Les réseaux électriques actuels ont été conçus pour transporter l'énergie des grosses centrales productrices aux consommateurs. L'architecture du système électrique a donc commence à évaluer avec un nombre croissant d'installations renouvelables. Dans ce qui suit, sont données les énergies renouvelables [27] :

- **L'énergie solaire** : l'énergie solaire peut être représentée sous forme d'énergie thermique au sous forme d'énergie photovoltaïque. Les énergies thermiques captent le rayonnement solaire pour augmenter la température d'un objet alors que les énergies photovoltaïque transforment les rayonnements solaires en électricité à l'aide de l'effet photoélectrique.
- **L'énergie éolienne** : l'énergie éolienne utilise les énergies mécaniques produites par les mouvements de différentes masses d'aire.
- **L'énergie hydraulique** : l'énergie hydraulique transforme les énergies de l'eau en énergies mécaniques utilisées pour produire de l'électricité.
- **La biomasse** : la biomasse désigne l'ensemble des matières organiques d'origine végétale, animale ou fongique, qui sont des sources d'énergies par combustion ou transformation chimique. La biomasse est une énergie renouvelable à condition que

la quantité d'énergie produite excède la quantité d'énergie utilisée pour la produire.

- **La géothermie** : la terre possède en son centre un noyau d'une température supérieure à 5000°C produisant une quantité de chaleur importante grâce à une radioactivité naturelle.

Avantages et problèmes des énergies renouvelables :

Dans la dernière décennie, les innovations technologique et les évolutions économiques et environnementales ont suscite un gain d'intérêt pour la production décentralisée.

L'étude de Péperlances et al. [27] met en exergue plusieurs facteurs qui ont conduit à l'utilisation des énergies décentralisées telle que la libéralisation de la marche d'électricité qui a permis la création des nouveaux acteurs de production et de commercialisation de l'énergie. Les ressources distribuées peuvent être installées du cote du client et comprennent les énergies renouvelables telle que l'énergie photovoltaïque, l'énergie éolienne etc. La figure III.1 représente un exemple qui montre l'intégration des énergies renouvelables au sein des ménages. La particularité des énergies renouvelables réside dans le non diminution de leurs ressources âpres l'utilisation de cette dernière à une échelle humaine.

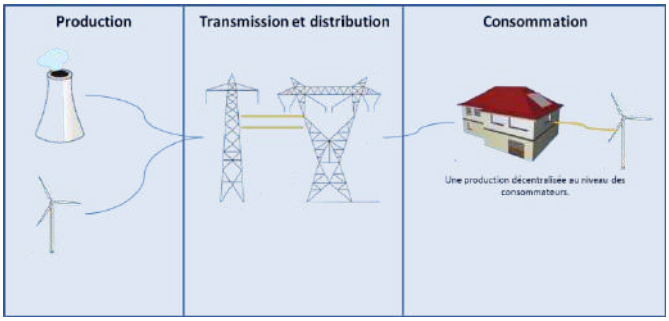


Figure III.1 -illustration de la production décentralisée.

Cependant, l'intégration importante des énergies renouvelables dans les réseaux électrique pose plusieurs problèmes d'ordre technique, surtout pour les gestionnaires de réseaux. Le premier problème se résume dans la localisation des installations de production. En effet, l'insertion de la production décentralisée conduit à un fonctionnement bidirectionnel des réseaux traditionnellement conçus pour acheminer l'énergie que dans un seul sens. En revanche, lorsque le taux de pénétration des énergies renouvelables augmente, des déséquilibres peuvent survenir], ce qui pose un autre problème concernant la gestion des moyennes de production intermittents dans le système électrique. Ce problèmes

d'intermittence touche de nombreuses sources renouvelables, et se définit dans un système électrique qui utilise les énergies renouvelables par la différence entre la production et la consommation. L'intermittence et le caractère non pilotable et le besoin de gestion de l'équilibre production/consommation à la maille locale constituent de vrais défis pour les gestionnaires de réseau de distribution et imposent une évolution de la gestion du système électrique [28].

Définition de la gestion de l'énergie dans le smart grids :

La gestion de l'énergie consiste l'un des enjeux clés lies au développement des réseaux intelligents. On opère ici une différenciation entre les concepts de maitrise de la demande (MDE) et de gestion de l'énergie à travers des programmes de DR. Tous deux répondent à une notion d'efficacité énergétique, mais leurs modalités d'application et impacts respectifs sont à distinguer. La MDE a pour objectif de diminuer la demande énergétique, moyennant un certain cout. Il s'agit par exemple de recourir à des travaux de rénovation et d'isolation du logement, de remplacer les équipements énergétique par des équipements moins gourmandes, etc.

La DR revêt une dimension résolument orientée vers les usages électrique, en mesure d'être modifies en fonction des évolutions du prix de l'énergie ou des contraintes d'exploitation. La DR est elle-même un terme général sous lequel on regroupe plusieurs mesures comme tarifications dynamiques ou les programmes incitatifs (incentive-based) de gestion de l'énergie. Selon [29 ,30], un programme de DR se réfère à tout méthode envisageable pour apporter une incitation économique à un consommateur, qui reflète de manière plus précise le prix de détail sur du court terme. Au-delà de son effet sur les marches de gros, l'activation de la demande peut également faciliter les activités des gestionnaires de réseaux en participent davantage aux mécanismes d'ajustement et au marche des services systèmes. En matière de réglementation, certaines dispositions ont été prises pour favoriser le développement de DR.

DR : un programme de gestion de l'énergie dans le smart grids :

Afin de continuer à favoriser l'intégration des énergies renouvelable, les réseaux doivent être gères de manière plus réactive et respectueuse des contraintes d'équilibre. Le contrôle des flux d'énergies est au cœur de la gestion des smart grids. Une gestion de la consommation au moyen de charges programmables ou délectables apparait come une solution efficace à la matrice des flux à travers le DR.

Dans les réseaux électriques actuels, la demande énergétique est de nature stochastique [31]. Dans les réseaux intelligent du futur, l'intermittence de production causée par l'utilisation à grandes échelle des énergies de nature renouvelable déplacera le caractère incertain vers le niveau de production [32] et plusieurs programmes de gestion spécifiques de l'énergie seront adoptes. La DR permet la participation des consommateurs dans les marches de l'électricité et ses programmes changent l'utilisation électrique des utilisateurs finaux pour répondre aux variations de prix durant la journée [33, 34, 35, 36, 37]. En outre, la DR est une solution pour lisser les demandes énergétique et surtout en heures de pointe au lorsque la fiabilité du système est compromise permettant aussi la réduction du cout de l'énergie. En d'autres termes, les programmes de DR, ont pour but de moduler la charge énergétique en 1 décalant les charges vers les heures creuses ce qui réduire le confort des utilisateurs, 2 écrêtant les pointes ou 3 remplissant les creux [33, 35]. En effet, les technologies de DR aident à la surveillance active et au contrôle dynamique de la consommation d'électricité. Ces technologies comprennent les compteurs intelligents qui sont l'un des exemples les plus connus dont le rôle consiste à mesurer les prix dans un intervalle de temps précis et d'envoyer ces mesures aux consommateurs afin de réduire et/ou de modifier l'utilisation durant les périodes de pointe. En outre, les compteurs intelligents permettent également de délivrer de nouvelles informations que peuvent utiliser les fournisseurs d'électricité. Cette information pourra être présentée aux consommateurs par l'intermédiaire de dispositifs d'affichage à la maison, qui aident les consommateurs à suivre et comprendre leur consommation d'énergie. Ainsi, le déploiement du DR et les technologies des réseaux intelligent peuvent conduire à des niveaux d'efficacité énergétique plus élèves et plus durables.

L'efficacité énergétique se réfère généralement à des dispositifs qui offrent un niveau important de sorties en utilisant moins d'énergie. L'efficacité énergétique se concentre habituellement sur la réduction de la consommation globale d'énergie, pas seulement à certains moments. La DR améliore l'efficacité globale du système d'électricité, mais diffère de l'efficacité énergétique traditionnelle en ce qu'elle et plus dynamique et contrôlable, ce qui signifie qu'elle peut être utilisée pour répondre à la demande croissante.

Selon la littérature, certaines préoccupations découragement les consommateurs de participer aux programmes du DR. Ces problèmes peuvent être résumes par [34] : 1 l'incertitude du prix 2 la viabilité économique de la participation à un programme de DR.

Dans cette partie, nous cherchons à augmenter le confort des consommateurs, la gestion de l'énergie en ce qui concerne, ne vise pas à réduire la consommation énergétique. Dans la littérature, nous pouvons trouver de nombreuses définition de la gestion de l'énergie mais en se basent sur les définitions données dans [35, 39, 40, 41], nous avons pu créer notre propre définition de la gestion de l'énergie qui est le suivent : « la gestion de l'énergie est définie comme un ensemble de stratégies et de fonctions qui peuvent ajuster et optimiser l'utilisation de l'énergie. Ces fonctions augmentant l'efficacité énergétique et permettent de coordonner les sources d'énergie. En outre, la gestion de l'énergie est le processus d'observation, de contrôle et de conservation de la consommation d'électricité dans un bâtiment, un quartier, etc., qui devrait être en muser d'optimiser les couts et de minimiser le risque de perte de l'excède production ». Plusieurs outils tels que les systèmes de stockage intelligent jouent un rôle important dans la gestion de l'énergie. Nous allons présenter, dans la section suivent les systèmes de stockage pour surligner leur importance dans les systèmes de gestion de l'énergie au sein des smart grids.

Systèmes de stockage intelligents :

Cette section est consacrée à la présentation des systèmes de stockage intelligent et à la description de leur rôle dans la gestion de l'énergie dans les smart grids.

Définition et caractéristiques des systèmes de stockage intelligents :

Pour augmenter l'efficacité des énergies renouvelables (solaire, éolienne, photovoltaïque, etc.) dans le réseau, il est important de développer des systèmes de stockage afin de gérer les pics de production des énergies renouvelables. Le stockage de l'énergie est un moyen bien connu d'ajustement de la consommation en ajoutant un degré de liberté supplémentaire pour contrôler les profils de puissance en fonction du bilan consommation/production. Ainsi, le stockage de l'énergie est défini comme étant le moyen qui aide à placer une quantité d'énergie dans une batterie afin de l'utiliser dans un temps futur. L'intégration des systèmes de stockage de l'énergie est important afin de valoriser les énergies alternatives, sures et renouvelables, mais par nature intermittentes. Les technologies de stockage sont nombreuses. Chacune d'entre elles a ses propres caractéristiques et peuvent, en fonction de leurs caractéristique, aider de différentes manières à la gestion de l'énergie dans les smart grids [42].le recours aux systèmes de stockage est l'une des solutions complémentaires qui visent à réduire l'utilisation nécessaire d'énergie en moyenne durant les pointes de consommation [43, 44]. En outre, le déploiement du stockage aurait de multiples avantages tels que [42, 43,

44] : 1 le gain environnemental lie au déploiement à grande échelle d'énergie verte 2 l'indépendance vis-à-vis des ressources fossiles qui pourra amener à une avantage économique sur le long terme 3 la disponibilité du stockage à une cout compétitif et à grande échelle qui pourra donc être un facteur clé pour répondre à l'augmentation de la pénétration des énergies renouvelables et à la variabilité de la demande. Au niveau de la consommation, l'ajout d'un système de stockage favoriserait la possibilité d'effacement des pics de consommation. De plus, le stockage pourrait notamment contribuer à une meilleure intégration de la production renouvelables intermittente en stockant les surplus d'électricité afin de les réinjecter lors des périodes de faible production et/ou de forte consommation et également contribues à diminuer la dépendance aux énergies fossiles [43,44]. L'utilisation du stockage de l'électricité ne fait plus débat aujourd'hui, plusieurs problématiques devront être résolues avant que celui-ci no soit déployé à grande échelle, quelles sont les technologies les plus prometteuses quel sera le modèle économique de stockage d'électricité les réponses a ces questions seront présentées dans le paragraphe suivant :

Les différents types des systèmes de stockage :

La situation actuelle des systèmes de stockage d'énergie électrique est caractérisée par :

1. L'utilisation commune de stockage qu'il s'agisse d'une grande pompe hydraulique ou de petites batteries et d'autres appareils.
2. Les nouvelles technologies disponibles sont au stade de prototype.
3. Les outils de planification pour aider à la compréhension des dispositifs de stockage ne sont pas reconnus.
4. L'intégration du système ainsi que l'électronique de puissance devient être améliorées.

Les dispositifs de stockage d'énergie devraient notamment résoudre l'aspect aléatoire de la production de l'énergie. Ils peuvent lisser les variations dans la production et la demande et peuvent grandement simplifier le fonctionnement de la grille. Dans un contexte opérationnel, le stockage de l'énergie est utilise pour stocker le surplus d'électricité. Du point de vue de la finance, le stockage d'énergie est traite comme un instrument d'arbitrage : il se charge lorsque les prix d'énergie de la grid sont faibles et se décharge lorsque ces prix sont élèves. Dans les zones résidentielles, le stockage d'énergie est pratiquement synonyme de batteries [28].

Aujourd'hui, les recherches sur le sujet du stockage sont légion telles que les recherches présentées dans Colak et al. [45], Venkataramani et al. [46], et Dede al. [47]. En témoignent les nombreux travaux lances tant à l'échelle Française qu'à l'échelle Européenne, plusieurs appels à projets autour de plusieurs modes de stockage de l'énergie (électrochimique, thermique, mécanique, magnétique, pneumatique, etc.) sont présentes au niveau européenne et introduisent le stockage dans la gestion de l'énergie, aussi bien au niveau de l'habitat que des sites industriels et des intelligents.

Les dispositifs de stockage d'énergie devraient notamment résoudre l'aspect aléatoire de la production de l'énergie. Ils peuvent lisser les variations dans la production et la demande et peuvent grandement simplifier le fonctionnement de la grille. Dans un contexte opérationnel, le stockage de l'énergie est utilise pour stocker le surplus d'électricité. Du point de vue de la finance, le stockage d'énergie est traite comme un instrument d'arbitrage : il se charge lorsque les prix d'énergie de la grid sont faibles et se décharge lorsque ces prix sont élèves. Dans les zones résidentielles, le stockage d'énergie est pratiquement synonyme de batteries.

Aujourd'hui, les recherches sur le sujet du stockage sont légion telles que les recherches présentées dans Colak et al. [45], Venkataramani et al. [46], et Dede al. [47]. En témoignent les nombreux travaux lances tant à l'échelle Française qu'à l'échelle Européenne, plusieurs appels à projets autour de plusieurs modes de stockage de l'énergie (électrochimique, thermique, mécanique, magnétique, pneumatique, etc.) sont présentes au niveau européenne et introduisent le stockage dans la gestion de l'énergie, aussi bien au niveau de l'habitat que des sites industriels et des intelligents [28].

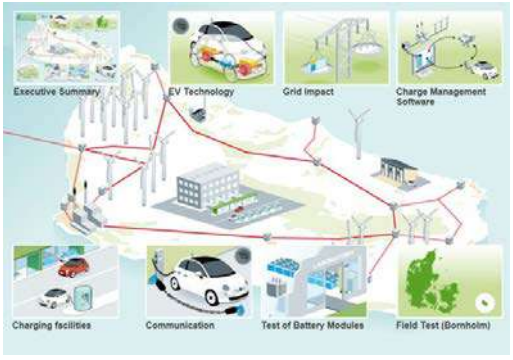


Figure III.2 : illustration de l'intégration du véhicule électrique dans le réseau [32].

Afin de réaliser une meilleure gestion de l'énergie dans les smart grids en intégrant les systèmes de stockage intelligent, plusieurs objectifs doivent être satisfaits. La section

suivante a pour but de présenter ces objectifs.

Objectifs de la gestion de l'énergie :

Afin d'intégrer efficacement les énergies renouvelables dans le système électrique, la gestion de l'énergie offre plusieurs perspectives d'économies sur des horizons de long et court terme. Par ailleurs, les centrales assurant la production de l'énergie sont ressources de production non renouvelables, plus émettrices de gaz toxiques tel que le CO_2. La gestion de l'énergie devrait donc contribuer à diminuer les émissions des gaz toxiques. A court terme, les objectifs de la gestion de l'énergie sont définis comme suit :

- Réduire le facteur énergétique des consommateurs : la modulation de la demande devrait permettre de limiter les variations horaires du cout marginal de production, et donc du prix de l'électricité.

- Résoudre le problème d'intermittence des énergies renouvelables : la gestion de l'énergie devrait permettre d'équilibre production et consommation sur le réseau qui intègre les producteurs d'énergie renouvelable intermittente.

- Réduire l'utilisation de la grille en heures de pointe : la gestion de l'énergie devrait permettre de minimiser l'accès à la grille durant les heures qui sont prédites comme heures de pointe. Cette minimisation se fait en utilisant des systèmes de stockage qui agrègent l'énergie renouvelable en excès et qui stockent l'énergie de la grille durant les périodes ou l'utilisation de la grille est faible.

A plus long terme, le recours à ces centrales de pointe pourrait être réduit en raison de leur remplacement partiel grâce à la gestion de l'énergie. Ainsi, certains des investissements nécessaires dans des capacités de point, utilises uniquement sur des périodes restreintes de l'année, pourront être diminues. Finalement, les informations récupérées et échangées au sein des entités du smart grid contribuent à la gestion de l'énergie car ces informations rendent le réseau suffisamment autonome pour une prise de décision décentralisée. En outre, l'agrégation de ces données sur un intervalle de temps précis a pour objectif de prédire l'état de consommation et de production du système pour pouvoir assurer une meilleure optimisation du cout de l'énergie.

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons décrit l’ensemble des stratégies de gestion de l’énergie tel qu’il est implémenté dans les smart grids. En plus, nous avons décrit les outils qui servent à une meilleure gestion de l’énergie tels que les systèmes de stockage. En plus, nous avons détaille les objectifs de cette chapitre.

Chapitre VI

Modélisation et Simulation d’une gestion de l’énergie

Introduction :

La production d'énergie est un défi de la grande importance pour les années à venir. En effet, les besoins énergétique des sociétés industrialisées augmentant. L'utilisation système de combustible fossiles tel que le pétrole, le charbon et le gaz naturel pour la production d'électricité, permet d'avoir des couts de production faibles, mais conduit à un rejet massif de gaz polluants. Ainsi, la production d'électricité à partir de ces carburants est responsable de 40 % des émissions mondiales de CO2.

Beaucoup plus accessibles et très adaptées à la production distribuée, les énergies renouvelables ont le potentiel de produire de l'électricité proprement et en moins dépendent des fluctuations des ressources naturelles. L'utilisation excessive d'un mode de production augmente considérablement l'effet de risque qui lui est associe. Il est clair que la diversification des sources est une solution et une voie porteuse d'une politique de développement durable. Parmi les systèmes les plus prometteurs pour l'utilisation des énergies renouvelables. Il existe des Systemes d'Energie Hybride (HES) qui peuvent constituer un complément ou une alternative aux générateurs Diesel souvent utilise en zone isolée. Le terme « système énergétique hybride » fait référence aux systèmes de production d'énergie électrique utilisant plusieurs types de sources. Les HES sont généralement conçus pour satisfaire le besoin énergétique du simple éclairage à l'électrification complète des villages. L'utilisation de plusieurs sources d'énergie dans les HES devrait avoir un impact bénéfique sur la production d'énergie, en termes de cout et de disponibilité. Les productions individuelles de : éolienne, générateur photovoltaïque, ont des capacités de production souvent incertaines et fluctuantes avec les variations de charge. Dans cette chapitre, le travaille présenté est une contribution pour la maitrise de la puissance des sources d'énergie renouvelables en HES.

Dans un premier temps, nous décrivons les solutions technologiques pour exploiter les différentes sources d'énergie renouvelables existantes en site isolé. Ensuite, nous nous concentrons également sur l'algorithme de gestion de l'alimentation au sein d'un système hybride et autonome. Enfin, nous présentons tous les résultats et leurs interprétations.

Simulation :

Architecture de l'installation étudiée :

Le système étudié contient :

- ✓ Générateur photovoltaïque comme source d'énergie renouvelable.
- ✓ Une éolienne comme source d'énergie renouvelable.
- ✓ Une charge simulant la consommation de l'utilisateur final.
- ✓ Bus CC.
- ✓ Convertisseurs pour ajuster les tensions à celles du bus continu.
- ✓ Une unité de stockage d'énergie composée d'un pack batterie.
- ✓ Un groupe électrogène diesel.

Le bus DC est le point central de connexion. Tous les composants du système sont connectes au bus DC via des convertisseurs (DC/AC pour la charge, AC/DC pour le générateur diesel et l'éolienne, DC/DC bidirectionnel pour le back batterie et DC/DC unidirectionnel pour le générateur photovoltaïque). L'énergie en ce point est ensuit stockée au convertie en courant alternatif (amplitude et fréquence fixes) via un onduleur pour alimenter la charge.

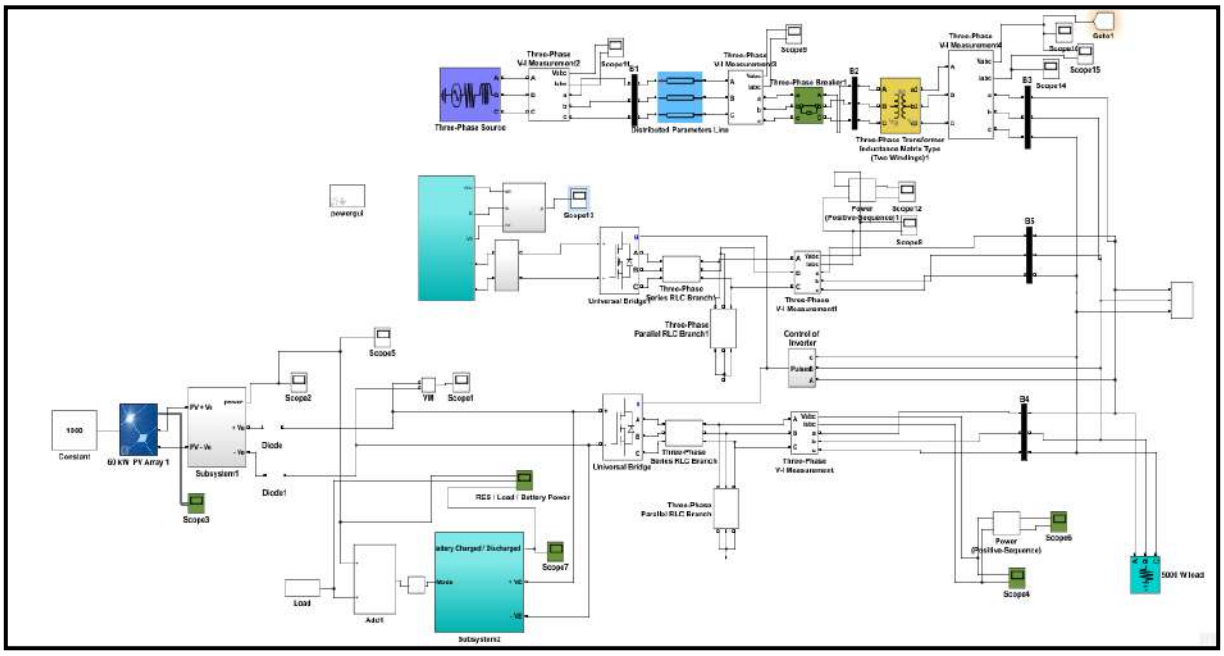


Figure IV.1 : système étudiée sous Matlab/simulink.

Stratégie de gestion de l'énergie proposée :

Les performances d'une HES, sont influencées par le choix de la stratégie d'exploitation. La priorité est de fournir l'énergie requise par l'utilisateur à partir de l'énergie produite pou r le générateur photovoltaïque et l'éolienne. En cas de déficit, la charge utilise le système de batterie pour combler le déficit énergétique. Si l'énergie totale produite par le PV et le vent avec celle stockée dans la batterie ne satisfait pas la demande de charge, à ce moment-là, le générateur diesel fonctionne pour combler l'écart. Son arrêt et son démarrage sont conditionnes respectivement par le seuil maximum et le seuil minimum de la batterie. Le fonctionnement du micro-réseau peut être décrit comme suit :

- Si la puissance totale produite par les ressources renouvelable (éolien et PV), P_{tot} dépasse la demande (P_L), la puissance supplémentaire $\Delta P= (P_{tot}-P_L)$ est stockée ans des batteries. Si les batteries sont complètement chargées (SoC=90%) et que P_{tot} est toujours au dessus de $P_{L,}$ l'énergie excédentaire est dissipée (à travers une résistance par exemple) ou injectée dans le réseau si d'une connexion.

- Si la puissance P_{tot} est inferieure à P_L et que l'état de charge (SoC) est suffisant, le déficit de puissance est couvert par la décharge des batteries.

(La figure IV.2) présente le schéma de l'algorithme de gestion de l'énergie proposé.

Figure IV.2 : le diagramme de l'algorithme de gestion de l'énergie proposé.

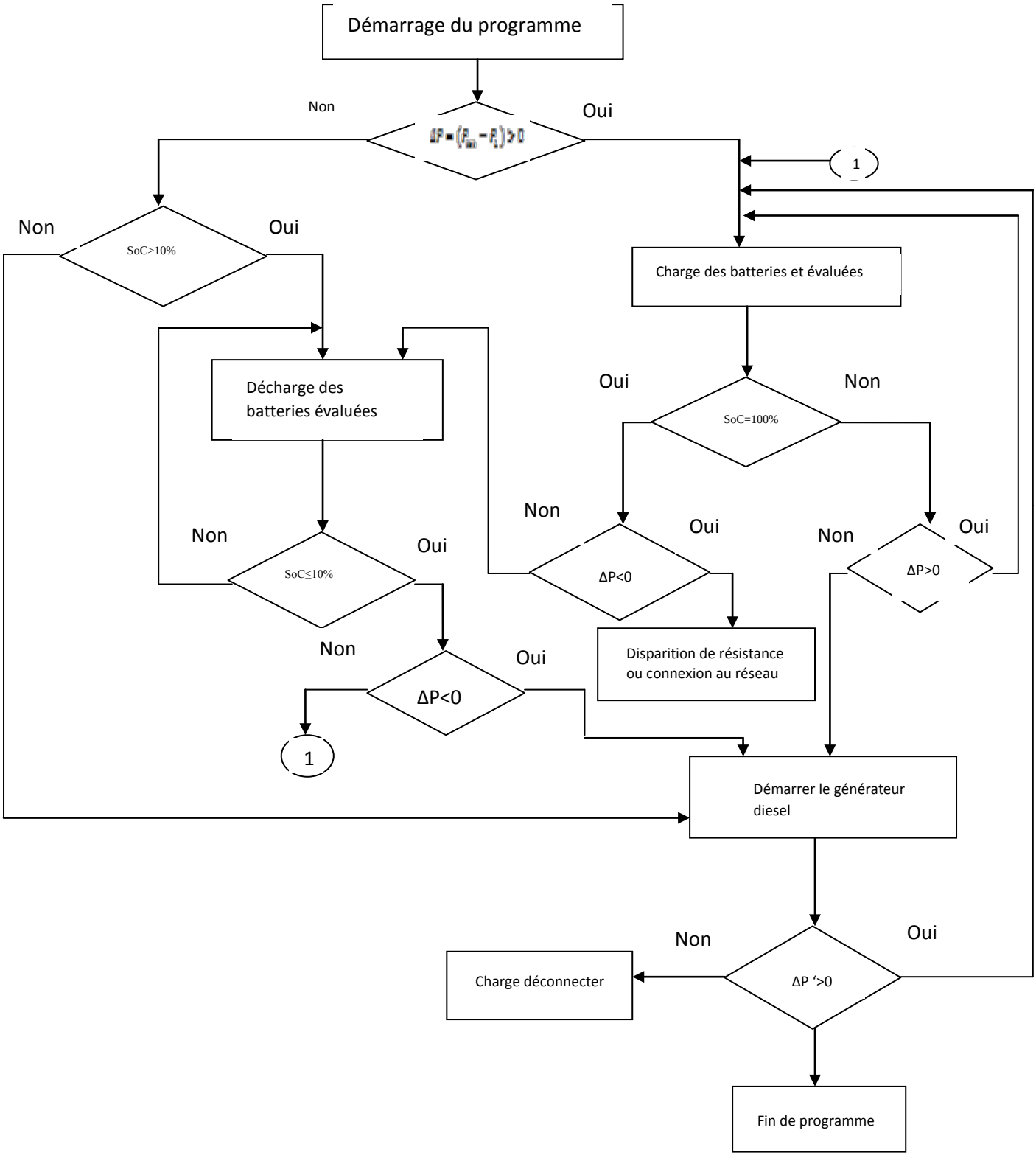


Figure IV.2 : le diagramme de l'algorithme de gestion de l'énergie proposé.

Modalisation :

Profils de charge :

Le plus important moyen pour la mise en œuvre de notre méthodologie de modélisation et de simulation et l'utilisation de données réel qui traduiront la consommation de chargeconnecté au réseau électrique, ainsi que la production distribuée de l'électricité à travers des sources d'énergie renouvelable.

Batterie (Lithion-ion) :

La batterie est un élément indispensable dans les réseaux électrique intelligent, elle est l'élément clé de toute gestion d'énergie au sens de répartition et au sens d'optimisation. Pource faire, le modèle que nous allons utiliser, et qui correspond au mode de simulation que nous voulons exploiter est un modèle comportemental, ou la batterie est assimilé à une source de courant.

Paramètres block batterie :

Type : Uthium-Ion.

Temperature : simulate temperature effects.

Nominale voltage (V) : 440.

Rated capacity (Ah) : 30.

Initial state-of-charge (%) : 100.

Battery responce time (s) : 1.

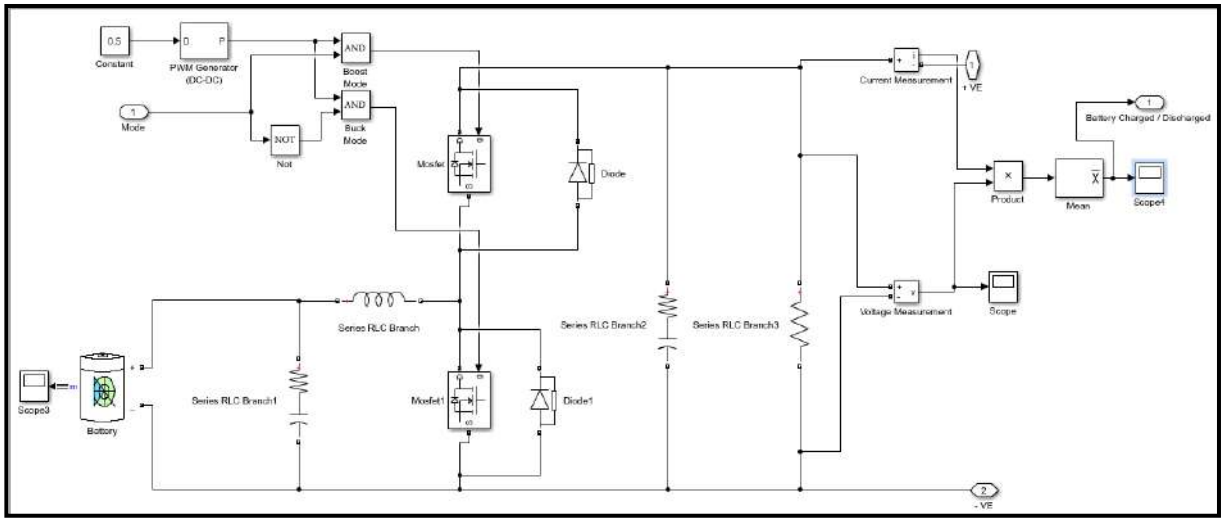
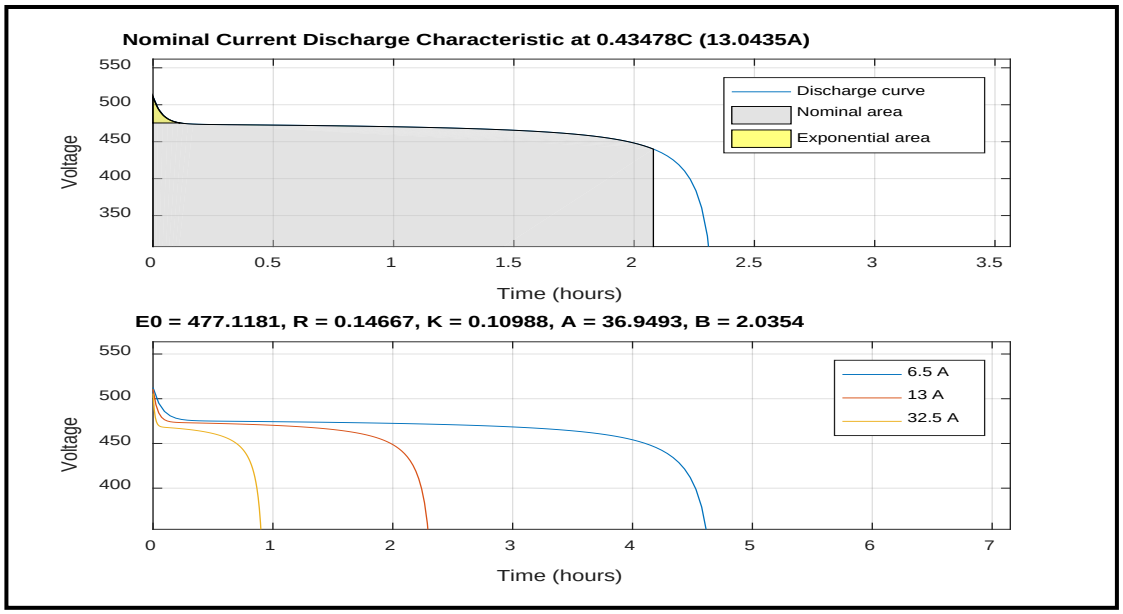


Figure IV.3 : block de la batterie.

Charge : Seulement avec chargeur spécial qui charge à 4.10V/élément (+/-0.05V) et qui limite le courant à minimum C/2 et maximum 1C.

Décharge : s'arranger pour qu'aucun élément ne se retrouve jamais sous la barre des 3V, car au-delà il y aura chute brutal de la tension et sous 2.5V l'élément est détruit. Notez que l'accu voit sa tension croitre de 10 % environ en s'échauffant car la réaction chimique est favorisée.



Ne pas dépasser 50°C.

Figure IV.4 : décharge batterie (Lithion-ion)

Stockage : à l'état charge.

Tension caractéristiques :

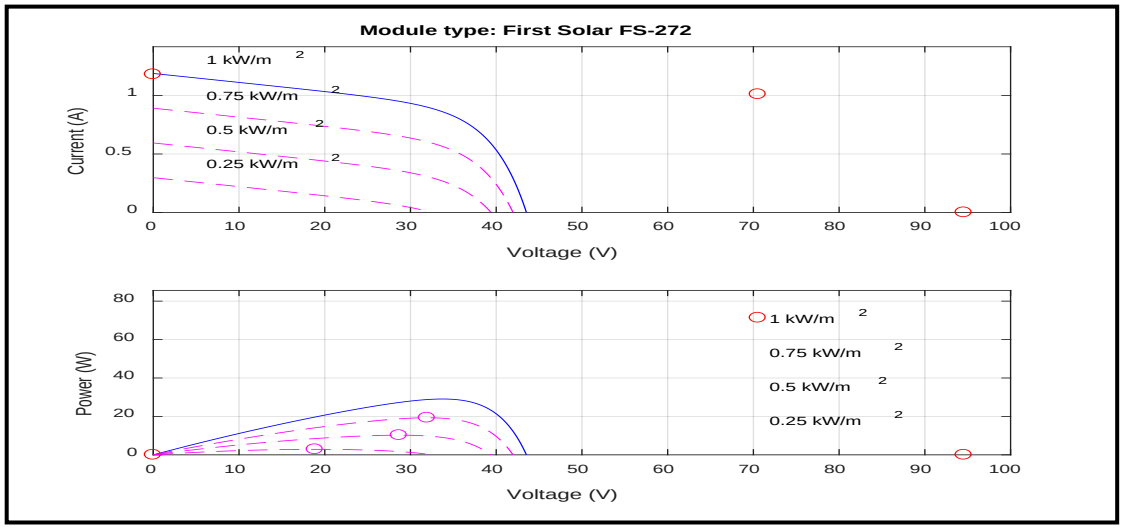
- 4.10V/élément en fin de charge = tension maximale.
- 3.6V/élément : tension nominale.
- 3.0V/élément : décharge.
- 2.5V/élément : tension nominal.

Module PV (First Solar FS-272) :

Principales caractéristique :

- Produit un rendement énergétique élève dans une large gamme de conditions climatiques avec une excellente réponse à la faible luminosité et un excellente coefficient de réponse en température.
- Prouve pour effectuer comme prévu avec un ratio de performance (PR) élève.
- Le stratifié sans cadre est robuste, économique et recyclable, et ne nécessite pas de mise à la terre du module.

Fabriqué dans des installations hautement automatisées et à la pointe de la technologie, certifiées selon les normes de gestion de qualité et de l'environnement ISO9001:2000 et



ISO14001:2004.

Figure IV.5 : caractéristique module PV.

Paramètres block PV :

- Module type : First Solar FS-272.
- Number of cells per module : 116.
- Number of serles-connected modules per string : 2.
- Number of parallel strings : 100.
- Module specification under STC [Voc ,Isc ,Vmp ,Imp] : [94.5738 1.18103 70.558 1.01088].
- Module parameters for 1 module [Rs, Rp, Isat, Iph, Qd] : [7.7692 1044.9 1.1116^{e}-68 1.1898 2.3].
- Sample time : 10.

Eolienne :

Paramètres Wind Turbine :

- ✓ Nominal mechanical out putpower(W) : 8.5e3.

Base power of the electrical generator (VA) : 8.5e3/9.

- ✓ Base wind speed (m/s) : 12.
- ✓ Maximum power at base wind speed (pu of nominal mechanical power) :8.
- ✓ Base rotational speed (p.u. of base generartor speed) : 1.
- ✓ Pitch angle beta to display wind-turbin power characteristics (beta >=0) (deg) :0.

Paramètres PMSG (Magnet Synchronous Machine) :

- ✓ Number of phases : 3.
- ✓ Back EMF waveform : sinusoidal.

- ✓ Rotor type : round.
- ✓ Mechanical input : torque Tm.
- ✓ Prest module : no.

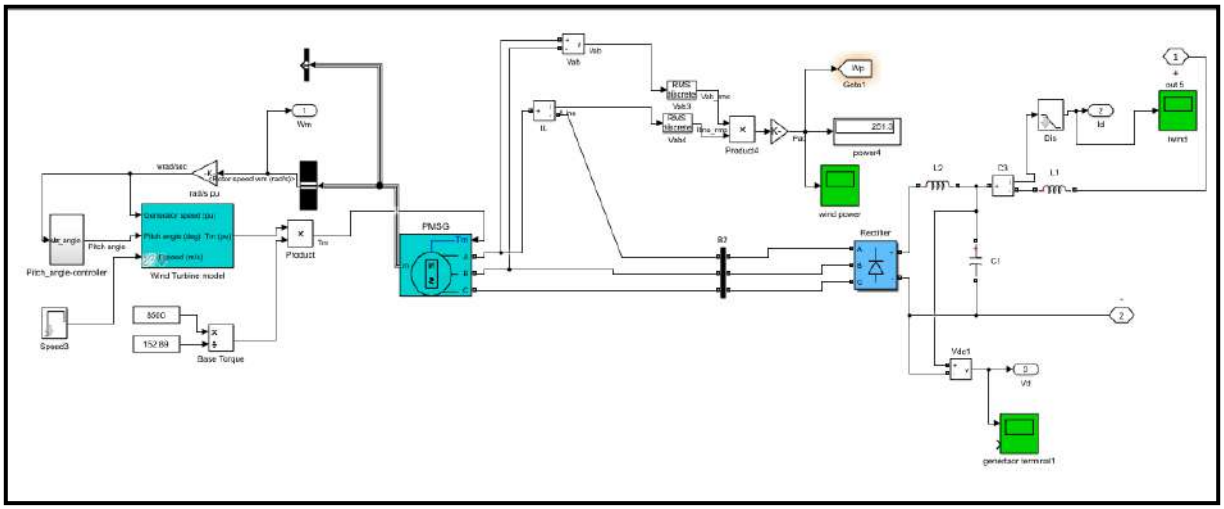


Figure IV.6 : block de l'éolienne.

Résultats de simulation et discussions :

La puissance produite par le générateur photovoltaïque est estimée à partir de l'irradiation globale sur plan incliné, de la température ambiante et des données constructrices.

Elle s'exprime par la relation donnée par :

$P_{pv}=\eta_{pv}\times A_G\times I_S$ avec :

A_G : la surface totale d'absorption du générateur photovoltaïque (m^2).

η_{pv} : le rendement du générateur PV.

I_S : irradiation solaire globale de la zone considérée (W/m^2).

La puissance extraite par une éolienne déponde de la vitesse du vent. Dans la littérature, plusieurs modèles sont présentes pour simuler la caractéristique Puissance- vitesse des

éoliennes. Parmi ces modèles se trouve le modèle quadratique décrit par l'équation suivante :

$$P_{wt}(V_w) = \begin{cases} P_n \cdot \dfrac{V_w^2 - V_{st}^2}{V_w^2 - V_{st}^2} & V_{st} < V_w < V_n \\ P_n & V_n < V_w < V_{sp} \\ 0 & V_w \le V_{st} \quad et \quad V_w \ge V_{sp} \end{cases}$$

Où :

P_n : est la puissance électrique nominale.

V_w : est la vitesse du vent à la hauteur du moyeu.

V_{st} : vitesse de démarrage.

V_n : vitesse nominale définie comme la vitesse à laquelle la puissance produite par l'éolienne est maximale.

Vsp : vitesse d'arrêt spécifique.

Alors nous allons fait la simulation pour deux cas. Pour que la puissance de la charge égale 300e3W (P=300e3) et pour une valeur de 100e3W (P=100e3). On obtient le même graphe pour les deux cas :

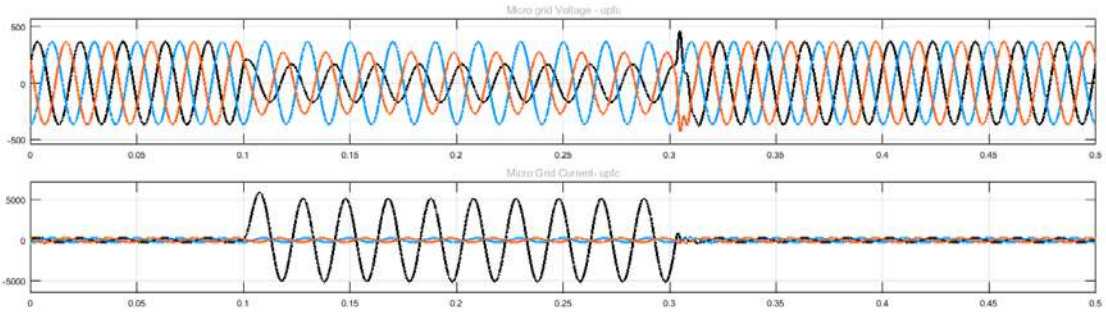


Figure IV.7 : tension et courant du réseau

1er cas : Simulation pour P=300e3W (Puissance active de la charge).

PV module :

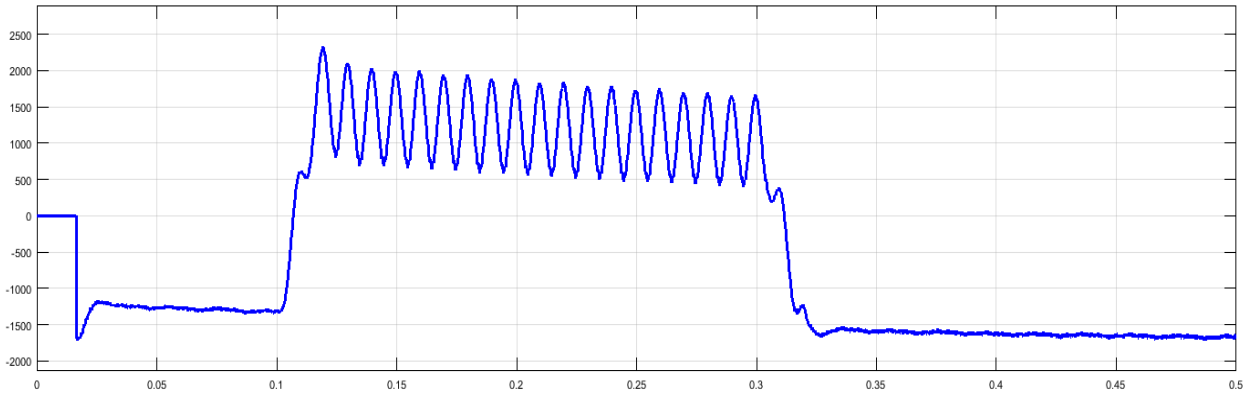


Figure IV.8 : charge décharge de la batterie.

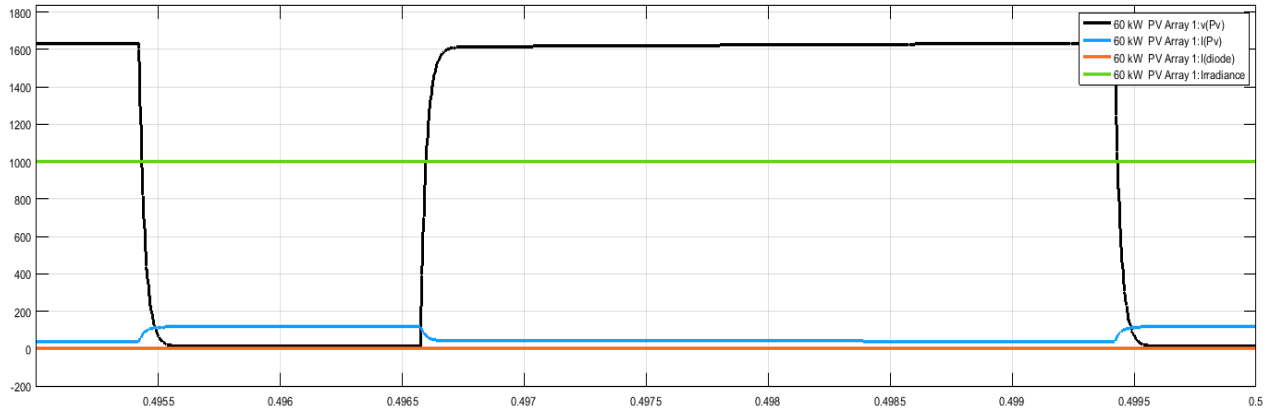


Figure IV.9: courant tension I diode I irradiance d'une PV module 60KW.

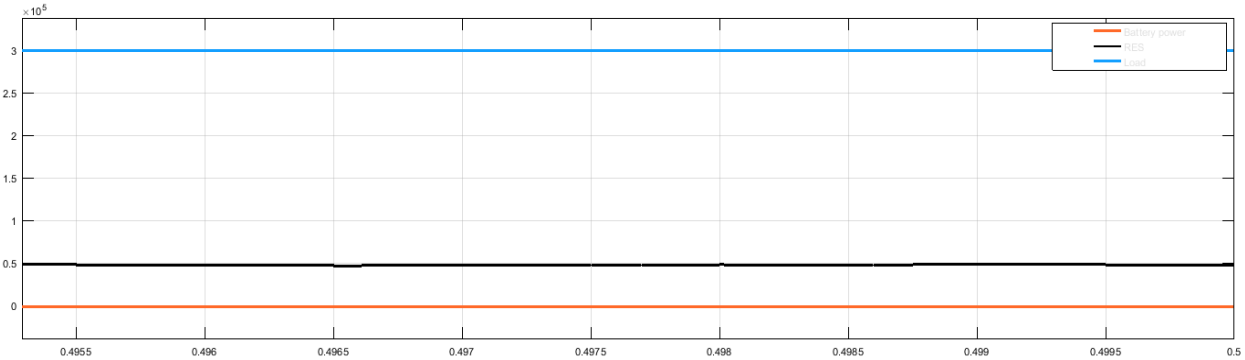


Figure IV.10: RES/charge batterie énergie.

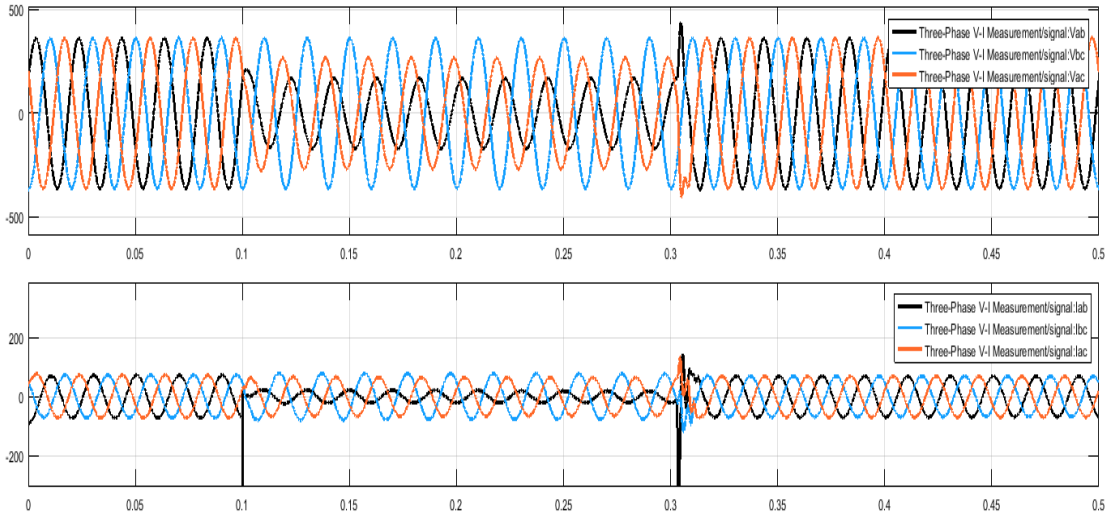


Figure IV.11 : tension et courant total PV et batterie.

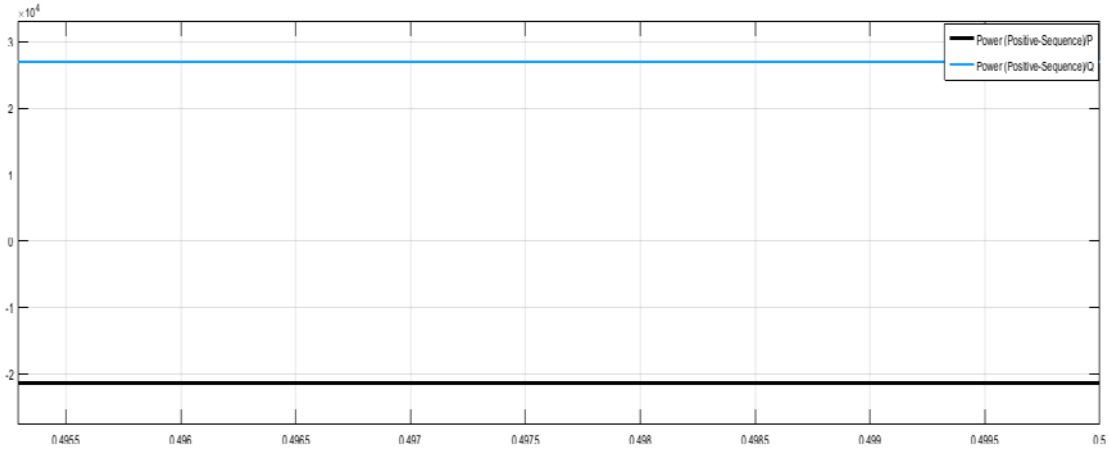


Figure IV.12 : puissance totale (active et réactive) de PV et batterie.

Eolienne block :

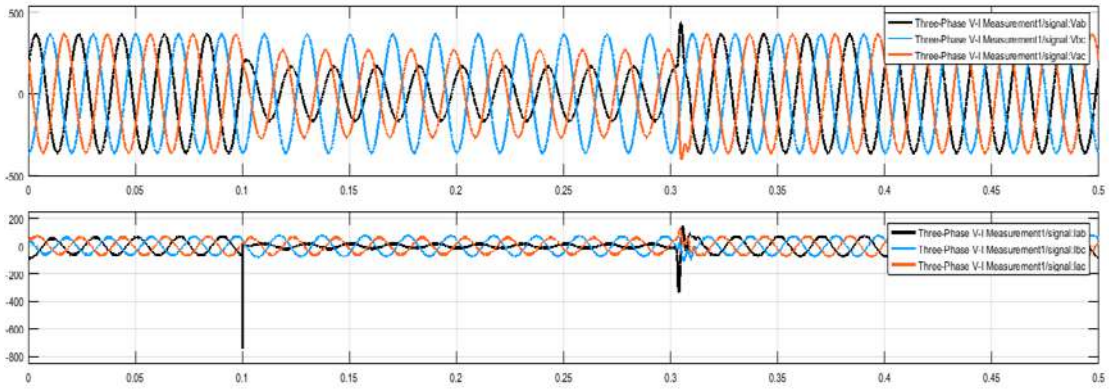


Figure IV.13 : tension courant d'éolienne.

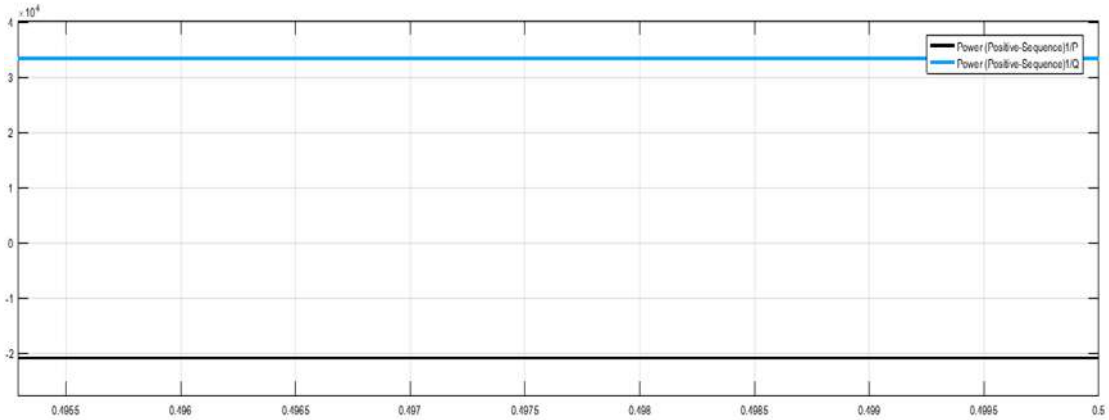


Figure IV.14 : puissance totale (active et réactive) d'éolienne.

2éme cas : Simulation pour P=100e3W (Puissance active de la charge).

PV module :

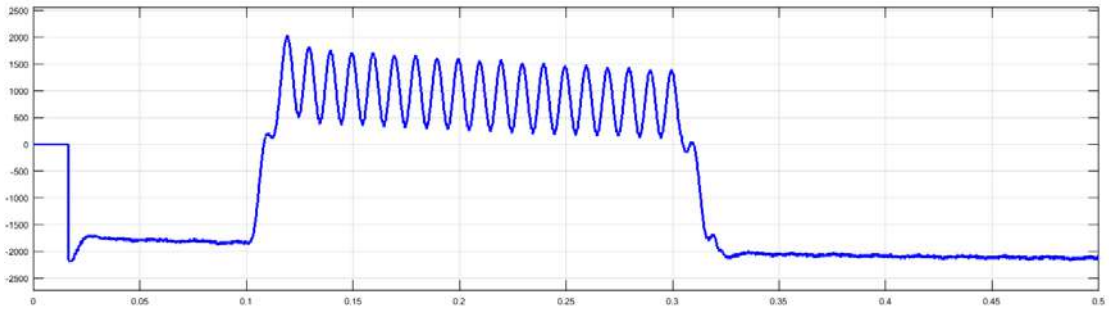


Figure IV.15 : charge et décharge de la batterie.

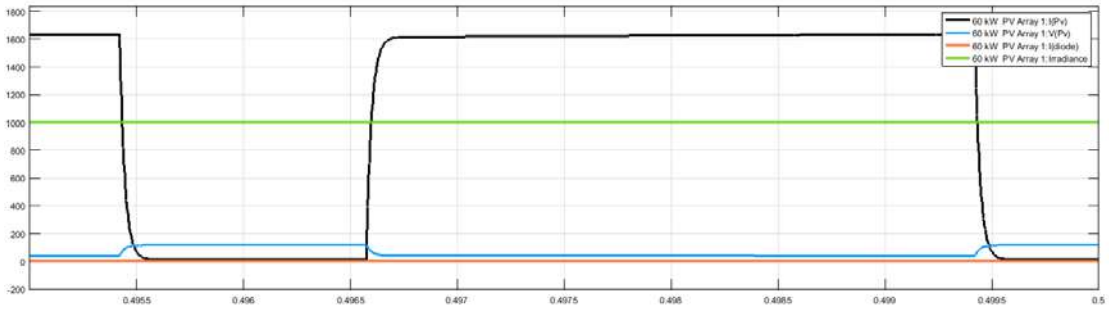


Figure IV.16 : courant tension I diode I irradiance d'une PV module 60KW.

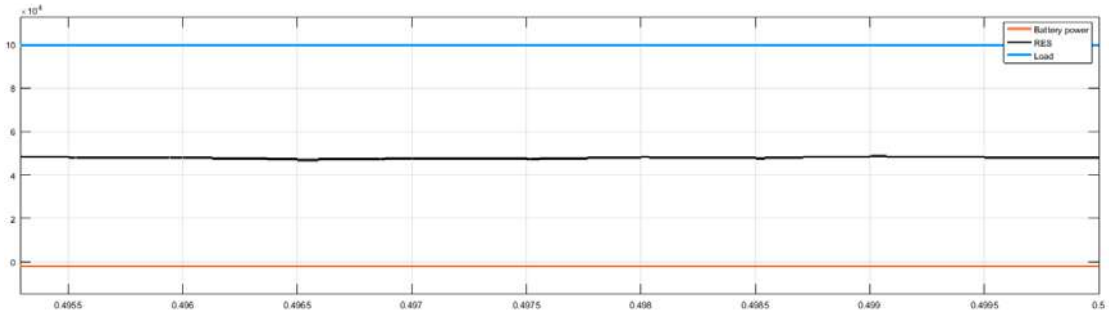


Figure IV.17 : RES/charge batterie énergie.

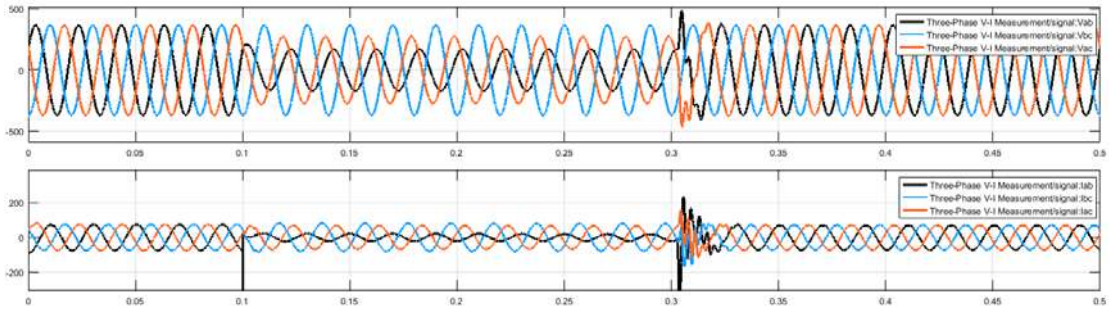


Figure IV.18 : tension et courant total PV et batterie.

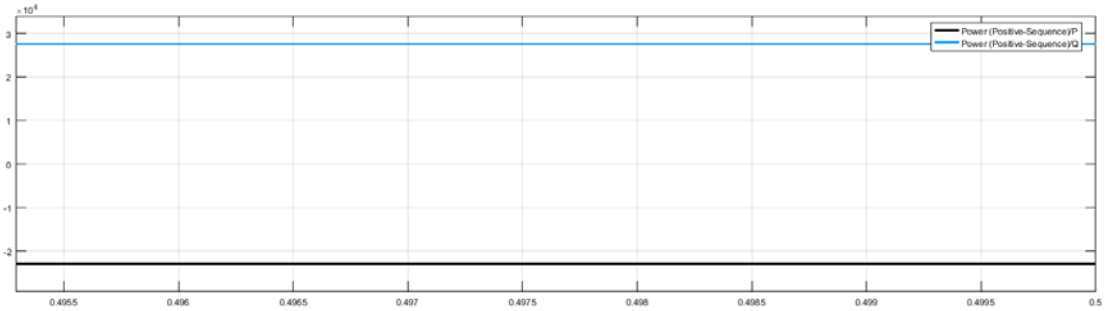


Figure IV.19 : puissance totale (active et réactive) de PV et batterie.

Eolienne block :

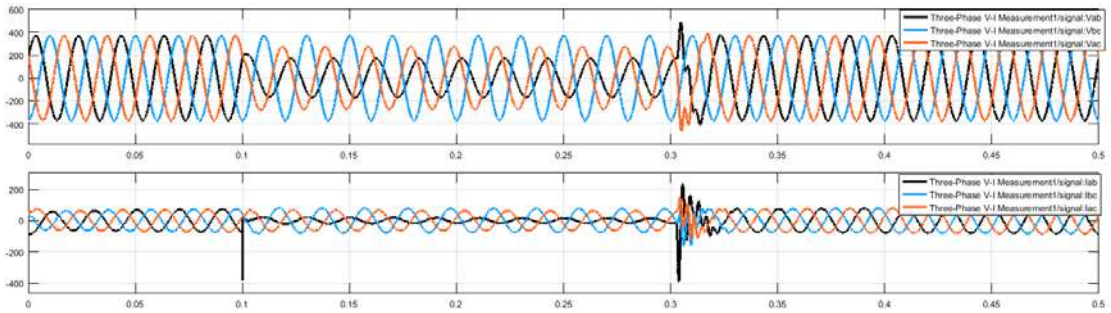


Figure IV.20 : tension courant d'éolienne.

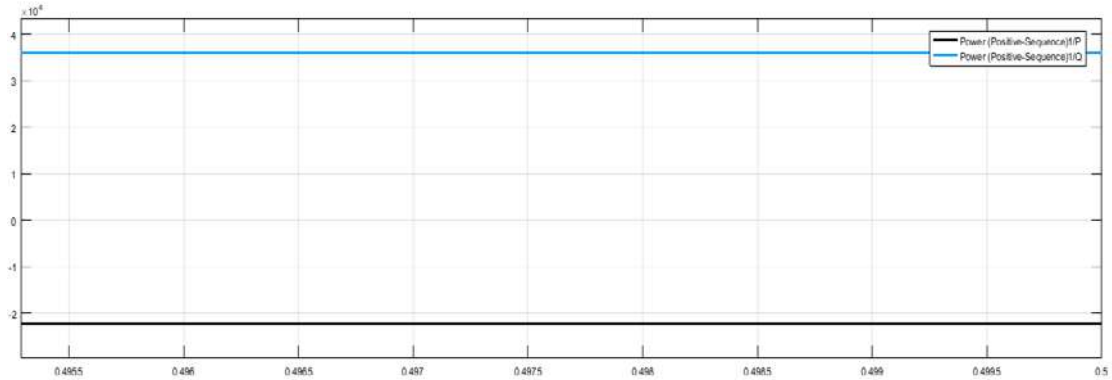


Figure IV.21 : puissance totale (active et réactive) d'éolienne.

D'après les résultats et les graphes donnée par cette simulation nous trouvons que :

Dans les deux cas nous avons les mêmes résultats pour : courant tension I diode I irradiance d'une PV module 60KW, tension et courant total PV et batterie, puissance totale (active et réactive) de PV et batterie, tension courant d'éolienne, puissance totale (active et réactive) d'éolienne. Mais pas pour la charge et la décharge de la batterie et RES/charge énergie, dans le première cas pour le décharge à la valeur de (-1600W) et la valeur de charge est (2300W). Charge à une valeur (3e5W), RES (0.5e5W) batterie a une valeur de 0, pour le deuxième cas la décharge (-2200W), charge (2000W). Charge à une valeur de (10e5W), RES (4.5e5W), et batterie avec une valeur de (-0.2e5W). Alors la valeur de puissance active de la charge à le fait de faire la déférence si en augmente ce dernière, la valeur de charge et décharge et charge augmenter et le contraire est vrai.

Conclusion :

Dans ce chapitre, un algorithme de gestion de l'énergie pour les HES (éoliennes, générateurs photovoltaïque et diesel) installés sur le site. L'énergie produite par les éoliennes et le générateur photovoltaïque est utilisée de manière optimale. L'algorithme de maitrise de l'énergie développe dépond à la fois : des caractéristiques métrologiques de site ou le système est installé et aussi du profil de consommation. En effet, le caractère intermittent des sources renouvelables rend difficile la prévision de la production d'énergie pour assurer un approvisionnement de la charge.

Conclusion générale :

Dans ce travail, nous avons présenté les réseaux électriques (réseau classique et intelligent), puis on à fait une comparaison entre ces deux réseaux. On à présenté aussi les énergies renouvelables et on s'est concentré sur l'étude du photovoltaïque éolienne de point de vue caractéristiques. L'objectif principal est l'étude et la gestion énergétique dans les réseaux électriques comportant des systèmes de conversion d'énergie renouvelable.

Le travail effectué dans le cadre de ce projet de fin d'études nous a permis d'étudier les réseaux électriques intelligents, ainsi de simuler le fonctionnement d'un réseau électrique de distribution avec ces différents composants

Nous avons la technique de simulation Mtlab/Simulink qui permet d'étudié les réseaux électriques ainsi que l'interaction entre ces derniers et les éléments qu'y sont connectés. Ceci est fait pour de grandes périodes de test, qui permettent d'étudié l'efficacité énergétique ainsi quel la qualité d'énergie.

Ce travail offre quelques perspectives que nous présentons ci-dessous :

- Un travail approfondi pourra être consacré à améliorer les algorithmes de gestion pour pouvoir optimisé la consommation dans toute une cité connectée.
- Concernant la qualité dernière, on peut explorée plus en détails les éléments perturbateur (ex : véhicule électrique) du réseau, et d'améliorer leur intégration.

Les résultats de simulation obtenus ont montré l'efficacité de la plateforme conçue ainsi que les algorithmes développés.

En effet, ce projet relève d'une importance totale pour notre pays qui cherche à réduire les coûts de sa consommation énergétique, ces coûts sont devenus de plus en plus gênant dans la comptabilité du pays.

[1] Philippe Carrive, Réseaux de distribution « Structure et planification » Technique de l'ingénieur D4 210.

[2]Chelbi Moncef Elislem « Etude exégétique d'une centrale thermique à vapeur » mémoire de master en énergétique et environnement, université Badji Mokhtar Annaba, 2016.

[3]Derradj Lounis « Généralité sur les réseaux électriques » mémoire.

[4]Bemana Ngueouele Yannick « Modélisation des injections de puissance d'un système PV sur un réseau public », institut international d'ingénierie de l'Eau et de l'Environnement, Mémoire Master 2012.

[5]Raharijaona Vonihasina Bernard « Analyse d'un réseau radial d'un renforcement de puissance ». Mémoire d'Ingénieur en Génie industriel de l'Ecole Supérieure Polytechnique de l'Université d'Antananarivo, 18 septembre 2010.

[6] Terkia Nabeche & Fatima tezkratt « Restructuration du réseau électrique MT de la région de Fréha pour alimentation du pole d'excellence de Tamdes », mémoire de Master en électrotechnique industrielle 2014.

[7]M.Zellagui « étude des protections DES RÉSEAUX ÉLECTRIQUES MT (30 &10 kV) », mémoire de magister en électrotechnique, Université Mentouri Constantine , 2010.

[8]A.Abdelbaki & D.Belkhiri& Y.Lahouassa « Calcul de courant de court-circuit dans les réseaux électriques », Mémoire d'ingéniorat de l'université de M'sila, Département d'Electronique, 2012.

[9] M. S. Thomas J. D. Mc. Donald, "Power system SCADA and Smart Grid", pp. 152-153, New York, 2015.

[10] P. H. J. Nardelli and all, "Models for the modern power grid", The European Physical Journal Special Topics, Vol. 223, pp. 2423-2437. 2014.

[11] J. P. S. Catalaõ, "Smart and Sustainable Power Systems", by Taylor & Francis Group, 2015.

[12] Sebaa Haddi « contribution à l'optimisation de l'insertion des énergies renouvelables dans un réseau électrique intelligent (Smart Grid) » mémoire de Doctorat en électrotechnique , université Ferhat ABBAS Setif 1, 2019.

[13] N.Bemana ''Modélisation des injections de puissance d'un système PV sur un réseau public », mémoire de Master en Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement, institut internationale Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement, 2012.

[14]W. Zappa, M. Junginger, and M. van den Broek, "Is a 100% renewable European

power systemfeasible by 2050?”Applied Energy 233–234 (2019) 1027–1050.

[15]Joel DE Rosnay, journal « le média citoyen » article, 29-04-2011.

[16]Y. Rionneau. “Gestion des flux énergétique dans un système photovoltaïque avec stockage connecté au réseau ” Application _a l’habitat. Electric power”. Universite Joseph-Fourier – Grenoble I, 2009. French.

[17]G. Basso. “Approche a base d'agents pour l'ingénierie et le contrôle de micro-réseaux. Computers and Society ”. Université de Technologie de Belfort-Montbéliard, 2013. French

[18] M. D. Ilic, "From hierarchical to open access electric power systems", Proceedings of the IEEE 95 (5) 1060–1084, 2010.

[19] A Report on Transmission and Distribution in India ," Power Grid India Corporation Limited", disponible sur: http://powergridindia.com, [consulté le:02 décembre 2016].

[20] Z. Jiang, F. Li, W. Qiao, H. Sun, H. Wan, J. Wang, Y. Xia, Z. Xu, P. Zhang , "A vision of smart transmission grids," Power & Energy Society General Meeting, PES '09. IEEE, vol., no. pp.1-10, 2009.

[21] X. Fang, S. Misra, G. Xue, D. Yang, "Smart Grid — The New and Improved Power Grid: A Survey," Communications Surveys & Tutorials, IEEE , vol.PP, no.99, pp.1- 37,2011

[22] V. C. Gungor, D. Sahin, T. Kocak, S. Ergut, C. Buccella, C. Cecati, G. P. Hancke, "Smart Grid Technologies: Communication Technologies and Standards," Industrial Informatics, IEEE Transactions on, vol.7, no.4, pp.529-539, 2011.

[23] C. Papermans, "Valuing smart meters" Energy Economics, vol. 45, pp. 280 294, 2014.

[24] ERDF, "Linky, le compteur communicant d'ERDF ", disponible sur: http://www.erdf.fr/linky le-compteur-communicant-derdf, [consulté le: 28 novembre 2016].

[25] A. Mercier," Pilotage de la production décentralisée et des charges non conventionnelles dans le contexte Smart Grid et simulation hybride temps réel," Thèse de doctorat, Université Grenoble alpes, France, 2015.

[26] christian fontaine “réseaux intelligents“, « commission de régulation de l’electricité et du gaz, Belgique « [2011].

[27] G. D’Oliveira. Approche hybride d’optimisation pour la gestion d’energie dans le batiment , 2013.

[28] Joelle Klaimi. Gestion multi-agents des smart grids intégrant un système de stockage : cas résidentiel. Energie électrique. Université de Technologie de Troyes; Université libanaise, 2017.

[29] H.A. Aalami, M. Parsa Moghaddam, and G.R. Yousefi. Evaluation of nonlinear models

for time-based rates demand response programs. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 65 :282– 290, 2015.

[30] R. Deng, Z. YANG, M. Y Chow, and J. Chen A survey on demand response in smart grids : Mathematical models and approaches. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 11(3): 570–582, 2015.

[31] Y. Ghiassi-Farrokhfal, S. Keshav, and C. Rosenberg. toward a realistic performance analysis of storage systems in smart grids Smart Grid, IEEE Transactions on , 6(1) :402-210, Jan 2015.

[32] CRE. http : // www.smartgrids-cre.fr/, 2015.

[33] P. Siano. Demand response and smart grids-a survery. Renewable and Sustainable, 30(0) :461 – 478, 2014.

[34] M.C. Falvo, Graditi, and P. Siano. Electric vehicles integration in demand response programs. In power Electrronics, Electrical Drives, AUTOMATION AND Motion (SPEEDAM), 2014 International Symposium on, pages 548-553, June 2014.

[35] M.H. Albadi and E.F. EL-Saadany. A summary of demand response in electricity markets. Electric Power Systems – 1996,2008.

[36] J. S. Vardakas, N. Zorba, and C. V. Verikoukis. A survey on demand response programs in smart grids : Pricing methods and optimization algorithms. *IEEE* Communications Surveys Tutorials, 17(1) :152–178,2015.

[37]S. Sofana Reka and V. Ramesh. A smart survey on demand response potential in global energy market. Indian Journal of Science and Tech- nology, 8(S9), 2015.

[38] Y. Guo, M. Pan, and Y. Fang. Optimal power management of resi- dential customers in the smart grid. Parallel and Distributed Systems, IEEE Transactions on, 23(9) :1593–1606, Sept 2012.

[39] H. Kanchev, Di Lu, F. Colas, V. Lazarov, and B. Francois. Energy management and operational planning of a microgrid with a pv-based active generator for smart grid applications. Industrial Electronics, IEEE Transactions on, 58(10) :4583–4592, Oct 2011.

[40]C.M. Colson and M.H. Nehrir. Algorithms for distributed decision- making for multi-agent microgrid power management. In Power and Energy Society General Meeting, 2011 IEEE, pages 1–8, July 2011.

[41]N. Javaid, I. Khan, M.N. Ullah, A. Mahmood, and M.U. Farooq. A survey of home energy management systems in future smart grid com- munications. In Broadband and Wireless Computing, Communication and Applications (BWCCA), 2013 Eighth International Conference on, pages 459–464, Oct 2013.

[42]N.S. Wade, P.C. Taylor, P.D. Lang, and P.R. Jones. Evaluating the benefits of an electrical energy storage system in a future smart grid.

[43]Battery energy storage for smart grid applications. Technical report, EUROBAT, 2013.

[44]The future role and challenges of energy storage. Technical report, european commission directorate-general for energy.

[45] I. Colak, Se. Sagiroglu, G. Fulli, M. Yesilbudak, and C. Covrig. A survey on the critical issues in smart grid technologies. Renewable andSustainable Energy Reviews, 54 :396 – 405, 2016.

[46]G. Venkataramani, P. Parankusam, V. Ramalingam, and J. Wang.A review on compressed air energy storage – a pathway for smart grid and polygeneration. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 62 :895 – 907, 2016.

[47]A. Dedé, D. D. Giustina, G. Massa, M. Pasetti, and S. Rinaldi. A smart pv module with integrated electrical storage for smart grid ap- plications. In 2016 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion (SPEEDAM), pages 895– 900, June 2016.

Résumé :

Le travail présenté est une contribution sur la gestion d'énergie d'un système de production électrique hybride autonome base sur des sources d'énergie renouvelable. Dans ce système, des générateurs photovoltaïques et éoliens sont choisis comme source secondaire. Un pack de batteries est utilise pour stocker un surplus d'énergie. Une collection de bus CC parallèle de puissance est choisie pour le système de distribution. Chaque source est connecte via un convertisseur de puissance. Les modèles des principaux composants inclus dans l'installation sont présentes. Sur la base de ces modèles, l'algorithme de gestion de l'énergie propose du système hybride autonome est développé. Pour validation de l'algorithme de gestion de l'énergie proposé, les résultats de simulation de l'ensemble de système sont présents.

Mots clés : Gestion des flux énergétique, système hybride, photovoltaïque, éolienne.

Abstract:

The work presented is a contribution on power management of standalone hybrid electric generation system based on renewable energy sources. In this system, a photovoltaic and wind turbine generators are chosen as principals sources. A diesel generator is used as secondary source. A pack of batteries is used for stocking a surplus energy. A parallel DC bus collection of power is chosen for distribution system. Each source is connected via power converter. The models of major components included in the installation are presented. Based on these models, the proposed power management algorithm of the autonomous hybrid system is developed. For validation of the proposed algorithm, simulation results of the whole system are presented.

Keywords: Energy flow management, hybrid system, photovoltaic, wind turbine, diesel generator.

الملخص

العمل المقدم هو مساهمة في إدارة الطاقة لنظام إنتاج كهربائي هجين مستقل يعتمد على مصادر الطاقة المتجددة.في هذا النظام ، يتم اختيار المولدات الكهروضوئية و مولدات الرياح كمصادر رئيسية . يستخدم مولد الديزل كمصدر ثانوي . تستخدم حزمة بطارية لتخزين الطاقة الزائدة . يتم اختيار مجموعة من نواقل التيار المستمر ذات القدرة المتوازية لنظام التوزيع . كل مصدر متصل عبر محول طاقة . يتم عرض نماذج المكونات الرئيسية المضمنة في التثبيت . بناءً على هذه النماذج ، تم تطوير خوارزمية إدارة الطاقة المقترحة للنظام الهجين المستقل . للتحقق من صحة الخوارزمية المقترحة ،

يتم تقديم النتائج