



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de L'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة الجيلالي بونعامة خميس مليانة

Djilali BOUNAAMA Université - Khemis Miliana

كلية العلوم والتكنولوجيا

Faculté des Sciences et de la Technologie

قسم الهندسة الكهربائية

Département de Génie Electrique

Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du Master

En Science et Technologie

Filière : Electrotechnique

Spécialité : Electrotechnique Industrielle

Effet d'intégration d'énergies renouvelables sur la répartition économique de puissance

Présenté par

KORI YAHIA walid

MAHAMMEDI ayoub

Encadré par

Mr AZIZOU Fethi

L'année Scolaire

2020 / 2021

Remerciements

*Tout d'abord je remercie dieu de m'avoir donné courage et volonté de réaliser ce travail ainsi que la famille universitaire de **Khemis-Miliana** en particulier la faculté des sciences et technologie.*

*Je tiens à exprimer ma profonde gratitude et reconnaissance envers mon encadreur **Mr AZIZOU Fethi** pour le temps qu'il a consacré à mon travail, pour ses : conseils, réflexions intelligentes, encouragements et pour le soutien qui ont grandement facilité ce travail.*

Toute ma gratitude et mon respect aux membres de jury qui ont accepté de siéger cette commission

Walid ky

Remerciements :

Je remercie Allah, le tout puissant de m'avoir appris ce Que j'ignorais, de m'avoir donné la santé et tout dont je necessitais pour L'accomplissement de ce mémoire.

*Je remercie, L` encadreur, Mr **fethi Azizou**, pour son Encadrement, ses directives et sa disponibilité. Aussi, je le remercie pour ses Encouragements, son indulgence, et sa sympathie.*

Egalement, je remercie les autres membres du jury pour l'honneur de bien vouloir apporter leur jugement à notre travail

Ayoub

DEDICACES

Parce qu'il a des choses plus faciles à écrire qu'à dire, je dédie ce

Modeste travail de fin d'étude :

*A mes symboles d'affection et de tendresse ma grande mère et Ma chère **maman** et mon cher **père**.*

*A mes **frère** Abderrahmane Oussama Aymen et ma cher sœur leur soutien moral et leurs sacrifices au long de ma formation.*

*A ma grande **famille***

*A tous mes **amis***

A tous mes collègues de promotion 2021

Walid ky

DEDICACES

A mes chers parents ,

à mes chers frères et sœurs,

à mes chers amis

A tous mes collègues de promotion 2021

je dédie ce travail.

Ayoub

Nomenclature

- **ai** : coût de marche à vide de la i ème unité
- **bi** : coefficient de cout linéaire de la i ème unité.
- **Bij** : les coefficients de la formule des pertes ou les B-coefficients (l'élément (i, j) de la matrice carrée).
- **Bi0** : l'élément lié au générateur i .
- **B00** : constante représentant les pertes du système lorsque la demande de la charge est nulle.
- **Ci** : coefficient de cout quadratique de la i ème unité.
- **f(x)** : la fonction objectif à optimiser.
- **FT** : la fonction de cout total de la centrale.
- **g(x)** : les contraintes d'inégalités mises sous la forme $g(x) \leq 0$.
- **g best** : meilleure position rencontrée par l'essaim jusqu' à l'itération k .
- **h(x)** : la contrainte d'égalité mis sous la forme $h(x) = 0$.
- **Ng** : nombre de générateurs (unités).
- **O** : nombre de butineuse inactive.
- **Pv** : photovoltaïque
- **Pgi** : la puissance générée par une centrale i (puissances délivrées).
- **Pd** : la puissance active totale absorbée par toute la charge (puissance demandé).
- **PL** : représente les pertes de transmis

LISTE DES FIGURE

Figure1. 1 Les centrales thermiques.....	5
Figure1. 2 Une centrale thermique.....	7
Figure1. 3 Centrale à gaz :	8
Figure1. 4 Principe de fonctionnement d'une Centrale à Cycle combiné.....	9
Figure1. 5 Fluctuations infra journalières	11
Figure1. 6 Courbe de charge de l'Algérie ; fluctuations hebdomadaires [10].....	12
Figure1. 7 Courbe de charge de l'Algérie fluctuations saisonnières [10].....	12
Figure1. 8 Les énergies renouvelables	13
Figure1. 9 Énergie géothermique	14
Figure1. 10 Energie de la biomasse	15
Figure1. 11 Énergies Photovoltaïques.....	16
Figure1. 12 Principe de la conversion photovoltaïque.....	18
Figure1. 13 Effet d'éclairement sur les caractéristiques de module pv.....	21
Figure1. 14 Effet de température sur les caractéristiques de module PV.....	22
Figure1. 15 Energie hydraulique	23
Figure1. 16 Eoliennes à axe vertical	25
Figure1. 17 Eoliennes à axe horizontal	25
Figure1. 18 Principaux composants d'une éolienne.....	26
Figure1. 19 La puissance d'éolienne par rapport de vitesse de vent.....	28
Figure 1. 20 Courbe de puissance relative à l'éolienne (vestas V47 [660kW]).	30
Figure1. 21 Courbe de charge de 19 juil.	31
Figure1. 22 Résultat de la simulation du système en 19 juil. La vitesse de vent et la puissance de sortie (éolienne).....	32
Figure1. 23 Résultat de la simulation du système en 19 juil. L'éclairement et la puissance de sortie (PV)	32
Figure.2. 1 Les méthodes d'optimisation (classification)	38
Figure.2. 2 Le diagramme de la méthode itérative de Lambda Sans considération de pertes [3]	41
Figure.2. 3 Le schéma général des techniques méta-heuristiques [35].....	44
Figure.2. 4 L'algorithme d'OEP.....	47
Figure.2. 5 Organigramme général de la méthode PSO.....	48
Figure.2. 6 Organigramme d'un algorithme génétique	50

LISTE DES FIGURE

Figure 3. 1 Organigramme générale de programmation quadratique	54
Figure 3. 2 Courbe de charge de la consommation journalière.....	56
Figure 3. 3 La courbe de cout 24 h.....	59
Figure 3. 4 La puissance générée par l'éolienne pendant 24 h (KW)	61
Figure 3. 5 La puissance générée par Pv pendant 24 h (KW).....	62
Figure 3. 6 La courbe de cout avec considération les énergies renouvelables.....	65
Figure 3. 7 La courbe de cout avec considération les énergies renouvelables.....	66

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. 1 Rendement de cellule-----	19
Tableau 1. 2 Caractéristique de sortie des cellules PV -----	21
Tableau 3. 1 la puissance demandé pondant 24h (la consommation journalière) [24]	55
Tableau 3. 2 Les Données du système à dix générateurs [24]	57
Tableau 3. 3 Résultats de simulation sans énergie renouvelable	58
Tableau 3. 4 La puissance générée par l'énergie renouvelable (Pv + éolienne)	61
Tableau 3. 5 Résultats de simulation avec intégration d'énergie renouvelable	64

RÉSUMER

Résumer

La répartition économique d'énergie électrique, ou le dispatching économique est un secteur essentiel dans les réseaux électriques c'est la minimisation du cout total de production en satisfaisant la demande de la charge.

Dans ce mémoire on a étudié l'effet d'intégration d'énergie renouvelable sur la répartition économique de puissance on a choisi une simple méthode d'optimisation (la programmation quadratique QP) avec un programme (sous Matlab).

Les mots clé: Dispatching économique, méthodes méta-heuristique, Intelligence artificielle, méthode PSO (Particle Swarm Optimization), les énergies renouvelables, la programmation quadratique (PQ)

Abstract

The economical distribution of electrical energy, or economic dispatching, is a essential sector of power grids is cost minimization total production by satisfying the demand of the load.

In this thesis we studied the effect of the integration of renewable energies on the economic distribution of energy, we chose a simple optimization method (quadratic programming QP) with a program (under Matlab).

Key words: economic dispatch , meta-heuristic methods, artificial intelligence, PSO (Particle Swarm Optimization) method, renewable energies, quadratic programming (PQ)

المخلص:

يعتبر التوزيع الاقتصادي للطاقة الكهربائية او الارسال الاقتصادي قطاعا أساسيا في الشبكات الكهربائية وهو التقليل من الكلفة الاجمالية لإنتاج الطاقة الكهربائية مع توفير الطاقة المطلوبة للاستهلاك.

في هاته المذكرة درسنا تأثير ادماج الطاقات المتجددة في الشبكات الكهربائية على مشكلة الارسال الاقتصادي

حيث اخترنا طريقة بسيطة لحل مشكلة التوزيع الاقتصادي (البرمجة التربيعية) عن طريق برنامج المحاكاة ما تلاب.

الكلمات المفتاحية: التوزيع الاقتصادي، طرق الاستدلال الفوقي، الذكاء الاصطناعي، طريقة سرب الجسيمات، الطاقات المتجددة، البرمجة التربيعي

LA TABLE DES MATIERES

Chapitre 1 : généralités sur la production d'énergie électrique

1.1	Introduction	4
1.2	Les centrales thermiques :	4
❖	Avantage :	5
❖	Désavantage :	5
1.2.1	Centrale à vapeur :	7
1.2.2	Centrales à gaz :	7
1.2.3	Centrale à Cycle combiné :	8
1.3	La consommation électrique :	9
1.4	Prévision de la consommation :	10
1.5	Fluctuations de la consommation :	10
1.6	Les énergies renouvelables :	13
1.6.1	La géothermie :	14
1.6.2	La biomasse :	14
1.6.3	Énergie solaire photovoltaïque :	16
1.6.3.1	Historique de la cellule photovoltaïque :	16
1.6.3.2	Principe de la conversion photovoltaïque :	17
1.6.3.3	Type et rendement des cellules photovoltaïques :	18
	Tableau 1.1 Rendement de cellule	19
1.6.3.4	Caractéristiques de sortie PV :	19
1.6.3.5	Effets de température et d'irradiance solaire :	20
1.6.4	L'énergie hydraulique :	23
1.6.5	L'énergie éolienne :	23
1.6.5.1	Historique de l'éolien :	24
1.6.5.2	Les différents types d'éoliennes	24
	• Eoliennes à Axe Horizontal :	25
	• Eoliennes à Axe Vertical :	25
1.6.5.3	Principaux composants d'une éolienne :	25

LA TABLE DES MATIERES

1.6.5.3 Prévision de sortie de puissance : -----	27
1.7 Cas de Simulation d'un exemple d'une éolienne avec photovoltaïque : -----	29
1.7.1 Choix d'éolienne : -----	29
1.7.2 Choix de générateur PV : -----	30
1.7.3 Les résultats de simulation : -----	31
Conclusion : -----	33

Chapitre 2 : le dispatching économique

2.1 Introduction -----	35
2.2 Le dispatching économique : -----	35
2.2.1 La fonction objective : -----	36
2.2.2 Les contraintes : -----	36
2.3 Classification des problèmes d'optimisation : -----	37
2.3.1 Méthodes de résolution de dispatching économique (méthodes classique) : -----	38
2.3.1.1 La méthode de Kuhn-Tucker : -----	38
2.3.1.2 La méthode de l'itération lambda : -----	40
2.3.1.3 -----	41
2.3.2 Les méthodes méta-heuristiques : -----	43
2.3.2.1 Introduction : -----	43
2.3.2.2 Classification du méta heuristique : -----	44
2.3.2.3 Domaines d'utilisation du méta heuristique : -----	45
2.3.2.4 Caractéristiques des méta heuristiques : -----	45
2.3.2.5 -----	46
2.3.2.6 Les algorithmes génétiques : -----	48
2.4 Conclusion : -----	51

Chapitre 3 : résultat et interprétation

3.1 Introduction -----	53
3.2 La programmation quadratique : -----	53
3.3 Application du PQ au problème de dispatching économique de puissance : -----	54

LA TABLE DES MATIERES

3.4 L'application sur un système à dix générateurs sans considération de pertes : -----	55
3.4.1 Interprétation de courbe de charge :-----	56
3.4.2 Manipulation du programme : -----	56
3.4.3 Résultats et interprétations :-----	57
3.5 Système à dix générateurs avec considération d'énergies renouvelables : -----	60
3.5.1 Résultat et simulation :-----	63
3.5.2 Interprétation :-----	65
3.6 Conclusion :-----	66

INTRODUCTION GENERALE

Introduction Générale :

L'électricité est une forme d'énergie essentielle pour les activités humaines et un facteur clé de l'économie mondiale moderne. Contrairement à la réduction continue des ressources énergétiques, la demande d'énergie électrique dans les pays industrialisés est en constante augmentation. La planification du système électrique comprend l'élaboration de scénarios d'évolution de la demande d'électricité et la sélection des infrastructures pour répondre à ces besoins, c'est-à-dire quelles méthodes de production, de transport, de distribution et d'exploitation doivent être mises en œuvre et quand elles doivent être mises en œuvre. L'exploitation du système électrique consiste à utiliser pleinement les installations existantes. Les principes qui guident ces activités sont la sécurité opérationnelle et l'économie. [1]

Poussé par un environnement favorable (volonté politique, intérêts économiques, etc.), la production De nombreux pays développent un développement décentralisé. Les énergies renouvelables offrent la possibilité de produire de l'électricité propre, notamment avec une moindre dépendance aux ressources, à condition qu'elles acceptent leurs fluctuations naturelles et parfois des fluctuations aléatoires.

La production de l'électricité à partir des énergies renouvelables peut se faire par plusieurs façons que nous citons à titre d'exemple :

- L'électricité produite par le photovoltaïque
- L'électricité produite par l'éolien
- L'électricité produite par l'hydraulique [2]

Avec la demande croissante de l'énergie électrique et l'augmentation des prix du combustible, les compagnies d'électricité travaillent sans cesse pour garantir à leurs clients un approvisionnement continu et fiable en énergie électrique à des prix compétitifs .l'énergie électrique est produite en même temps qu'elle est consommée alors un système d'approvisionnement en électricité fiable et économique est indispensable au quotidien des populations. Par ailleurs les groupes de productions ont certaines limitations techniques qu'il ne faut pas dépasser pour satisfaire la charge fluctuante avec un cout minimal. Ceci est appelé le problème de dispatching économique [1] [3]

Donc la répartition économique de l'énergie électrique produite par des centrales qui ont chacune un coût marginal particulier ; est devenue l'objet des recherches et études au cours des années Ce processus a été mis en étude depuis 1928 suite à sa grande importance dans les

INTRODUCTION GENERALE

systemes d'énergie électrique ; les nombreuses publications sur ce sujet sont une preuve bien claire.

Plusieurs méthodes et algorithmes ont été appliqués pour résoudre ce problème à vrai dire pour arriver à des meilleurs résultats. [4]

Dans cette logique, les faibles coûts de production sont un défi pour les sociétés de production, notamment les prix élevés du carburant jour après jour, et la charge supplémentaire liée au stockage des déchets nucléaires qui nécessite plus de technologie fine [5]

Plusieurs méthodes et algorithmes ont été appliqués pour résoudre ce problème afin d'obtenir de meilleurs résultats. L'optimisation de cette répartition doit assurer de faibles coûts de production, tout en tenant compte des contraintes d'égalité et d'inégalité, ce qui rend le problème non linéaire, et les méthodes traditionnelles (mathématiques ou classiques) ne peuvent le résoudre, car elles relèvent généralement de la non-globalité. Les minima locaux nécessitent beaucoup de temps de calcul pour les appliquer en temps réel. [5]

Le travail présenté dans ce mémoire visé effet d'intégration d'énergie renouvelable sur la répartition économique de puissance, il est structuré en 4 chapitres.

Dans le premier chapitre, nous avons donné quelques définitions concernant les énergies renouvelables où on va parler brièvement sur les centrales thermiques.

Le deuxième chapitre parlé sur les énergies renouvelables, quelques définitions, les plus utilisés dans l'Algérie :

L'énergie photovoltaïque

L'énergie éolienne

Le troisième chapitre défini le problème de la répartition optimale de puissance et ces contraintes d'égalités et d'inégalités, la fonction objectif du cout, finalement il parle des différentes méthodes de résolution de ce phénomène telles que les méthodes de calcul classiques (déterministes) et les méthodes méta-heuristiques.

Le quatrième chapitre, nous avons faire une simulation sur logiciel MATLAB, pour résoudre le problème de la répartition économique de puissance au niveau des réseaux électriques par la méthode d'optimisation la programmation quadratique (PQ)

Chapitre 1

Généralités Sur La Production D'énergie Electrique



CHAPIRETE 1 : GENERALITES SUR LA PRODUCTION D'ENERGIE ELECTRIQUE

1.1 Introduction

L'électricité est la forme d'énergie la plus utilisée car elle est Facile à transporter, haute efficacité et coût raisonnable. Qu'il s'agisse d'améliorer les conditions de vie ou de développer des activités industrielles, c'est un facteur important de développement et d'évolution de la société humaine. Cette énergie est produite à partir d'usines appelées centrales électriques. Il est envoyé à Du centre de production aux nombreux utilisateurs d'électricité, Réseau électrique pour assurer la continuité, la sécurité et la qualité de service requises [6].

L'ensemble production, transport et consommation forme un système appelé système de production transport de l'électricité « SPTE ». Les systèmes électriques sont des infrastructures cruciales pour la bonne marche de l'économie.

Dans ce chapitre nous allons présenter des généralités sur les centrales thermiques et les énergies renouvelables

1.2 Les centrales thermiques :

La centrale thermique (**Figure 1.1**) est une centrale électrique, qui produit de l'électricité à partir une source de chaleur (charbon, gaz naturel, fioul, ou déchets municipaux). La source de chaleur chauffe le fluide (généralement de l'eau) qui passe du liquide au gazeux (vapeur). La vapeur entraîne une turbine reliée à un alternateur, qui convertit l'énergie cinétique contenue dans la vapeur en énergie de rotation mécanique, puis en énergie. Électrique grâce au générateur de courant [7]

CHAPIRE 1 : GENERALITES SUR LA PRODUCTION D'ENERGIE ELECTRIQUE



Figure1. 1 Les centrales thermiques

❖ **Avantage :**

- Cette énergie est rentable dans le processus de production.
- Prix modérés sur le marché mondial.
- Utilisez la flexibilité et la haute disponibilité
- Facile à utiliser
- Transport pratique (huile)
- Possibilité de développer la cogénération
- Compétitivité

❖ **Désavantage :**

- Des prix fluctuants
- Géostratégie de ressources
- Impact sur l'environnement (gaz à effet de serre, marées noires, etc.)
- Besoin d'eau à proximité.
- Les usines possédant un circuit de refroidissement à circuit ouvert, peuvent avoir des problèmes écologiques dus au réchauffement des rivières [8]

CHAPIRETE 1 : GENERALITES SUR LA PRODUCTION D'ENERGIE ELECTRIQUE

(Figure 1.2) fonctionnent en brûlant du gaz naturel, Fioul dans le charbon pulvérisé ou les chaudières à vapeur. La chaleur des gaz de combustion et Les flammes sont utilisées pour chauffer les tuyaux de chaudière et transforme progressivement l'eau qui y circule en vapeur.

La fumée s'échappe par la cheminée. Dans les centrales au charbon, Le filtre capture d'abord les particules de poussière.

La vapeur fait tourner la turbine à vapeur, qui à son tour entraîne l'alternateur pour produire de l'électricité Électricité.

Le transformateur augmente d'abord la tension du courant généré Injecter dans le réseau de transport Une fois l'énergie libérée par la turbine, la vapeur se condense et Retournez à la chaudière sous forme d'eau. Dans le condenseur, la vapeur passe à travers Des milliers de tuyaux sont remplis d'eau froide tirée des eaux de surface (Refroidissement) et chauffage.

La plupart des centrales électriques refroidissent l'eau qui est devenue plus chaude dans les tours de refroidissement avant de l'utiliser. Dans ces immenses tours de refroidissement hyperboliques, l'eau entre en contact avec le courant ascendant produit par le vent naturel (effet cheminée de la tour de refroidissement). Quand les fans créent ça Flux d'air, la tour de refroidissement est petite, l'eau refroidie s'égoutte dans la tour de refroidissement sous forme de gouttelettes ; l'air chauffé rempli de vapeur d'eau s'échappe de la tour de refroidissement sous la forme d'un nuage de vapeur blanche. La majeure partie de l'eau de refroidissement refroidie est pompée vers le condenseur et réutilisée, seulement (1-1,5)% évaporation. Les centrales thermiques convertissent 35% à 40% de l'énergie du combustible en énergie électrique. Parfois, il fournit également de la chaleur sous forme de vapeur d'eau [9]

CHAPIRE 1 : GENERALITES SUR LA PRODUCTION D'ENERGIE ELECTRIQUE

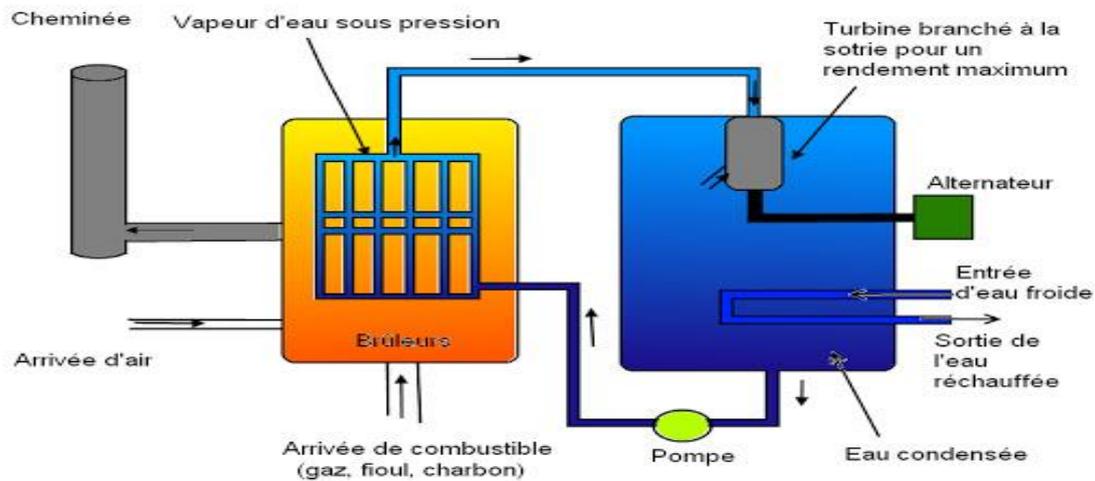


Figure1. 2 Une centrale thermique

1.2.1 Centrale à vapeur :

L'énergie électrique est produite, à partir de l'énergie thermique de combustion d'un fossile, Il existe deux types de ces centrales :

Le principe des centrales thermiques à vapeur est le même que ce soit le carburant : du gaz, charbon ou fuel, l'énergie thermique est transformée en énergie mécanique après électrique, passant par plusieurs étapes commençant par la chambre de combustion (générateur de vapeur) arrivant à l'alternateur, en se basant au niveau de la chambre de combustion sur le principe de triangle du feu : l'étincelle, le carburant et l'air. À la sortie de la chambre de combustion, une énergie thermique très intense fait tourner les ailettes de la turbine à plusieurs corps : haute, basse et moyenne pression (HP, MP, BP) qui fait tourner au même temps l'arbre de l'alternateur et ainsi l'alternateur à une vitesse de 1500 tr/min en produisant de l'électricité. À la sortie de la turbine la vapeur est condensée et transformée en eau réutilisée comme source d'eau pour un deuxième cycle. [10] [3]

1.2.2 Centrales à gaz :

Le principe de fonctionnement des turbines à gaz(Figure 1.3) est toujours pareil à celui des turbines à vapeur, sauf l'intégration d'un nouveau dispositif en fonctionnement, c'est le compresseur d'air qui a pour but de comprimer l'air qui est ensuite mélangé avec le combustible gazeux ou liquide dans une chambre de combustion. À la sortie, l'énergie fait tourner les ailettes de la turbine qui fait tourner à son tour l'arbre de l'alternateur. Les gaz d'échappement de la

CHAPIRTE 1 : GENERALITES SUR LA PRODUCTION D'ENERGIE ELECTRIQUE

turbine sont évacués vers l'atmosphère. Contrairement à la turbine à vapeur, la turbine à gaz ne dispose pas de système de récupération de la chaleur perdue (le réchauffeur d'air rotatif, surchauffeur, resurchauffeur), ce qui influence directement sur le rendement et les coûts d'investissement. L'utilisation des turbines à gaz est souvent lors des périodes de pointe vue que son temps de réponse est très court. Le rendement des turbines à gaz est de l'ordre de 38 % [10] [3]

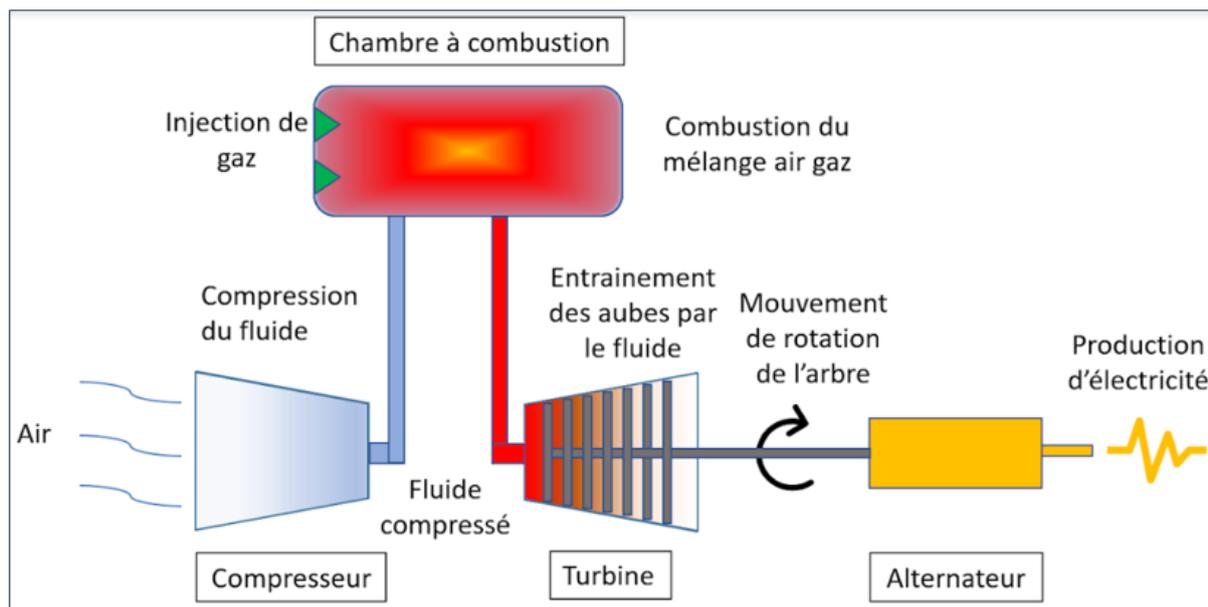


Figure1. 3 Centrale à gaz :

1.2.3 Centrale à Cycle combiné :

Les cycles combinés (Figure 1.4) sont le fruit d'une technologie hybride. Une turbine à combustion (ou plusieurs) fonctionne en parallèle d'une turbine à vapeur. Pour améliorer le rendement Dans une centrale à cycle combiné, la combustion du gaz naturel est effectuée dans une première turbine. En sortie, les fumées sont encore très chaudes (environ 500 °C). Leur énergie est captée dans un échangeur de chaleur sous forme de vapeur à haute pression. Pour que le rendement de l'échange soit optimal, il est nécessaire de disposer d'une source froide efficace (eau de rivière, eau de mer). La vapeur actionne une seconde turbine (la turbine à vapeur), de puissance généralement inférieure à la première .Grâce à la combinaison de

CHAPIRE 1 : GENERALITES SUR LA PRODUCTION D'ENERGIE ELECTRIQUE

ces cycles thermodynamiques, le rendement des centrales électriques à cycle combiné peut ainsi atteindre 58 %, alors que celui des centrales à cycle simple ne dépasse pas 40 %. Ce rendement très élevé de production d'électricité s'accompagne d'une réduction significative des émissions de polluants atmosphériques [3] [10]

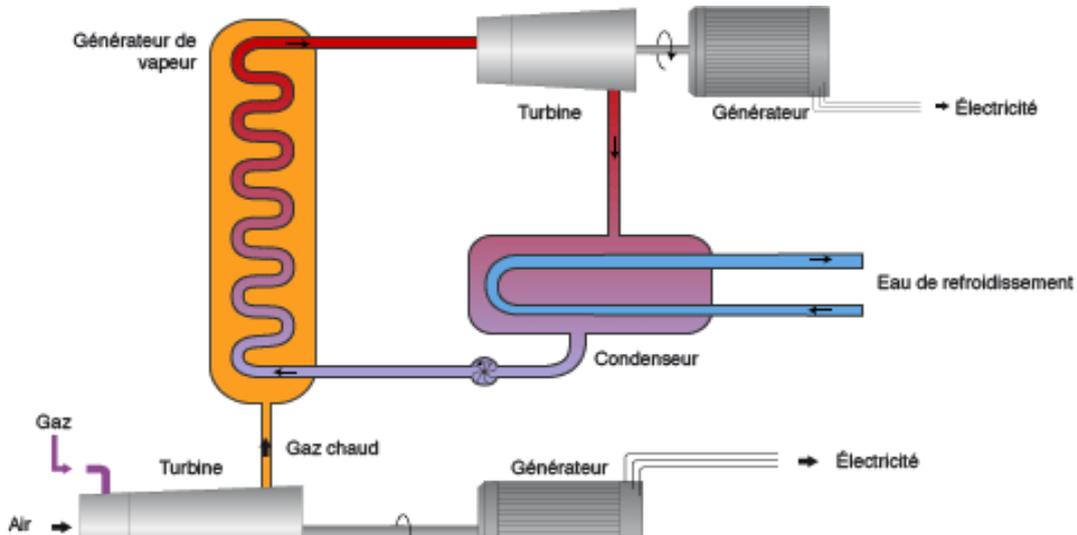


Figure1. 4 Principe de fonctionnement d'une Centrale à Cycle combiné

1.3 La consommation électrique :

La consommation d'énergie correspond aux appels à la puissance active sur le réseau dans une période de temps spécifiée. Il a différents types, tels que :

Consommateurs résidentiels, commerciaux et industriels.

La consommation d'électricité se caractérise par ses fortes fluctuations et la Difficulté de la prévoir de manière exacte.

Comprendre la consommation d'énergie d'une période future est très important pour le fonctionnement du système électrique

Pour cette raison, un grand nombre de variables ont traditionnellement été utilisées pour expliquer et prédire le niveau de consommation D'électricité : température, heure de la journée, jour de la semaine (en semaine, week-end), prix, etc. La plupart des effets de ces variables sont liés aux conditions climatiques, aux habitudes de consommation, aux modes de vie et aux pays concernés. [11]

CHAPIRETE 1 : GENERALITES SUR LA PRODUCTION D'ENERGIE ELECTRIQUE

1.4 Prévision de la consommation :

La méthode de prévision repose sur la cyclicité de la consommation. Nous pouvons déterminer trois périodes de temps :

- **Un cycle annuel** : Important pour la constitution et la gestion des stocks d'énergie. Les prévisions annuelles nationales sont réalisées à partir d'arbustes macro- économiques et d'hypothèses de croissance par secteurs d'activités. Elles tiennent compte en particulier du niveau de croissance économique général, de l'effet de stockage et déstockage des industries, de l'évolution démographique et de la part de l'électricité dans la consommation énergétique domestique, ainsi que de l'essor de nouvelles technologies.
- **Un cycle hebdomadaire** : En passant de l'échelle annuelle à l'échelle hebdomadaire, on commence à percevoir nettement la variabilité de la consommation.
- **Les prévisions journalières** : En passant à l'observation de l'évolution heure par heure de la puissance, on a une idée plus claire du défi que représente l'équilibre permanent entre production et consommation. [12]

1.5 Fluctuations de la consommation :

La consommation d'électricité est en constante évolution : en saison, en journée, au rythme des activités quotidiennes et économiques, et en temps réel Cela dépend de la météo actuelle. L'utilisation différente de l'énergie électrique par les individus entraînera à chaque instant des fluctuations drastiques de la consommation dans le temps. Cependant, dans l'intervalle d'une demi-heure, ces fluctuations ont une certaine périodicité dans le temps. Tout au long de l'année pour créer une saisonnalité.

La consommation d'électricité peut fluctuer très rapidement : elle peut Changer de plus de 10% de la consommation maximale en seulement 1 heure. Il faut noter Qu'il existe des fluctuations pour des échelles de temps inférieures plus fines qu'une demi-heure Ces fluctuations ont un caractère aléatoire minute par minute. On ne peut pas assigner Une quelconque périodicité à ces fluctuations. [13]

CHAPIRE 1 : GENERALITES SUR LA PRODUCTION D'ENERGIE ELECTRIQUE

- ❖ **Fluctuations infra journalières** : durant une journée, la consommation d'électricité peut fluctuer d'une façon importante. Cette fluctuation est aléatoire au cours de 24 heures suivant les différentes utilisations individuelles de l'énergie électrique comme le



Figure1. 5 Fluctuations infra journalières

montre **la Figure (1.5)**

- ❖ D'après figure on a voir la modification dans la production d'énergie électrique pendant les heures
- ❖ **Fluctuation hebdomadaire** : Jour ouvrable/ Week-end.

D'après **la Figure (1.6)** ; on voit qu'il Ya une différence entre les deux courbes de charge dans la pointe du jour (de 12h00 à 16h00) la consommation du jour ouvrable est supérieur à celle du Week-end (7132 > 6666) MW. A cause de l'éclairage dans les différents lieux de travail et l'industrie, alors que la pointe du soir (de 19h00 à 22h00) une période de consommation très

CHAPIRE 1 : GENERALITES SUR LA PRODUCTION D'ENERGIE ELECTRIQUE

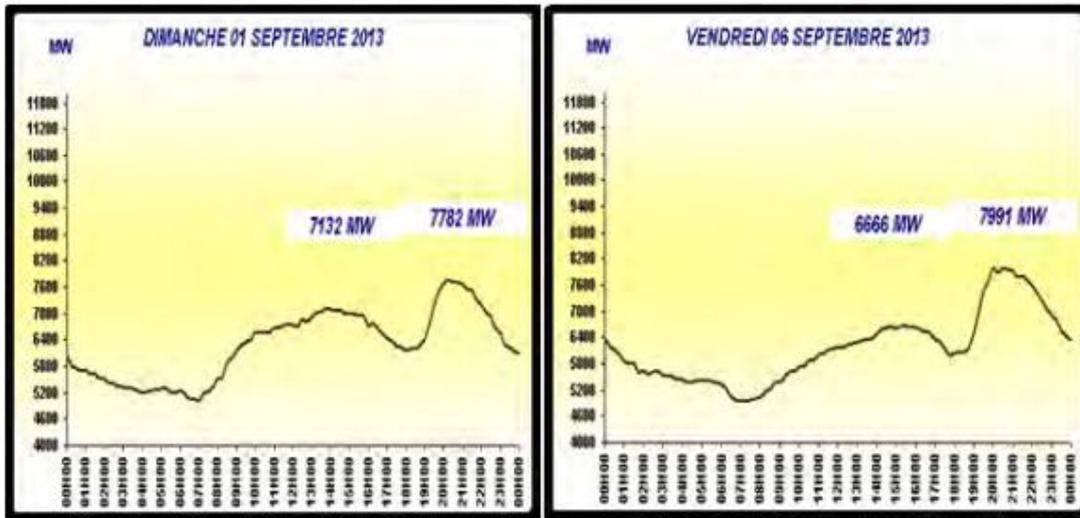


Figure1. 6 Courbe de charge de l'Algérie ; fluctuations hebdomadaires [10]

fortes de l'énergie .La demande de l'énergie du jour de week-end et plus élevée par-rapport au jour ouvrable (7991 >7782) MW.

❖ Fluctuations saisonnières : jour été / jour hiver

D'après la Figure (1. 7), il se voit clairement que le creux de nuit (de 23h00 à 7h00) pour les deux courbes présente une faible consommation.

La pointe de jour (de 7h00 à 12h00) de la journée d'été est plus importante que celle d'hiver (7555 > 6090)MW .

Finalement, il est remarquable que la pointe du soir (19h00 à 22h00) représente une forte demande de consommation ,celle de la journée d'été reste toujours supérieur à la journée d'hiver (8070 >7783) MW.

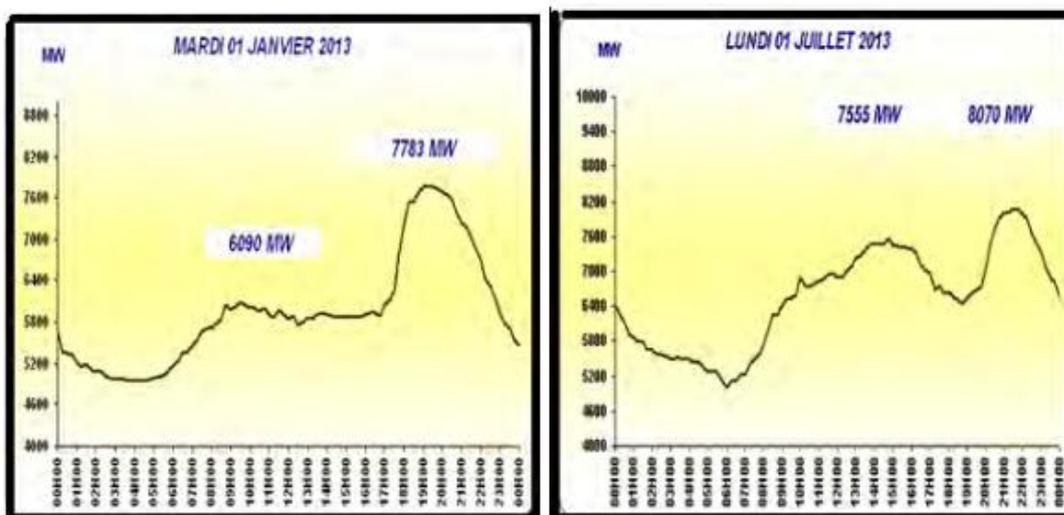


Figure1. 7 Courbe de charge de l'Algérie fluctuations saisonnières [10]

CHAPIRE 1 : GENERALITES SUR LA PRODUCTION D'ENERGIE ELECTRIQUE

1.6 Les énergies renouvelables :

La production d'électricité décentralisée à partir d'énergies renouvelables offre une plus grande sûreté d'approvisionnement des consommateurs tout en respectant l'environnement. Cependant, le caractère aléatoire des sources impose des règles particulières de dimensionnement et d'exploitation des systèmes de récupération d'énergie. [14]

Ce chapitre est consacré pour citer les différents types d'énergies renouvelables (**Figure 1.8**) :

- Energie géométrique
- La biomasse
- L'éolienne
- L'énergie solaire photovoltaïque
- Energie hydraulique

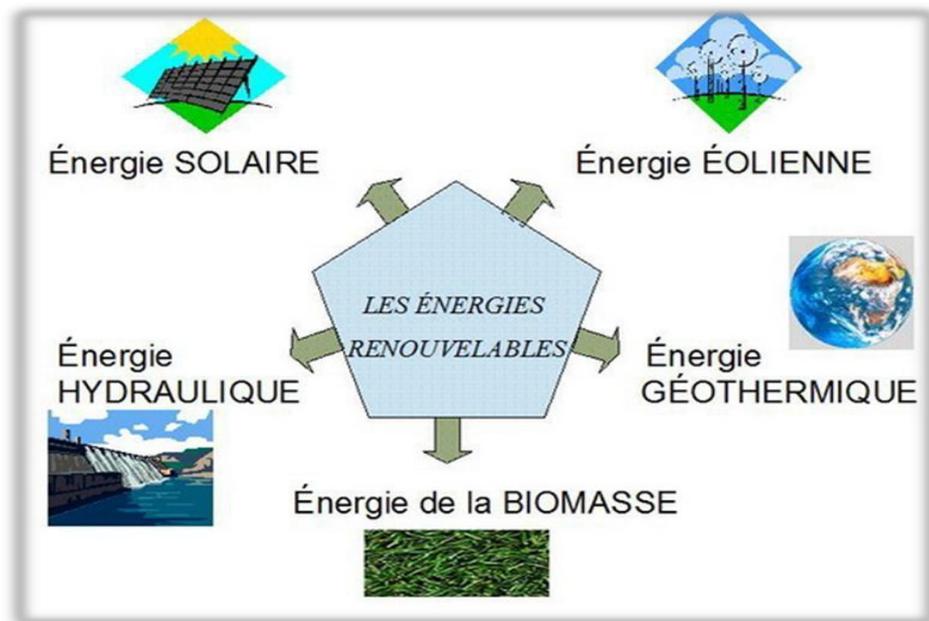


Figure1. 8 Les énergies renouvelables

CHAPIRE 1 : GENERALITES SUR LA PRODUCTION D'ENERGIE ELECTRIQUE

1.6.1 La géothermie :

L'énergie géothermique (**Figure 1.9**) est l'extraction d'énergie contenue dans le sol. Les principales opérations entreprises en France, en géothermie profonde (environ 2000 m), concernent le chauffage de logements collectifs par réseaux de chaleur dans le bassin parisien et en Aquitaine, entre 1982 et 1986. Elles permettent une économie de 0,17 Mtep/an. Une autre technique est présentée sous le nom de géothermie de surface. Il s'agit d'une extraction par pompe à chaleur. Son principe est le suivant. Un capteur prélève de la chaleur dans le sol à l'extérieur par exemple sous une pelouse, son origine se trouve d'ailleurs dans le rayonnement solaire. Cette chaleur est transmise dans la maison le plus souvent via un plancher chauffant. Dans tous les cas le transfert de chaleur nécessite un fluide frigorigène et un appoint électrique de compression (à peu près 1/3 des besoins d'énergie thermique) [15].

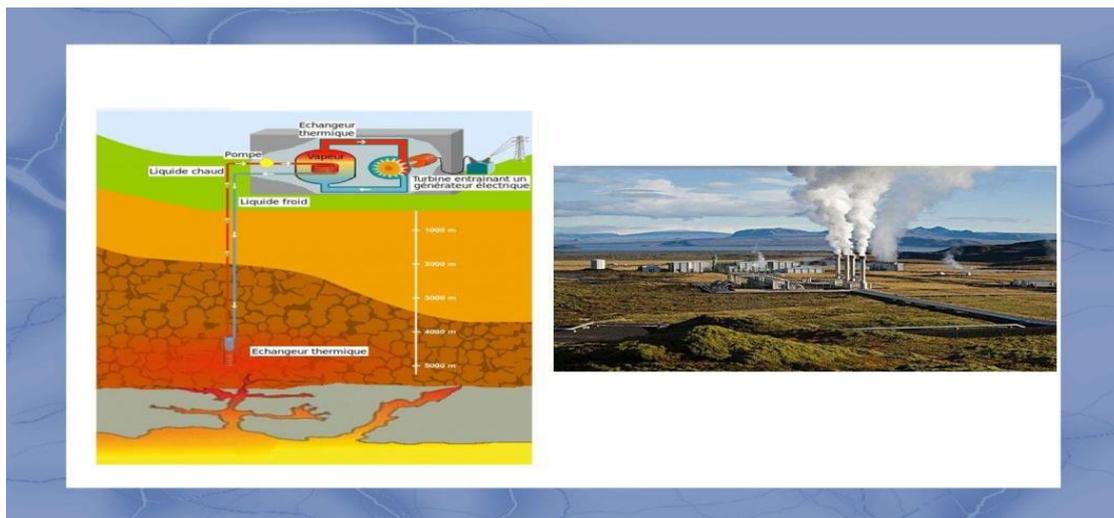


Figure1. 9 Énergie géothermique

1.6.2 La biomasse :

La biomasse est produite par les organismes vivants principalement par l'activité photosynthétique des plantes, mais aussi des animaux, des insectes, des micro-organismes... Elle est essentiellement constituée de polymères complexes de carbone, hydrogène, oxygène et azote, de soufre en faible proportion et d'éléments inorganiques. L'aspect renouvelable introduit une distinction qui permet de n'en retenir qu'une fraction d'une part, d'y ajouter la

CHAPIRE 1 : GENERALITES SUR LA PRODUCTION D'ENERGIE ELECTRIQUE

production fatale de déchets issus d'autres composés organiques naturels industriellement transformés, donc pas toujours naturels, d'autre part.(**Figure1.10**).[16]

La biomasse, l'énergie utilisée depuis la préhistoire (découverte du feu) est l'une des principales sources d'énergie Utilisez E en France.

- **Avantage et désavantage de la biomasse :**
- ❖ Coûts d'investissement de la biomasse forestière relative
- ❖ ment faibles et stables.
- ❖ Source d'énergie continue, contrairement à l'éolien ou au solaire photovoltaïque.
- ❖ Densité énergétique moindre que celle des combustibles fossiles.
- ❖ Exploitation à grande échelle coûteuse, en raison de la dispersion de la ressource sur le territoire [17]



Figure1. 10 Energie de la biomasse

CHAPIRE 1 : GENERALITES SUR LA PRODUCTION D'ENERGIE ELECTRIQUE

1.6.3 Énergie solaire photovoltaïque :

Le terme « photovoltaïque » (**Figure 1.11**) souvent abrégé par le sigle « PV », a été formé à partir des mots « photo » un mot grec signifiant lumière et « Volta » le nom du physicien italien Alessandro Volta qui a inventé la pile électrochimique en 1800. L'effet photovoltaïque est la conversion directe de l'énergie solaire en électricité La conversion photovoltaïque est la conversion directe de la lumière du soleil En électricité sans qu'aucun moteur thermique n'intervienne. Les dispositifs photovoltaïques sont robustes et simples dans leur conception et nécessitent très peu d'entretien. Leur plus grand avantage est qu'ils peuvent être construits comme des systèmes autonomes et fournir des rendements allant de micro watts à mégawatts. Ils sont donc utilisés comme source d'énergie, pour le pompage de l'eau, Les bâtiments isolés, les systèmes solaires domestiques, les communications, les satellites et les véhicules spatiaux, l'osmose inverse, etc. Et les véhicules spatiaux, les installations d'osmose inverse, et même les centrales électriques de l'ordre du mégawatt. Avec un tel éventail d'applications, la demande de demande de photovoltaïque augmente chaque année [18]



Figure1. 11 Énergies Photovoltaïques

1.6.3.1 Historique de la cellule photovoltaïque :

Le mot photovoltaïque vient de mot grec "*photos*" qui signifie la lumière et voltaïque du physicien italien "**Alessandro volta**

CHAPIRETE 1 : GENERALITES SUR LA PRODUCTION D'ENERGIE ELECTRIQUE

Les cellules photovoltaïques sont découvertes en **1839** par « Antoine Becquerel », l'effet photovoltaïque permet la transformation de l'énergie lumineuse en électricité. Ce principe repose sur la technologie des semi-conducteurs. Il consiste à utiliser les photons pour libérer les électrons et créer une différence de potentiel entre les bornes de la cellule qui génère un courant électrique continu. A la différence des autres énergies renouvelables, l'énergie solaire est disponible partout sur la terre. L'Algérie reçoit en moyenne chaque jour 3kWh par mètre carré même si les déserts les plus ensoleillés recueillent **7kWh**. Il n'y a donc pas de problème de gisement pour cette source. Les régions désertiques du grand Sahara, recevant jusqu'à 2900 kWh/m²/an Les premières applications ont lieu dès les années 60 avec l'équipement de satellites spatiaux. Puis à partir de 1970, les premières utilisations terrestres ont concerné l'électrification des sites isolés. La conversion photovoltaïque de l'énergie solaire est apte à répondre à une demande croissante d'énergie renouvelable. Elle est considérée comme devant prendre une part significative dans l'approvisionnement énergétique mondial. Celle-ci sera d'autant plus grande et d'autant plus rapide que des méthodes permettant de produire de l'électricité solaire à moindre coût seront utilisées. La puissance des installations est exprimée en Watt crête (Wc). Le Wc est la puissance fournie par un module photovoltaïque pour un ensoleillement normalisé de **1000W par m²**, à une température de **25°C**.

Le rendement électrique est le rapport puissance lumineuse incidente sur puissance électrique fournie. Les modules existants permettent des rendements électriques compris entre **5** et **15%**. Actuellement le matériau semi-conducteur le plus utilisé est le **silicium**, sous forme de plaquettes, offrant le meilleur rendement de conversion de l'énergie solaire en électricité. Cependant, sa purification et son traitement conduisent à des coûts très élevés qui constituent un frein important au développement du photovoltaïque [14]

1.6.3.2 Principe de la conversion photovoltaïque :

Les cellules photovoltaïques sont basées sur un phénomène physique appelé effet photovoltaïque, qui implique l'établissement d'une force électromotrice lorsque la surface de la cellule est exposée à la lumière.

La tension générée varie de 0,3 à 0,7 V, selon le matériau utilisé et sa disposition, et la température de la cellule. (**Figure 1.12**)

CHAPIRTE 1 : GENERALITES SUR LA PRODUCTION D'ENERGIE ELECTRIQUE

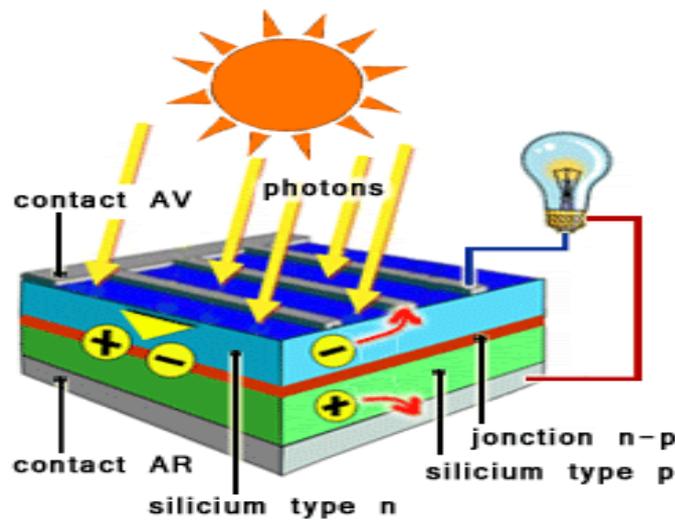


Figure1. 12 Principe de la conversion photovoltaïque

La cellule PV est constituée de deux couches de silicium, une couche est dopée au P (bore dopé) et l'autre couche est dopée au N (phosphore dopé) pour former une jonction PN avec une barrière de potentiel.

Lorsque les photons sont absorbés par les semi-conducteurs ils transmettent leurs énergies aux atomes de la jonction PN de telle sorte que les électrons (charges N) et des trous (charges P) créent une différence de potentiel entre les deux couches.

Pour un courant nul, la tension maximale de la batterie est d'environ 0,6 V, ce qui est C'est ce qu'on appelle la tension en circuit ouvert VOC. Le courant maximum se produit lorsque les bornes de la batterie sont court-circuitées ; il est appelé courant de court-circuit ISC et dépend fortement du niveau d'éclairement. [19]

1.6.3.3 Type et rendement des cellules photovoltaïques :

Il existe différents types de cellules solaires (ou cellules photovoltaïques), et chaque type de cellules a un rendement et un coût qui lui est propre. Cependant, quel que soit leur type, leur rendement reste assez faible : de 8 à 23% de l'énergie qu'elles reçoivent. Il existe trois principaux types de cellules :

- ❖ Silicium monocristallin
- ❖ Silicium poly cristallin
- ❖ Silicium amorphe
- ❖ Arséniure de gallium
- ❖ Tellurure de cadmium

CHAPIRE 1 : GENERALITES SUR LA PRODUCTION D'ENERGIE ELECTRIQUE

❖ Silicium en ruban

➤ Rendement d'une cellule :

Type de cellule	Rendement de cellule PV			Domaines d'applications
	Théorique	en laboratoire	Disponibles	
Silicium monocristallin	27%	24.7%	14-16%	Modules de grandes dimensions pour toits et façades, appareils de faibles puissances, espace (satellites)
Silicium poly cristallin	27,0 %	19,8 %	12,0-14,0 %	Modules de grandes dimensions pour toits et façades, générateurs de toutes tailles (reliés réseau ou sites isolés)
Silicium amorphe	25,0 %	13,0 %	6,0-8,0 %	Appareils de faible puissance production d'énergie embarquée (calculatrice montres...) modules de grandes dimensions (intégration dans le bâtiment)
Arséniure de gallium	29,0 %	27,5 %	18,0-20,0 %	Systèmes de concentrateur, espace (satellites).
Tellurure de cadmium	28,5 %	16,0 %	8,0 %	Modules de grandes dimensions (intégrations dans le bâtiment)
Silicium en ruban	27,0 %	27,0 %	9,0-11,0 %	Module non spécifique

Tableau 1.1 Rendement de cellule

1.6.3.4 Caractéristiques de sortie PV :

Les caractéristiques de sortie des cellules ou modules PV sont généralement représentées par la tension actuelle (I-V) et les courbes de tension de puissance (P-V). Dans certains cas particuliers, les courbes de tension-courant (V-I) et de courant de puissance (P-I) sont également utilisées pour représenter les caractéristiques de sortie PV. En général, ils sont transférables de l'un à l'autre.

CHAPIRTE 1 : GENERALITES SUR LA PRODUCTION D'ENERGIE ELECTRIQUE

Les quatre valeurs importantes, sont écrites dans le tableau (1.2). [20]

Symbol	Description
V_{oc}	La tension en circuit ouvert, mesurée lorsque le terminal de sortie PV est en circuit ouvert montrant zéro courant.
I_{sc}	Le courant de court-circuit, mesuré lorsque le terminal générateur PV est court-circuité.
I_{MPP}	Le courant mesuré Mpp
V_{MPP}	La tension au Mpp
P_{MPP}	Le PMPP est le niveau de puissance le plus élevé pour une certaine condition environnementale, et est calculé comme : $P_{MPP} = V_{MPP} \times I_{MPP}$

Tableau 1. 2 : Caractéristiques de sortie des cellules PV

1.6.3.5 Effets de température et d'irradiante solaire :

La caractéristique d'une cellule PV (ou d'un générateur PV) est directement dépendante de l'éclairement et de la température. La donne l'allure générale des caractéristiques électriques d'un générateur photovoltaïque Solarex-MSX60 pour différents éclairements (de 0.2kW/m² à 1 kW/m²) à température donnée de 25°C (**Figure 1.13**) :

Le courant de court-circuit i_{cc} varie proportionnellement à l'éclairement.

La tension à vide V_{co} varie peu avec l'éclairement. Elle peut être considérée comme une constante pour une installation donnée.

Les influences de ces paramètres se traduisent donc par des variations de la caractéristique Utile du générateur photovoltaïque avec les conditions d'éclairement .

CHAPIRETE 1 : GENERALITES SUR LA PRODUCTION D'ENERGIE ELECTRIQUE

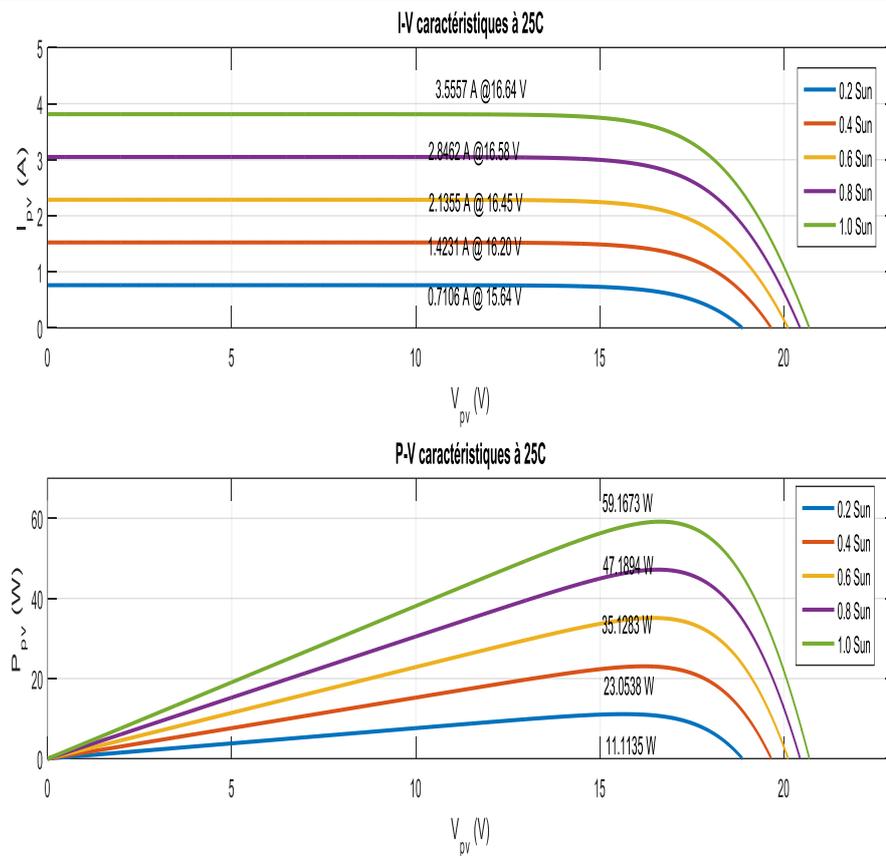


Figure1. 13 Effet d'éclairement sur les caractéristiques de module pv

La température a également une influence sur la caractéristique d'un générateur PV. Présente la variation des caractéristiques d'un générateur PV de 60W en fonction de la température à un

CHAPIRTE 1 : GENERALITES SUR LA PRODUCTION D'ENERGIE ELECTRIQUE

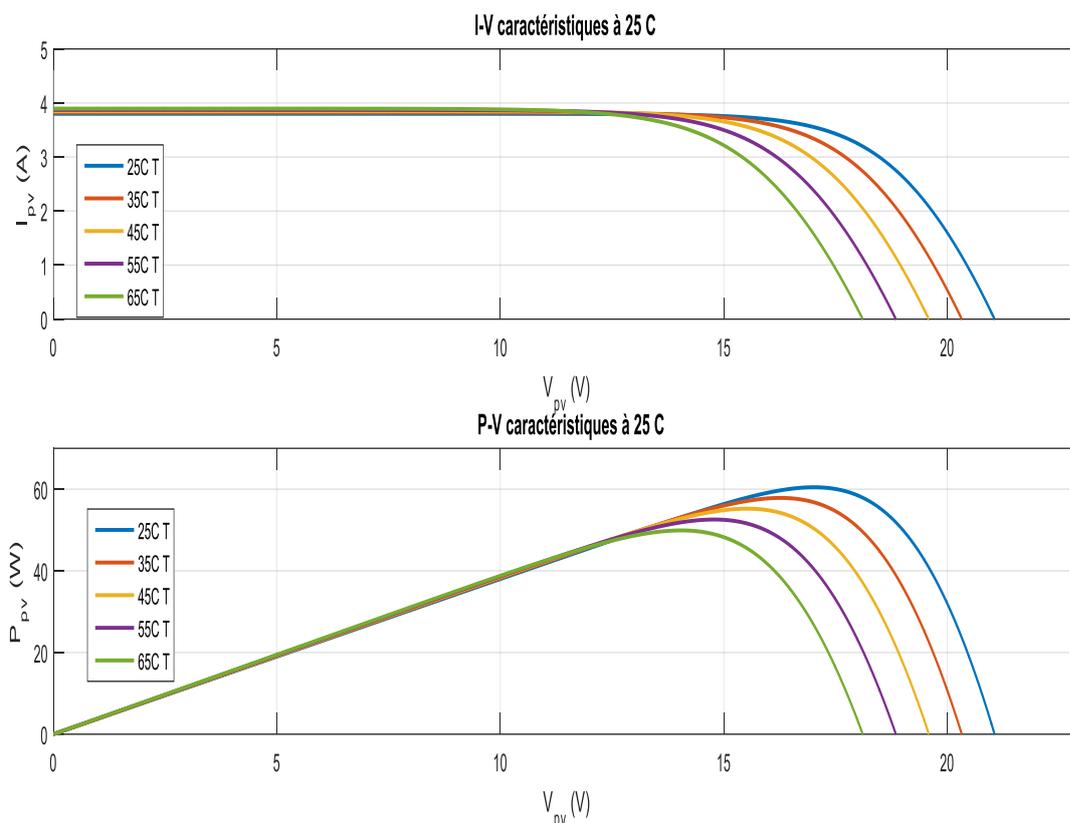


Figure1. 14 Effet de température sur les caractéristiques de module PV

éclairage donné L'éclairage est ici fixé à 1000 W.m^2 . (Figure 1.14)

Avec différents températures. A éclairage donné :

La tension à vide V_{co} décroît avec la température. Plus la température est élevée plus V_{co} est faible.

Le courant de court-circuit i_{cc} augmente avec la température. Cette hausse est nettement moins importante que la baisse de tension. L'influence de la température sur i_{cc} peut être négligée dans la majorité de cas.

La température et l'éclairage sont donc les deux principaux paramètres qui vont modifier la caractéristique d'un générateur PV. Ces deux paramètres devront donc être étudiés avec soin lors de la mise en place d'une installation PV.

Le PV convertit directement l'énergie solaire en électricité. Contrairement au réseau électrique, un PV n'est pas une source de tension fixe

Le système MPPT est utilisé pour garantir que l'installation photovoltaïque génère sa puissance maximale pour toutes les insolation et températures.

La puissance maximale P_{Max} :

CHAPIRE 1 : GENERALITES SUR LA PRODUCTION D'ENERGIE ELECTRIQUE

$$P_{Max} = \frac{Ga}{Ga,0} \left[P_{Max,0}^M + \mu_{pMax} \left(T_a + G_a \frac{NOCT - 20}{800} - T_{m,0} \right) \right] \quad (1.1)$$

Avec

NOCT : Température nominale de fonctionnement de la cellule solaire

$T_{m,0}$: La température du module dans les conditions normales.

T_a =Température ambiante (k)

Ga : Eclairement solaire incident sur un plan incliné (W/m2)

1.6.4 L'énergie hydraulique :

L'énergie hydraulique Utilisant des cours d'eau pour produire d'électricité.

L'hydroélectricité est la plus grande ressource renouvelable utilisée pour l'électricité. Elle joue un rôle essentiel dans nombreuses régions du monde. Plus de 150 pays produisent de l'énergie hydroélectrique. (**Figure 1.15**)



Figure1. 15 Energie hydraulique

1.6.5 L'énergie éolienne :

L'énergie éolienne est une énergie renouvelable. C'est une énergie de vent dont la force motrice est utilisée dans le déplacement de voiliers et autres véhicules ou transformée au moyen

CHAPIRE 1 : GENERALITES SUR LA PRODUCTION D'ENERGIE ELECTRIQUE

d'un dispositif aérogénérateur comme une éolienne ou dans un moulin à vent en une énergie diversement utilisable [14]

1.6.5.1 Historique de l'éolien :

Il vaut la peine d'examiner une partie de l'histoire de l'énergie éolienne. L'histoire sert à illustrent les problèmes auxquels les systèmes d'énergie éolienne sont encore confrontés aujourd'hui et turbines regardent comme elles le font. Dans le résumé suivant, l'accent est mis sur les concepts qui ont une pertinence particulière aujourd'hui.

L'histoire de l'énergie éolienne est Parc (1981). Eldridge (1980), Inglis (1978), Freris (1990), Dodge (2000) et Ackermann et Soder (2000). Golding (1977) présente une histoire de conception d'éoliennes de l'ancien Perses jusqu'au milieu des années 1950. En plus d'une somme des utilisations historiques de l'énergie éolienne Johnson (1985) présente une histoire de la production d'énergie éolienne, et les travaux de recherche la période 1970-1985 sur l'axe horizontal, l'axe vertical et les types novateurs d'éoliennes.

Les examens historiques complets les plus récents des systèmes d'énergie éolienne et des éoliennes sont contenus dans les livres de Spera (1994), Gipe (1995) et Harrison et coll. (2000). Eggleston et Stoddard (1987) donnent une perspective historique de certains des éléments clés d'éoliennes modernes. Erger (1997) offre une image fascinante des premiers jours de réémergence de l'énergie éolienne, en particulier des parcs éoliens californiens. [21]

1.6.5.2 Les différents types d'éoliennes

Les éoliennes se divisent en deux grandes familles :

Les éoliennes à axe vertical (**Figure 1.17**) qui tendent à disparaître, les éoliennes lentes à axe horizontal (**Figure 1.16**) utilisées surtout pour le pompage et les éoliennes rapides à axe horizontal plus particulièrement utilisées dans la production d'énergie électrique [22]

CHAPIRTE 1 : GENERALITES SUR LA PRODUCTION D'ENERGIE ELECTRIQUE



Figure1. 16 Eoliennes à axe vertical



Figure1. 17 Eoliennes à axe horizontal

- **Eoliennes à Axe Horizontal :**

Les éoliennes à axe horizontal sont plus largement utilisées : elles nécessitent généralement des mécanismes d'orientation des pales, ont une efficacité aérodynamique plus élevée, démarrent automatiquement et présentent un faible encombrement au niveau du sol. Dans ces types d'éoliennes, l'arbre est parallèle au sol. Le nombre de pales utilisées pour la production d'électricité varie de 1 à 3. Le rotor tripale est le plus utilisé car il est un compromis entre le facteur de puissance, le coût et la vitesse de l'éolienne. Ce type d'éoliennes est préféré à celles à axe vertical car elles représentent un coût moindre. [22]

- **Eoliennes à Axe Vertical :**

Ce type d'éolienne a fait l'objet de nombreuses études. Son avantage est qu'il ne nécessite pas de système d'orientation des pales, et qu'il possède des pièces mécaniques (multiplicateur et générateur) au sol, ce qui facilite les opérations de maintenance. D'autre part, certaines de ces éoliennes doivent être entraînées au démarrage et le mat souvent très lourd, subit de fortes contraintes mécaniques obligeant ainsi les constructeurs à abandonner effectivement ces éoliennes (sauf pour les très faibles puissances) au profit du niveau Éolienne de l'axe vertical [22]

1.6.5.3 Principaux composants d'une éolienne :

Il existe plusieurs configurations possibles d'aérogénérateurs qui peuvent avoir des différences importantes. Néanmoins, une éolienne "classique" est généralement constituée de trois éléments principaux comme il montre la **Figure 1.18**

CHAPIRTE 1 : GENERALITES SUR LA PRODUCTION D'ENERGIE ELECTRIQUE

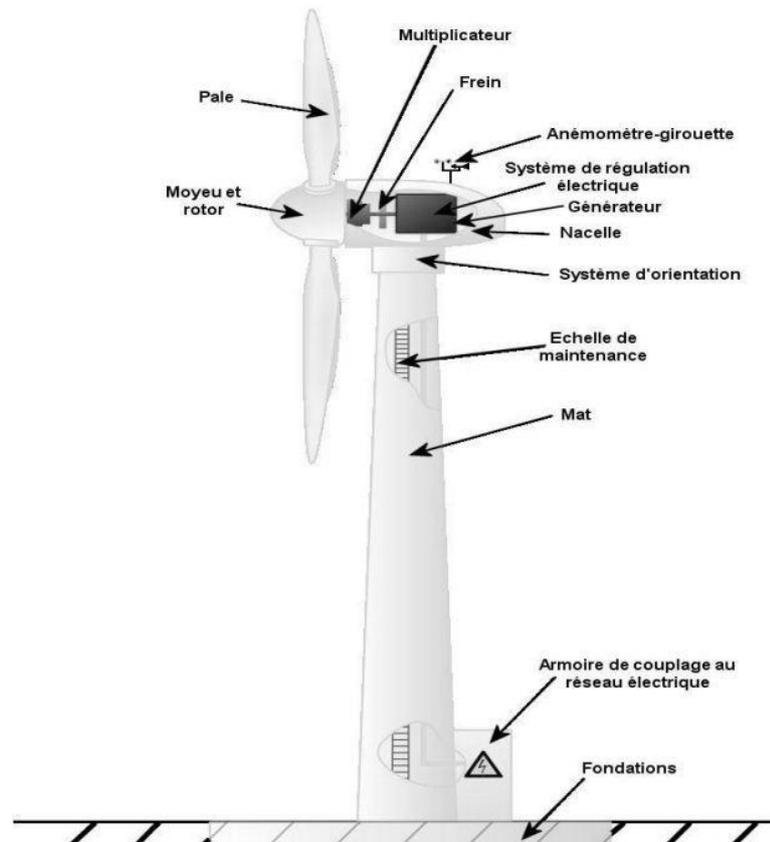


Figure1. 18 Principaux composants d'une éolienne

Le mât :

Le mât : Généralement un tube d'acier ou le treillis métallique qui supporte habituellement la nacelle est le rotor de la turbine. Il est important qu'il soit suffisamment haute (pour une éolienne de 500 kW, une hauteur de 40 à 60 m) pour profiter du vent le plus fort en altitude. Il y a une échelle à l'intérieur pour accéder à la nacelle pour l'entretien. [23]

La nacelle :

Elle regroupe tous les composants mécaniques pouvant relier le rotor éolien à la génératrice : Multiplicateurs, arbres, le frein à disque qui permet d'arrêter le système en cas de surcharge, le générateur qui est généralement une machine synchrone ou asynchrone, les systèmes hydrauliques ou électriques d'orientation des pales (frein aérodynamique) et nacelle (doit garder la surface balayée par l'éolienne perpendiculaire à la direction du vent) [24]

Les pales :

Pour les éoliennes qui sont utilisées pour la production d'électricité, le nombre de pales varie généralement de 1 à 3. Le rotor tripale (concept danois) étant de loin le plus répandu car il

CHAPIRETE 1 : GENERALITES SUR LA PRODUCTION D'ENERGIE ELECTRIQUE

représente un bon équilibre entre coût, comportement vibratoire et pollution visuelle. Compromis et bruit [23]

Le rotor :

Formé par les pales assemblées dans leur moyeu. Pour les éoliennes destinées à la production d'électricité, le nombre de pales varie classiquement de 1 à 3, le rotor Tripale (concept danois) étant de loin le plus répandu car il représente un bon compromis entre le coût, le comportement vibratoire, la pollution visuelle et le bruit.

Le rotor à vitesse fixe est généralement équipé d'un système d'orientation des pales, qui permet au générateur (généralement un moteur asynchrone à cage d'écureuil) de fonctionner au voisinage de la synchronisation et peut être directement connecté à l'équipement électronique de puissance du réseau sans équipement.

Les rotors à vitesse variable sont généralement moins chers car le dispositif d'orientation des pales est simplifié voire supprimé (Jeumont Industrie utilise des rotors à pas fixe). Cependant, une interface électronique de puissance est requise entre le générateur et le réseau ou la charge. La principale caractéristique des pales est leur géométrie, qui dépendent des performances aérodynamiques et du matériau dans lequel elles sont fabriquées (actuellement, les matériaux composites tels que la fibre de verre et récemment la fibre de carbone sont largement utilisés car ils allient légèreté et bonne résistance mécanique) [22]

1.6.5.3 Prévision de sortie de puissance :

La puissance d'une éolienne varie en fonction de la vitesse (**Figure 1.19**) du vent et chaque éolienne a une courbe de performance de puissance caractéristique. Avec une telle courbe, il est possible de prévoir production d'énergie d'une éolienne sans tenir compte des détails techniques de ses différents composants. La courbe de puissance donne la puissance électrique en fonction du moyeu vitesse du vent de hauteur. La figure présente un exemple de courbe de puissance pour une éolienne hypothétique.

Les performances d'un générateur d'éoliennes données peuvent être liées à trois points clés sur l'échelle de vitesse :

Vitesse de coupure : vitesse minimale du vent à laquelle la machine fournira une puissance utile.

Vitesse nominale du vent : vitesse du vent à laquelle la puissance nominale (généralement la puissance maximale du générateur électrique) est atteinte.

Vitesse de coupure : vitesse maximale du vent à laquelle la turbine est autorisée à fournir de l'énergie (généralement limitée par la conception technique et les contraintes de sécurité [21])

CHAPIRE 1 : GENERALITES SUR LA PRODUCTION D'ENERGIE ELECTRIQUE

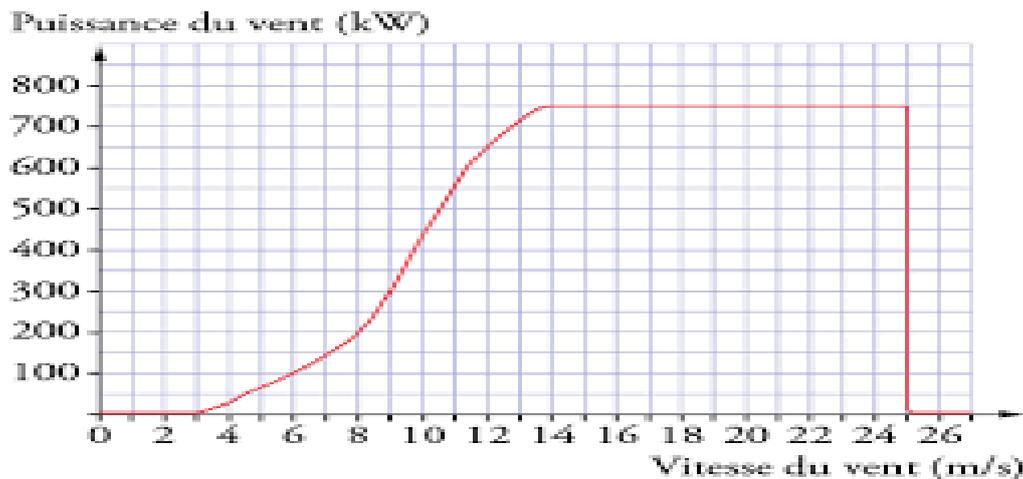


Figure1. 19 La puissance d'éolienne par rapport de vitesse de vent

L'éolienne convertit l'énergie cinétique du vent en énergie électrique. Les courbes de coefficients aérodynamiques sont utilisées pour l'étude des lames de la dynamique.

Puissance convertie P_{con} d'une centrale éolienne est donnée par :

$$P_{con} = \frac{1}{2} \rho A C_p(\lambda, \beta) v_w^3 \quad (1.2)$$

Avec :

$A = \pi R^2$: est la zone balayée du disque de rotor

V_w : La vitesse de vent

ρ : La densité de l'air

Les modèles de détail sont souvent utilisés pour la simulation et l'évaluation des systèmes de production d'énergie éolienne dans les applications sur le terrain. Pour une éolienne spécifique, un modèle doit être développé en fonction de sa courbe de performance de puissance de sortie, qui est donnée par le fabricant.

L'éolienne la puissance de sortie est estimée par interpolation des valeurs des données fournies par les fabricants.

L'ajustement de l'équation de la caractéristique de sortie de l'éolienne peut être exprimée comme : [24]

$P_{out} =$

CHAPIRE 1 : GENERALITES SUR LA PRODUCTION D'ENERGIE ELECTRIQUE

	0	$V_w < V_{ci}$	
	$aV_w^4 + bV_w^3 + cV_w^2 + dV_w + e$	$V_{ci} \leq V_w \leq V_r$	(1.3)
	P_r	$V_r \leq V_w \leq V_{co}$	
	0	$V_w > V_{co}$	

P_r : (the rated power) : puissance nominale

V_{ci} : (cut-in speed) : la vitesse de démarrage

V_{co} : (cut-out speed) : vitesse de coupure

V_w : la vitesse du vent

1.7 Cas de Simulation d'un exemple d'une éolienne avec photovoltaïque :

Pour faire une simulation d'un exemple d'une éolienne avec photovoltaïque, nous avons utilisé logiciel HOMER (Hybrid Optimisation Model for Electric Renevable) qui est un logiciel de modélisation énergétique. C'est un outil puissant pour analyser et concevoir les systèmes électriques hybrides, Ces systèmes sont un ensemble de générateurs fonctionnant aux énergies conventionnelles, d'aérogénérateurs, de panneaux photovoltaïques, de batteries, de piles à combustibles, d'hydroélectricité. [25].

Après avoir établi un état de l'art sur les éoliennes et l'énergie photovoltaïque, nous pouvons maintenant simuler une éolienne avec un générateur photovoltaïque.

Dans ce programme, nous avons déterminé les coordonnées de l'emplacement géographique, lieu de travail sur (Californie) Ainsi que la durée de vie des composants, leurs coûts et la durée de vie du projet.

Premièrement, on va choisir le type de l'éolienne et du photovoltaïque :

1.7.1 Choix d'éolienne :

Pour l'éolienne nous avons choisi le type vestas V47 [660kW],

CHAPIRTE 1 : GENERALITES SUR LA PRODUCTION D'ENERGIE ELECTRIQUE

La figure ci-dessous (**Figure 1.20**)

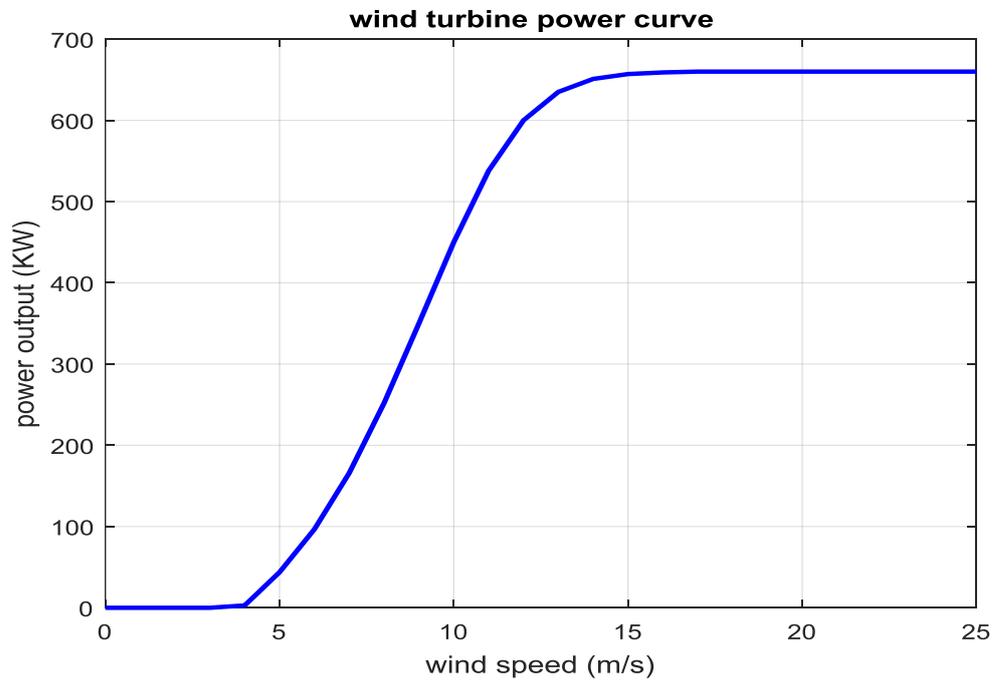


Figure 1. 20 Courbe de puissance relative à l'éolienne (vestas V47 [660kW]).

1.7.2 Choix de générateur PV :

Pour le générateur PV on a choisi le type Huawei SUN2000 [30KW]

La charge : petit hôtel dans Californie représenté dans la **Figure (1.21)**

CHAPIRTE 1 : GENERALITES SUR LA PRODUCTION D'ENERGIE ELECTRIQUE



Figure1. 21 Courbe de charge de 19 juil.

1.7.3 Les résultats de simulation :

D'après la simulation du système étudié, les **Figures (1.22)** et **Figure (1.23)** montrent les résultats qui présentent les puissances de sortie en fonction de jour.

Figure (1.22) montre que la production par l'éolienne dépend de la variation de la vitesse de vent pendant les mois de l'année, car elle est proportionnelle à la vitesse du vent. Dans le mois d'aout la production atteint sa valeur maximale entre 14.00 h pour la journée du 19 juil. (651 kW) avec vitesse de vent (14 m/s) et lorsque la vitesse du vent diminue la puissance décroît progressivement 22 :00 h et 23:00 h

Figure (1.23) montre que la production d'énergie par générateur photovoltaïque dépend d'éclairement et la température, le mois.

On remarque que la valeur maximale pour la journée de 19juil à 11.00h est 27.48 KW et l'éclairement 1.1 kW/m^2

CHAPIRTE 1 : GENERALITES SUR LA PRODUCTION D'ENERGIE ELECTRIQUE

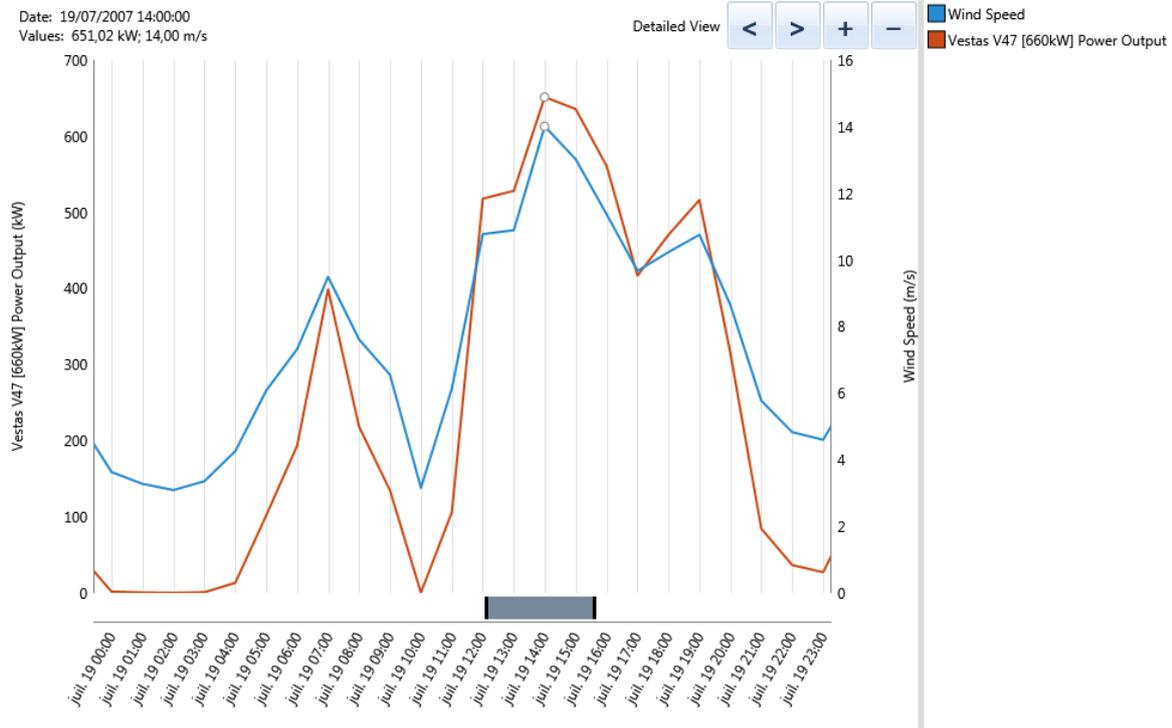


Figure1. 22 Résultat de la simulation du système en 19 juil. La vitesse de vont et la puissance de sortie (éolienne)



Figure1. 23 Résultat de la simulation du système en 19 juil. L'éclaircement et la puissance de sortie (PV)

CHAPIRE 1 : GENERALITES SUR LA PRODUCTION D'ENERGIE ELECTRIQUE

Conclusion :

Le chapitre précédent a donné une vue globale sur les moyennes de production d'énergie électrique, précisément les centrales thermiques et la production décentralisée (les énergies renouvelables)

Nous avons présenté les deux principaux types d'énergies renouvelables : l'énergie photovoltaïque et l'éolienne et les différents éoliens et leur principe de fonctionnement d'une manière générale ainsi que les différentes structures.

Finalement on a fait une simulation d'éolienne et générateur photovoltaïque.

Chapitre 2

Le dispatching économique



CHAPITRE 3 : LE DISPATCHING ÉCONOMIQUE

2.1 Introduction

Le dispatching économique (E D The Economic Dispatch) est la génération, la répartition et l'exploitation à coût minimal de l'énergie électrique dans un réseau de puissance électrique, on peut encore dire que c'est un problème d'optimisation qui est basé essentiellement sur la répartition la plus économique de la puissance active produite par les groupes de génération existant dans un réseau électrique ; en satisfaisant toute la demande et en tenant compte des contraintes d'égalité et d'inégalité des groupes. [26]

Dans ce chapitre Nous avons commencé par définir le problème de répartition économique de puissance, nous avons ensuite introduit quelques méthode de résolution (classique et méta heuristique)

2.2 Le dispatching économique :

Est un problème d'optimisation c'est-à-dire obtenir le meilleur en traitant de la recherche d'un extremum d'une fonction objective dont les entrées peuvent être soumises à des contraintes.

Dans ce domaine de production énergétique, ce problème consiste à répartir la production de la puissance active demandée entre les différentes centrales du réseau, de sorte à exploiter ces derniers de la manière la plus économique possible. Cette distribution doit évidemment respecter les limites de Production des centrales.

La variable à optimiser est donc le coût de production en tenant compte des contraintes d'égalité et d'inégalité des groupes. D'une autre façon, le dispatching économique de puissance c'est satisfaire la charge (la puissance totale demandée) avec le minimum cout de combustible tout en respectant les contraintes physiques des unités de production
En générale Le dispatching économique de puissance peut être résumé en trois points :

1. Pour chaque demande de puissance, calculer les puissances que doivent générer les différentes centrales, et ce de manière à réduire le coût global.
2. La puissance totale générée doit couvrir la demande des charges et les pertes de transmission.
3. Chaque puissance calculée doit respecter les limites de production de l'unité correspondante. Si la valeur calculée est en dessous de la puissance minimale alors la puissance que doit générer l'unité en question doit être ramenée à sa puissance minimale, et si la valeur calculée est en dessus de la puissance maximale, alors la puissance que doit générer cette unité est ramenée à sa puissance maximale. [27]

CHAPITRE 3 : LE DISPATCHING ÉCONOMIQUE

2.2.1 La fonction objective :

Le problème de répartition économique est devenu une tâche cruciale dans l'exploitation et la planification du système électrique. L'objectif principal de l'ED est de programmer la production des unités de production engagées de manière à répondre à la demande de charge requise à un coût minimum en satisfaisant toutes les contraintes opérationnelles des unités et du système. L'amélioration de la programmation de la production des unités peut conduire à une réduction significative des coûts. Initialement. [28]

La répartition économique est définie comme l'allocation du nombre N de générateurs pour assembler la charge du système et minimiser le coût de production avec ses contraintes d'exploitation satisfaites. L'intention est de minimiser le coût total d'exploitation avec le système d'énergie solaire. A cet effet la période steady est divisée en intervalles t et la fonction coût total du carburant est formulée comme suit : [29] [27]

$$FT = \sum_{i=1}^{ng} Fi = \sum_{i=1}^{ng} Ci = \sum_{i=1}^{ng} a_i + b_i P_{Gi} + c_i P^2_{Gi} \quad (2.1)$$

FT : la fonction de cout total de la centrale.

Fi = fonction de coût de la ième unité de production

Ci : la fonction de cout de l'i ème unité

Ng : nombre de générateurs (unités)

a_i, b_i, c_i : coefficients de coût du générateur

2.2.2 Les contraintes :

Le problème de l'ED sous contrainte est soumis à une variété de contraintes en fonction des hypothèses et des implications pratiques. Habituellement, la formulation du problème ED inclut contraintes telles que l'équilibre entre la charge et la génération, la capacité minimale et maximale minimum et maximum. Pour maintenir la fiabilité et la sécurité du système, des contraintes de réserve tournante et de sécurité peuvent être ajoutées au problème ED dynamique. De sécurité peuvent être ajoutées au problème ED dynamique. L'inclusion des zones interdites, des limites de taux de rampe et d'autres contraintes pratiques aboutit à un ED non convexe des unités de production. Toutes ces contraintes sont présentées ci-dessous [30]

CHAPITRE 3 : LE DISPATCHING ÉCONOMIQUE

La première condition fait sortir la première contrainte, dite **contrainte d'égalité**, et elle est écrite comme suite :

$$\sum_{i=1}^n P_{Gi} = PD + PL \text{ avec } i = 1; 2, \dots, n \quad (2. 2)$$

PD : la puissance active totale absorbée par toute la charge (puissance demandé).

P_{Gi} : la puissance générée par une centrale i (puissances délivrées).

PL : représente les pertes de transmission. [33]

$$P_{loss} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n P_i B_{ij} P_j + \sum_{i=1}^n B_{0i} P_i + B_{00} \quad (2. 3)$$

B_{ij} : l'élément (i, j) de la matrice carrée.

B_{i0} : l'élément lié au générateur i.

B₀₀ : 0 constante représentant les pertes du système lorsque la demande de la charge est nulle

Ces coefficients dépendent des valeurs du module de la tension, sa phase et la puissance réactive injectée dans le réseau à partir de l'i ème unité respectivement.

Limites de puissance minimale et maximale : La puissance de sortie de chaque générateur doit être comprise dans ses limites minimale et maximale. La contrainte d'inégalité correspondante pour chaque générateur est la suivante : [29]

$$P_{i \min} \leq P_i \leq P_{i \max} \quad (2. 4)$$

Avec P_{i min} et P_{i max} sont la production minimale et maximale du générateur i, respectivement.

2.3 Classification des problèmes d'optimisation :

Les méthodes d'optimisation peuvent être réparties en deux catégories :

- Méthodes exacte (classique).
- Méthodes approchées.

La Figure (2.1) représente les catégories de méthodes d'optimisation utilisée pour résoudre les différents problèmes d'optimisation complexes

CHAPITRE 3 : LE DISPATCHING ÉCONOMIQUE

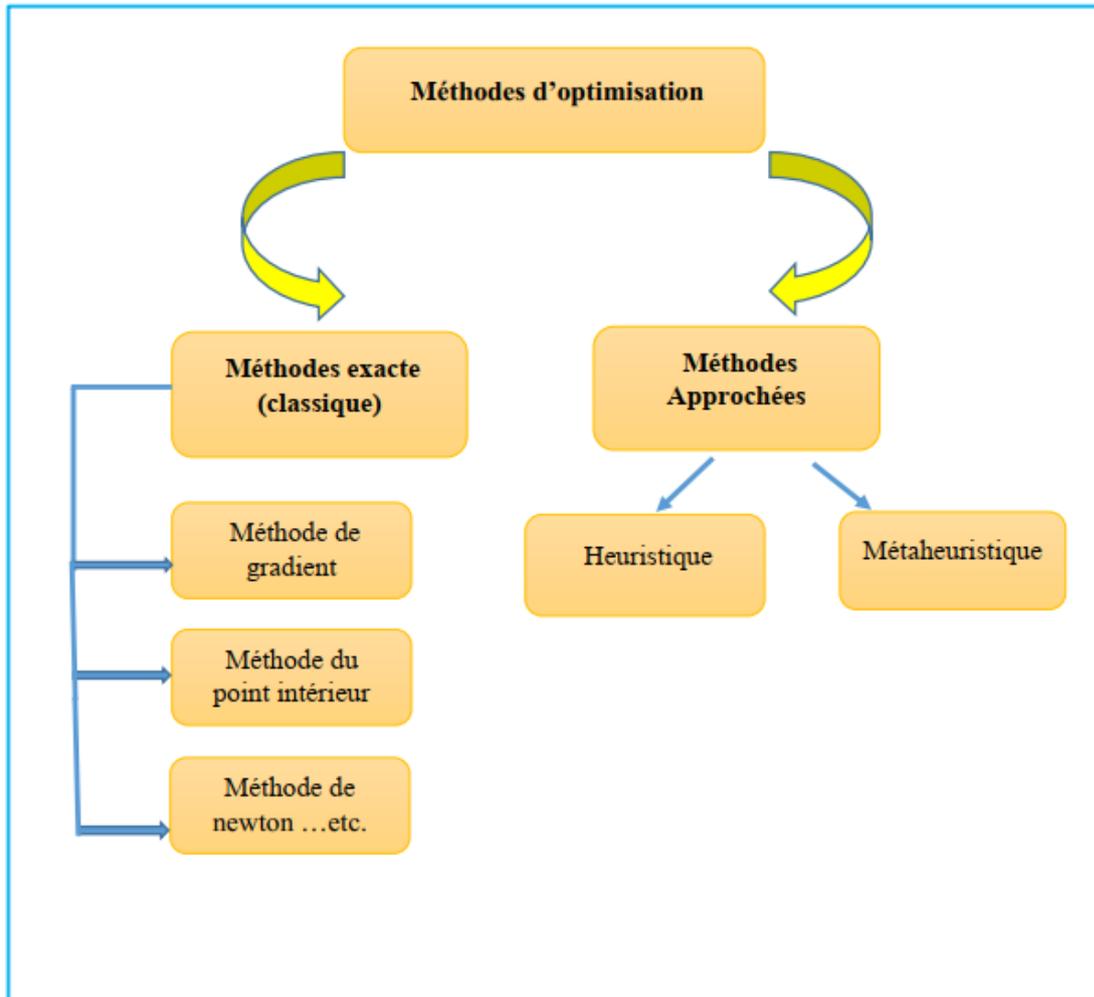


Figure.2. 1 Les méthodes d'optimisation (classification)

2.3.1 Méthodes de résolution de dispatching économique (méthodes classique) :

La solution du dispatching économique est obtenue à l'aide de deux types de méthodes d'optimisation :

- Le premier type utilise le gradient (fonction de Lagrange) comme : La méthode de Kuhn-Tucker et la méthode de gradient.
- Le deuxième type utilise les itérations (minimisation sans gradient) : la méthode d'itération de Lambda.

2.3.1.1 La méthode de Kuhn-Tucker :

On peut constater que le problème d'optimisation est non-linéaire et soumis à des contraintes d'égalité et d'inégalité. En effet, il faut que : [10]

CHAPITRE 3 : LE DISPATCHING ÉCONOMIQUE

$$\sum_{i=1}^{ng} P_{gi} = P_d \quad (2.5)$$

$$P_{gi \min} < P_{gi} < P_{gi \max} \quad (2.6)$$

Avec :

P_d : la puissance demandé

ng : nombre de générateur

$P_{gi \min}$, $P_{gi \max}$: la puissance minimale et maximale de ieme générateur

La méthode de« Kuhn-Tucker » consiste à construire le *Lagrangien* qui tient compte des contraintes d'égalité et en négligeant les contraintes d'inégalité dans un premier temps, sachant que ces contraintes peuvent être écrites sous les formes suivantes :

$$h(x) = 0 \quad \text{Avec} \quad h(x) = \sum_{i=1}^{ng} P_{gi} - P_d \quad (2.7)$$

Donc le lagrangien peut s'écrire comme suit :

$$(x, \lambda, \beta) = f(x) + \lambda h(x) \quad (2.8)$$

$$L(x, \lambda, \beta) = f(x) + \lambda \left(\sum_{i=1}^{ng} P_{gi} - P_d \right) \quad (2.9)$$

$f(x)$: est la fonction objective du cout total à optimiser

Dans le cas général pour étudier n'importe quelle fonction et trouver l'optimum, il suffit de la dériver.

Dans ce cas il faut dériver notre Lagrangien en fonction des P_{Gi} et du coefficient de Lagrange λ , et annuler ces dérivées de sorte à obtenir les conditions sur l'optimum, ces conditions sont appelées : conditions nécessaires d'optimalité ou les conditions de Kuhn Tucker :

$$\frac{\partial L}{\partial P_{gi}} = \frac{df}{dP_{gi}} - \lambda = 0 \quad (2.10)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = P_d - \sum_{i=1}^{ng} P_{gi} = 0 \quad (2.11)$$

CHAPITRE 3 : LE DISPATCHING ÉCONOMIQUE

La dérivée mathématiquement connue sous le nom : multiplicateur de Lagrange. Physiquement c'est le « coût incrémental ou marginal », elle représente l'accroissement du coût correspondant à la production d'une unité de puissance supplémentaire,

2.3.1.2 La méthode de l'itération lambda :

Dans la méthode d'itération Lambda, lambda (λ) est la variable introduite dans la résolution du problème d'optimisation des contraintes. D'optimisation et est appelée multiplicateur de Lagrange. Il est important de noter que lambda peut être résolu à la main en résolvant des systèmes d'équation. Puisque toutes les contraintes d'inégalité à satisfaire dans chaque essai, les équations sont résolues par la méthode itérative.

1/ Supposons une valeur appropriée de $\lambda(0)$, cette valeur devrait être plus grande que la plus grande. Interception de la caractéristique du coût différentiel des différents générateurs.

2/ Calculer les générations individuelles.

3/Vérifier l'égalité

$$P_d = \sum_{i=1}^N P_i \quad (2. 12)$$

Si ce n'est pas le cas, faites la deuxième supposition λ répétez les étapes ci-dessus (**Figure 2.2**)

CHAPITRE 3 : LE DISPATCHING ÉCONOMIQUE

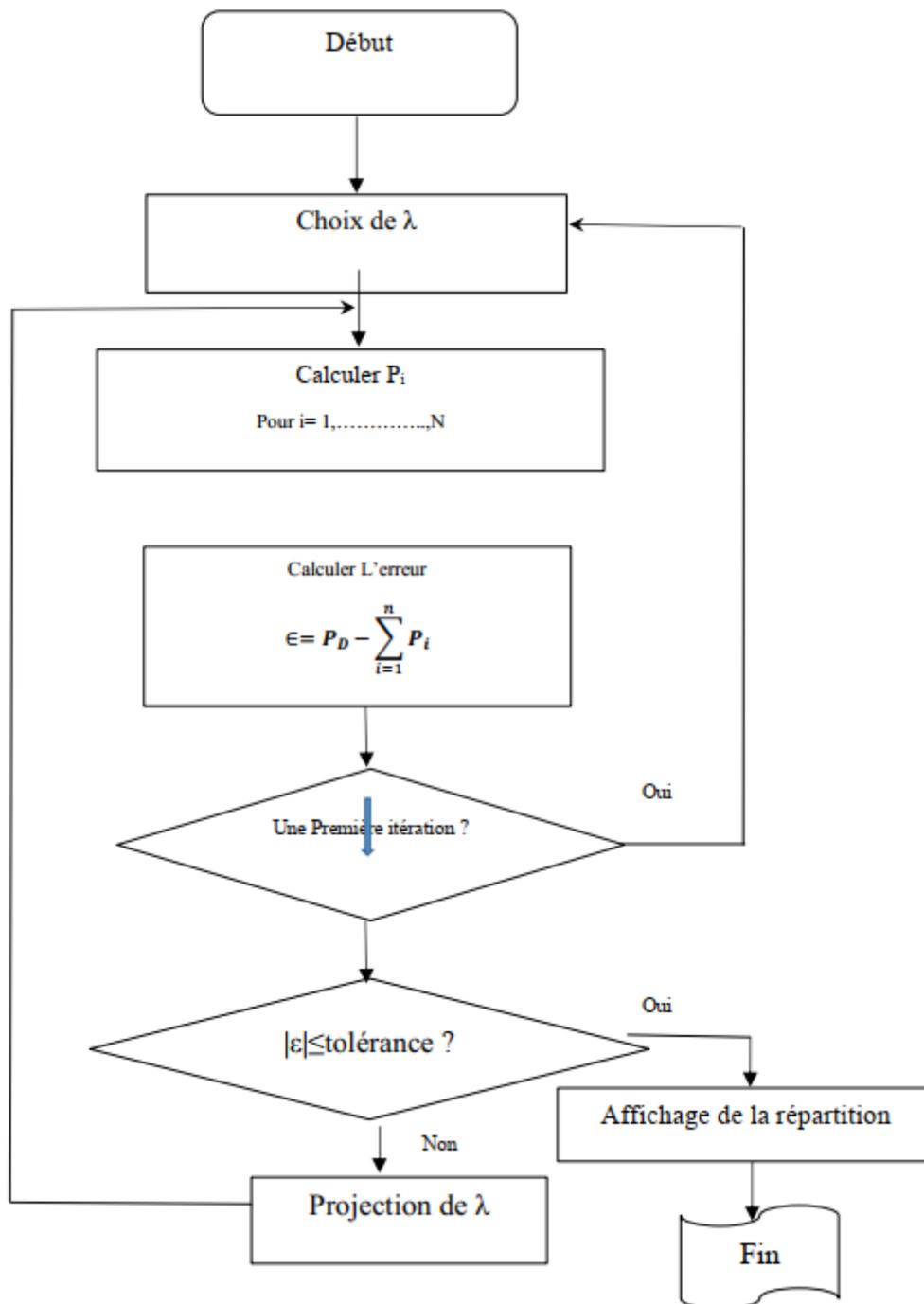


Figure.2. 2 Le diagramme de la méthode itérative de Lambda Sans considération de pertes [3]

2.3.1.3 Méthode du gradient :

Cette méthode fonctionne sur le principe que le minimum d'une fonction basée sur la recherche du minimum d'une fonction en suivant la ligne de plus grande pente associée à la fonction objective. La direction de descente associée à cette ligne est donnée par le gradient de la

CHAPITRE 3 : LE DISPATCHING ÉCONOMIQUE

fonction objectif. L'idée est donc de minimiser une fonction objective (x) à travers une suite de points destinées à converger vers la solution optimale du problème. [10][31]

A partir de n'importe quel point de départ, x^0 , nous pouvons trouver la direction de la "descente la plus raide" en notant que le gradient f .

$$\nabla f = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x_1} \\ \cdot \\ \cdot \\ \frac{\partial f}{\partial x_n} \end{bmatrix} \quad (2. 13)$$

Elle pointe toujours dans la direction de l'ascension maximale. Par conséquent, si nous voulons nous déplacer dans la direction de la descente maximale, on annule le gradient. Nous devrions alors passer de x^0 à x^1 :

$$\nabla x^1 = x^0 - \nabla f \alpha \quad (2. 14)$$

Où α est un scalaire pour nous permettre de garantir que le processus de convergence. La meilleure valeur de doit être déterminée par l'expérience.

Répartition économique par gradient :

Dans le cas de la répartition économique du système électrique, cela devient :

$$F = \sum_{l=1}^{ng} F(P_{gi}) \quad (2. 15)$$

Alors :

$$L(x, \lambda, \beta) = f(x) + \lambda \left(\sum_{i=1}^{ng} P_{gi} - P_d \right) \quad (2. 16)$$

Alors le gradient du Lagrangien est :

CHAPITRE 3 : LE DISPATCHING ÉCONOMIQUE

$$\nabla L = \begin{bmatrix} \frac{\partial L}{\partial P_{g1}} \\ \frac{\partial L}{\partial P_{g2}} \\ \frac{\partial L}{\partial P_{gn}} \\ \frac{\partial L}{\partial \lambda} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1(P_{g1})}{\partial P_{g1}} - \lambda \\ \frac{\partial f_2(P_{g2})}{\partial P_{g2}} - \lambda \\ \frac{\partial f_n(P_{gn})}{\partial P_{gn}} - \lambda \\ P_d - \sum_{i=1}^{ng} P_{gi} \end{bmatrix} \quad (2.17)$$

On prend comme vecteur initial celui des puissances générées et le multiplicateur de Lagrange :

$P_{G01}, P_{G02}, \dots, P_{G0n}, \text{ et } \lambda_0$

$$x^1 = x^0 - \nabla f \quad (2.18)$$

D'où le x est un vecteur :

$$x = \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ P_n \\ \lambda \end{bmatrix} \quad (2.19)$$

L'expression générale est :

$$x^n = x^{n-1} - \nabla f \alpha \quad (2.20)$$

2.3.2 Les méthodes méta-heuristiques :

2.3.2.1 Introduction :

De manière générale, le problème d'optimisation peut être résolu en utilisant la méthode exacte et la méthode d'approche. -Le mot méta heuristique dérivé du mot méta et heuristique. Meta signifie une méthodologie de haut niveau, tandis que heuristique signifie l'art de trouver de nouvelles stratégies pour résoudre un problème. Le méta heuristique est une méthode d'approche basée sur une méthode heuristique qui ne repose pas sur le type d'approche. Qui ne repose pas sur le type de problème. La méthode méta heuristique peut être distinguée en deux qui sont le méta heuristique à base de solution unique (recherche locale) et le méta heuristique basé sur la population (recherche aléatoire). -Les exemples d'une méthode méta heuristique basée sur la population sont ACO, GA et PSO. -Cette recherche utilise trois méthodes méta heuristiques, à savoir ACO, GA et PSO. [32]

CHAPITRE 3 : LE DISPATCHING ÉCONOMIQUE

La Figure (2.3) représenté Le schéma général des techniques méta-heuristiques

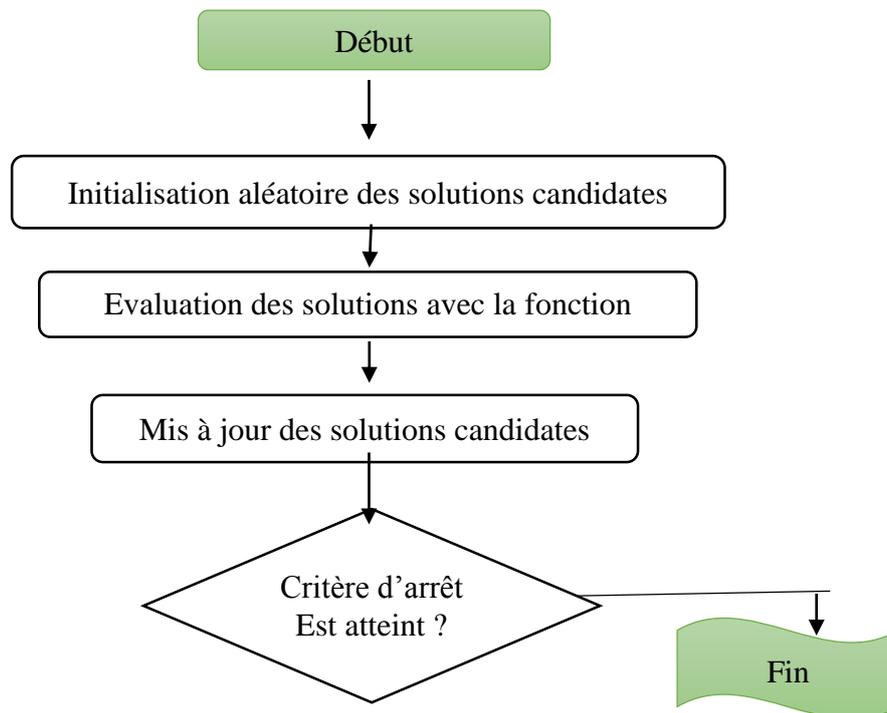


Figure.2. 3 Le schéma général des techniques méta-heuristiques [35]

2.3.2.2 Classification du méta heuristique :

Les méthodes à base d'une solution unique, aussi appelées méthodes de trajectoire.

Elles commencent par une seule solution initiale et s'en éloignent progressivement en construisant une trajectoire dans l'espace de recherche. Parmi ces méthodes :

La méthode du recuit simulé .la méthode de descente. La recherche tabou. La méthode GRASP, la recherche à voisinage variable et la recherche locale itérée.

Les méthodes à base d'un ensemble de solutions dite population, elles manipulent à la fois un ensemble de solutions. Parmi ces méthodes, on trouve la recherche fractale stochastique, l'optimisation par essaim particulaire, l'algorithme sine-cos, etc

Généralement, les méta heuristiques à base d'une solution unique sont plus orientées vers l'exploitation, alors que les méta heuristiques à base d'une population sont orientées vers l'exploration. [33]

CHAPITRE 3 : LE DISPATCHING ÉCONOMIQUE

2.3.2.3 Domaines d'utilisation du méta heuristique :

Les méta heuristiques sont utilisées pour résoudre les problèmes d'optimisation difficile qui sont des problèmes pour lesquelles aucune méthode exacte n'est capable de résoudre exactement en un temps raisonnable. Ces problèmes peuvent se découper en deux types de problèmes : les problèmes discrets et les problèmes continus. - certains problèmes d'optimisation discrète, pour lesquels on ne connaît pas d'algorithme exact polynomial (c'est à dire dont le temps de calcul est proportionnel à N^n , où N désigne le nombre de paramètres inconnus du problème, et n est une constante entière). C'est le cas, en particulier, des problèmes dits "NP difficiles", pour lesquels on conjecture qu'il n'existe pas un constant n tel que le temps de résolution soit borné par un polynôme de degré n . - certains problèmes d'optimisation à variables continues, pour lesquels on ne connaît pas d'algorithme permettant de repérer un optimum global (c'est-à-dire la meilleure solution possible) à coup sûr et en un nombre fini de calculs. Des efforts ont été longtemps menés, séparément, pour résoudre ces deux types de problèmes. Dans l'optimisation continue, il existe ainsi un arsenal important de méthodes classiques dites d'optimisation global mais ces techniques sont souvent inefficaces si la fonction objectif ne possède pas une propriété structurelle particulière, tel que la convexité. Dans le domaine de l'optimisation discrète, un grand nombre d'heuristiques qui produisent une solution proche de l'optimum ont été développées mais la plupart d'entre elles ont été conçues spécifiquement pour un problème donné.

L'arrivée des méta heuristiques marque une réconciliation des deux domaines (celle-ci s'applique à toutes sortes de problèmes discrets et peuvent s'adapter aussi aux problèmes continus). En pratique, certains problèmes sont mixtes et présentent à la fois des variables discrètes et des variables continues. On peut donc souligner une autre richesse du méta heuristique : elles se prêtent à toutes sortes d'extensions. [33][34] [35]

2.3.2.4 Caractéristiques des méta heuristiques :

Selon Clerc et Siarry les méta heuristiques ont en commun les caractéristiques suivantes :

- La plupart des méta heuristiques utilisent des processus aléatoires comme moyens de récolter de l'information et de faire face à des problèmes comme l'explosion combinatoire.
- En plus de cette base stochastique, les méta heuristiques sont généralement itératives, c'est à

CHAPITRE 3 : LE DISPATCHING ÉCONOMIQUE

dire qu'un même schéma de recherche est appliqué plusieurs fois au cours de l'optimisation, et directes, c'est à dire qu'elles n'utilisent pas l'information du gradient de la fonction objectif. Elles tirent en particulier leur intérêt de leur capacité à éviter les optimums locaux, soit en acceptant une dégradation de la fonction objectif au cours de leur progression, soit en utilisant une population de points comme méthode de recherche.

- Les méta heuristiques du fait de leur capacité à être utilisées sur un grand nombre de problèmes différents, se prêtent facilement à des extensions.
- Souvent d'origine discrète à l'exception des essais de particules et l'électromagnétisme.
- Elles sont inspirées par analogie avec la réalité : avec la physique (le recuit simulé), avec la biologie (l'algorithme génétique) ou avec l'éthologie (les colonies de fourmis).
- Les concepts de base des métras heuristiques peuvent être décrits de manière abstraite, sans faire appel à un problème spécifique.
- Les métras heuristiques peuvent contenir des mécanismes qui permettent d'éviter d'être bloqué dans des régions de l'espace de recherche.
- Elles partagent aussi les mêmes inconvénients : les difficultés de réglage des paramètres, et le temps de calcul élevé. [36]

2.3.2.5 Méthode d'Optimisation par Essaim de Particules :

Définition :

La méthode d'optimisation par essais de particules (PSO) a été introduite pour la première fois en 1995 par Kennedy et Eberhart, motivés par le comportement social d'organismes tels que les bancs de poissons et les volées d'oiseaux. [37]

L'algorithme d'Optimisation par Essaim Particulaire (OEP) ou Particle Swarm Optimization (PSO), s'inspire du comportement social des animaux évoluant en essaim, tels que les nuées d'oiseaux et les bancs de poissons. C'est un algorithme itératif à base de population des particules. L'ensemble des particules est nommé "essaim" ou "swarm" selon la terminologie anglaise. Chaque particule représente une solution potentielle au problème d'optimisation. [39]

L'algorithme PSO :

L'algorithme d'OEP est initialisé par une population de solutions potentielles aléatoires, interprétées comme des particules se déplaçant dans l'espace de recherche. Chaque particule est attirée vers sa meilleure position découverte par le passé ainsi que vers la meilleure position

CHAPITRE 3 : LE DISPATCHING ÉCONOMIQUE

découverte par les particules de son voisinage (ou de tout l'essaim, dans la version globale de l'algorithme). L'algorithme d'OEP comprend plusieurs paramètres de réglage qui permettent d'agir sur le compromis (exploration – exploitation). L'exploration est la capacité de tester différentes régions de l'espace à la recherche de bonnes solutions candidates. L'exploitation est la capacité de concentrer la recherche autour des solutions prometteuses afin de s'approcher le plus possible de l'optimum. Le choix des paramètres reste en grande partie empirique. Une analyse complète de l'algorithme a été faite par Clerc et Kennedy. [40]

L'algorithme PSO classique peut être décrit sous forme vectorielle de la façon suivante :

$$v_i^{k+1} = \omega v_i^k + c_1 r_1 * (p_{i\ best} - x_i^k) + c_2 r_2 * (p_{g\ best} - x_i^k)$$

$$x_i^{k+1} = x_i^k + v_i^{k+1}$$

x_i : la position actuelle de la i-ème particule de la population,

v_i : la vitesse de la i-ème particule,

p_i : la meilleure position de la i-ème particule jamais trouvée (c'est à dire où J était optimale)

p_g : la meilleure position jamais trouvée par une particule de l'essaim.

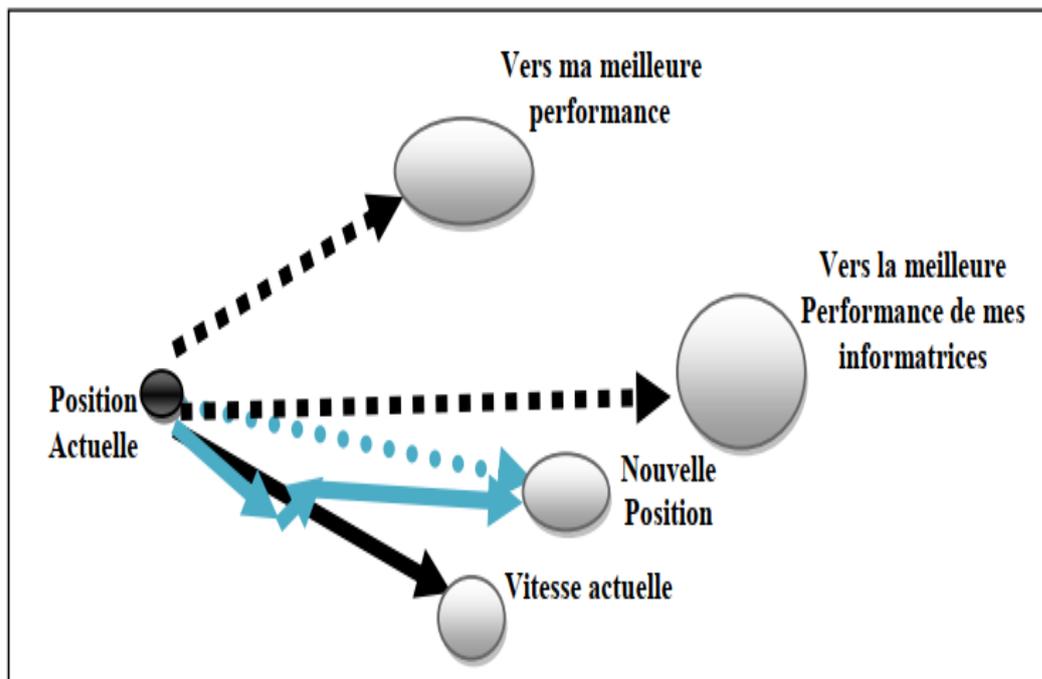


Figure.2. 4 L'algorithme d'OEP

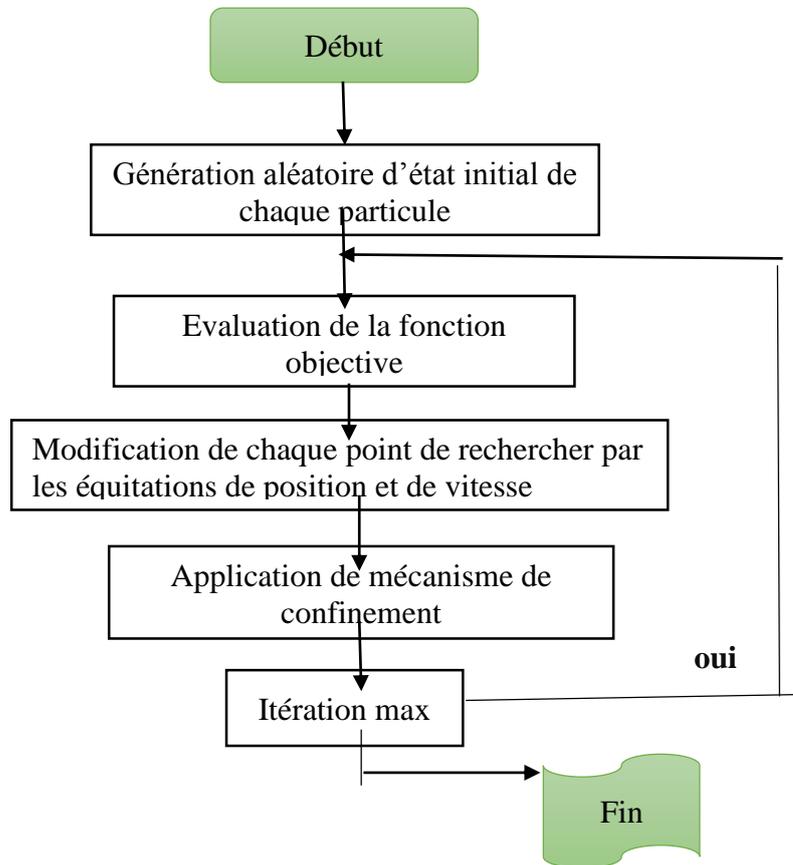


Figure.2. 5 Organigramme général de la méthode PSO

2.3.2.6 Les algorithmes génétiques :

Les algorithmes génétiques manipulent un ensemble de points dans l'espace de recherche, appelé population d'individus. Chaque individu ou chromosome représente une solution possible du problème posé. Il est constitué d'éléments, appelés gènes, dont les valeurs sont appelées allèles. Les algorithmes génétiques font évoluer cette population d'individus par générations successives, en utilisant des opérateurs inspirés de la théorie de l'évolution qui sont la sélection, le croisement et la mutation. [41]

Un algorithme génétique manipule un ensemble de points dans l'espace de recherche. Ces points sont appelés populations individuelles. Chaque individu ou chromosome représente une solution possible au problème posé. Il est composé d'éléments appelés gènes, dont les valeurs

CHAPITRE 3 : LE DISPATCHING ÉCONOMIQUE

sont appelées allèles. Les algorithmes génétiques utilisent des opérateurs inspirés de la théorie de l'évolution, à savoir la sélection, le croisement et la mutation, pour faire évoluer ces individus sur plusieurs générations.

Les (AG), sont basés sur trois éléments principaux : la sélection, le croisement et la mutation. Dans la littérature il s'agit d'opérateurs de reproduction. Leur principe est simple, comporte trois phases :

1-la genèse (l'initialisation aléatoire d'individus pour former la population de la première génération).

2- la reproduction (l'évolution des individus de la génération courante vers la suivante) : - la sélection des individus reproducteurs. - le croisement génétique de ces individus pour la création de nouveaux individus. -la mutation de certains individus pour que la création génétique ne s'affaiblisse pas. -l'évaluation des individus par le calcul de leur fonction d'adaptation.

3-Recherche de l'individu le plus adapté selon les critères souhaités. La solution sera représentée par le meilleur individu de la dernière génération.

Pour résumer, L'AG est fondé sur

- Une représentation chromosomique des solutions du problème.
- Une méthode pour générer une population initiale de solutions.
- Une fonction d'évaluation (fitness) pour classer les solutions en fonction de leurs dispositions.
- Des opérateurs génétiques qui définissent la manière dont les caractéristiques génétiques des parents sont transmis aux enfants.
- Les valeurs des paramètres utilisés par l'AG. [13] [42]

Organigramme d'un algorithme génétique représenté sur **la Figure (2.6)**

CHAPITRE 3 : LE DISPATCHING ÉCONOMIQUE

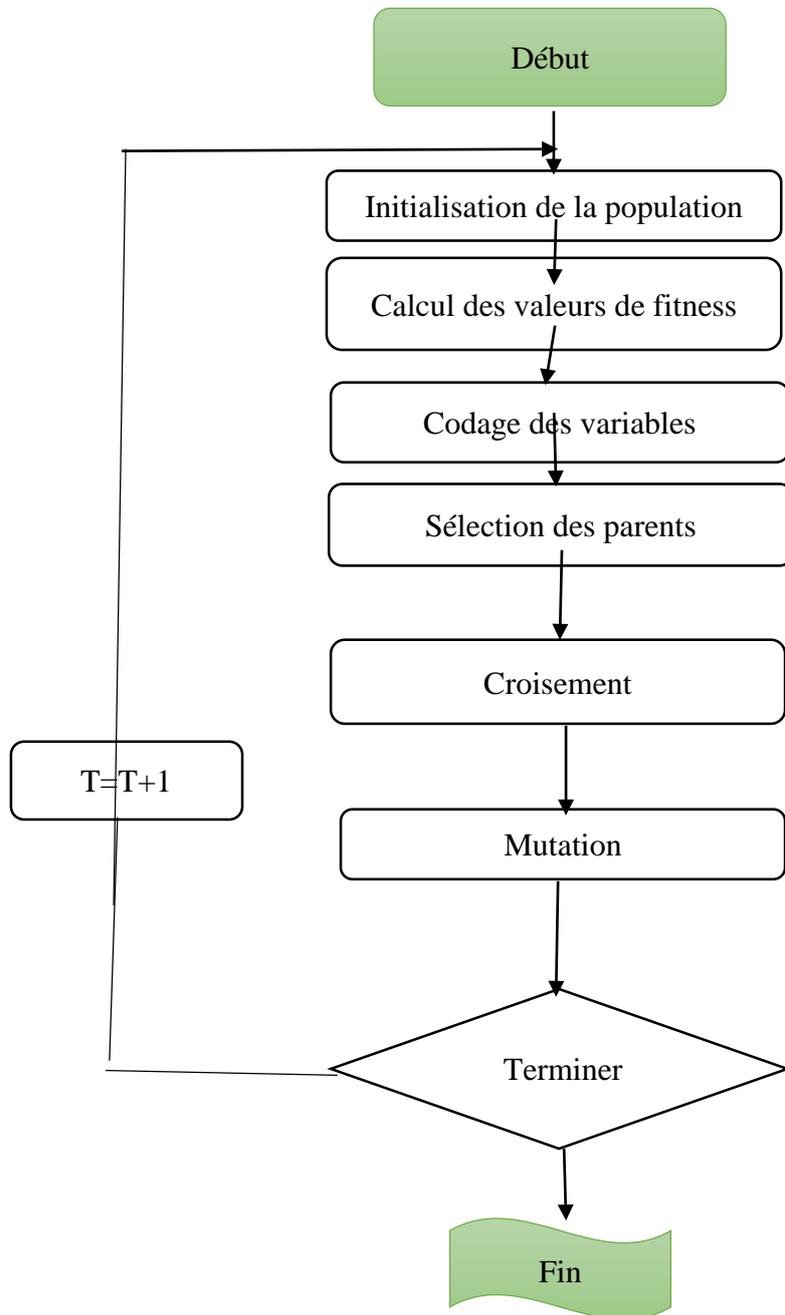


Figure.2. 6 Organigramme d'un algorithme génétique

CHAPITRE 3 : LE DISPATCHING ÉCONOMIQUE

2.4 Conclusion :

Ce chapitre est consacré à l'étude des différentes techniques utilisées pour la résolution du problème du dispatching économique de puissance.

Il cite d'abord quelques méthodes classiques les plus répandues pour la résolution de ce problème et cela avec et sans considération de pertes et donne leurs équations mathématiques correspondantes.

En fin, l'étude des méthodes d'optimisation globales (les méta-heuristiques) en citant le principe de fonctionnement de quelques une de ces techniques développées.

Chapitre 3

Résultats et Interprétation



CHAPITRE 4 : SIMULATION ET RÉSULTAT

3.1 Introduction

Ce chapitre est consacré pour résoudre le problème de la répartition économique de puissance au niveau des systèmes électrique à plusieurs générateurs(10) sans et avec intégration d'énergie renouvelable .Pour cela un réseau test a été choisi pour valider les programmes sous l'environnement Matlab.

Au départ le calcul ne tiendra pas compte d'intégration d'énergie renouvelable mais par la suite elle sera évaluée et incluses dans la demande. Le calcul sera fait en utilisant la méthode de programmation quadratique (PQ)qui est définie dans ce chapitre ainsi que son principe de fonctionnement et son application à la résolution du problème de dispatching économique. Tous les résultats obtenus seront présentés dans le tableau

3.2 La programmation quadratique :

La programmation quadratique est connue pour ses applications multiples dans plusieurs domaines. Son importance provient du fait que plusieurs problèmes réels sont quadratiques c'est le cas de nombreux problèmes en particuliers ceux de la physique et de l'économie.... et souvent, qui intervient comme procédures intermédiaires pour des programmes non linéaires, c'est le cas entre autre des méthodes de programmation quadratique successives (SQP). En ramenant des programmes non linéaires avec de transformation ou formulation adéquate aux problèmes de programmations quadratiques successives où la fonction objective à minimiser est quadratique sous des contraintes linéaires.[43]

Le problème quadratique en général peut s'écrire comme suit :

$$\text{PQ} \left\{ \begin{array}{l} \text{Min } F(x) = \left(\frac{1}{2} x^t Q x c^t x\right) \\ Ax = b \\ x > 0 \end{array} \right. \quad (3. 1)$$

Q : est une matrice symétrique d'ordre n

A : est une matrice m*n

C et b : sont des vecteurs n

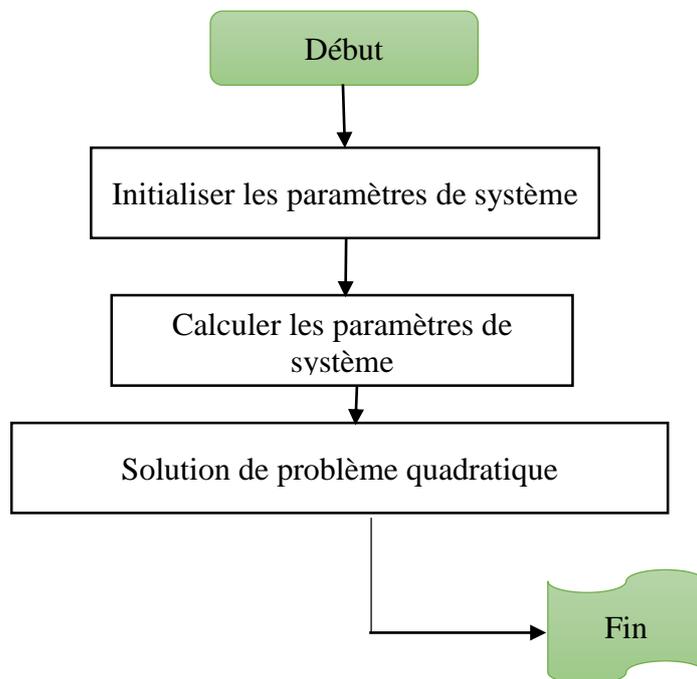


Figure 3. 1 Organigramme générale de programmation quadratique

3.3 Application du PQ au problème de dispatching économique de puissance :

QP est une méthode d'optimisation efficace pour trouver la solution globale si la fonction objectif est quadratique et que les contraintes sont linéaires.

QP est le problème mathématique consistant à trouver un vecteur x qui minimise une fonction quadratique. [44]

$$x \min = \frac{1}{2} X^T H X + f' X \quad (3. 2)$$

Sous réserve de l'inégalité linéaire, de l'égalité et des contraintes de limite contraintes

$$Ax \leq b \quad (3. 3)$$

$$Aeq. X = beq \quad (3. 4)$$

CHAPITRE4 : SIMULATION ET RÉSULTAT

$$lb \leq x \leq lu \quad (3.5)$$

$$x = [P_{g1}, P_{g2}, \dots, P_{gn}]^T \quad (3.6)$$

3.4 L'application sur un système à dix générateurs sans considération de pertes :

Dans cette partie le réseau est un système de dix unités alimentant une Charge à consommation fluctuante journalière montré dans le **Tableau (3.1)** et la **Figure (3.2)** :

L'heur	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00
PD (KW)	1100	1200	1400	1600	1700	1900	2000	2100	2300	2500	2600	2700
L'heur	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00
PD (KW)	2650	2600	2500	2300	2000	1850	1700	1600	1500	1400	1300	1200

Tableau 3. 1 la puissance demandé pondant 24h (la consommation journalière)

[24]

CHAPITRE4 : SIMULATION ET RÉSULTAT

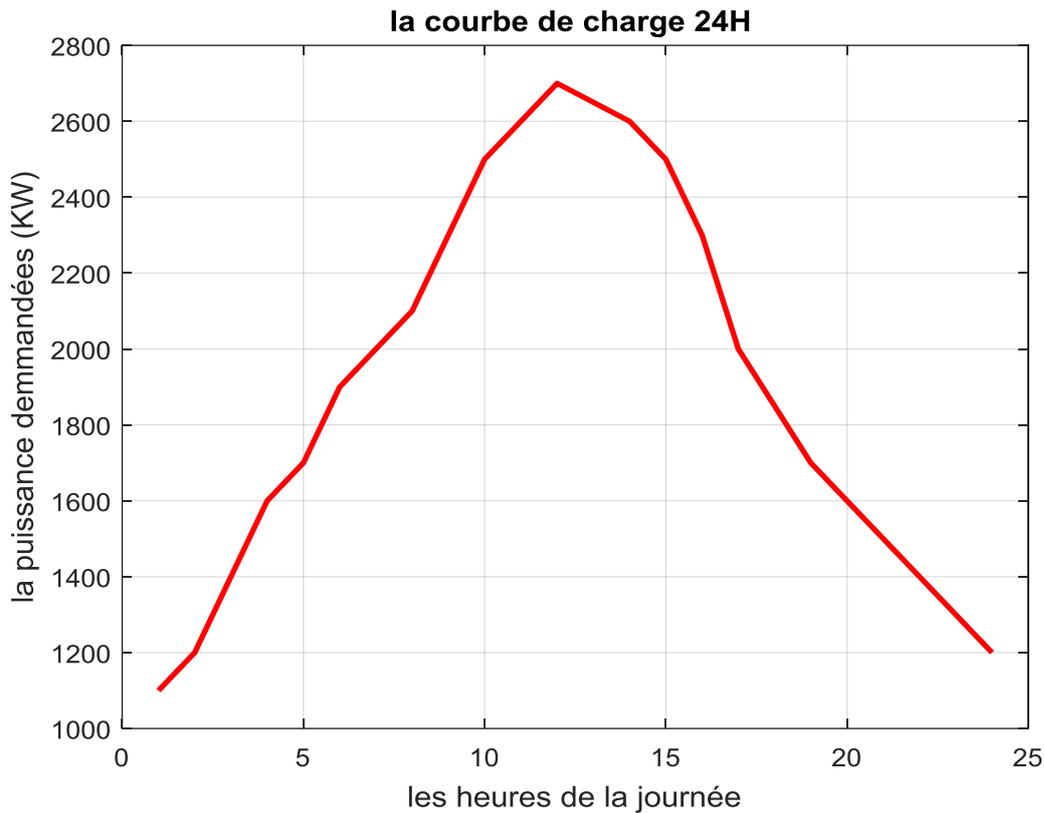


Figure 3. 2 Courbe de charge de la consommation journalière

3.4.1 Interprétation de courbe de charge :

La courbe représente la consommation journalière de notre système

Dans un premier temps, on peut dire que la courbe de charge peut être décomposée en trois grandes parties :

Le temps de nuit de 22h à 6h : une faible consommation de la puissance

La pointe de jour de 6h à 12h : la demande est forte jusqu'à la point crête (à 12h) elle est très élevée par rapport à celle de la nuit ,cette augmentation est due en premier lieu à l'éclairage dans les maisons et l'industrie.

La pointe du soir de 19 h à 22h une période de demande n'est pas vraiment forte mais assez importante par rapport à celle de la nuit .

3.4.2 Manipulation du programme :

Dans ce test on va faire un programme sur logiciel Matlab pour résoudre le problème de dispatching économique .Les données du système sont représentées sur le **Tableau (3.2)** :

N.unités	a_i (\$/hr)	b_i (\$/kW hr)	c_i (\$/kW ² hr)	P_{min} (Kw)	P_{max} (KW)
----------	---------------	------------------	-------------------------------	----------------	----------------

CHAPITRE4 : SIMULATION ET RÉSULTAT

1	5	4	0.0010	100	600
2	5	6	0.0020	100	600
3	20	8	0.0025	100	400
4	20	10	0.0025	100	400
5	30	10	0.0020	50	300
6	30	12	0.0020	100	300
7	40	14	0.0015	100	200
8	40	16	0.0015	50	200
9	55	15	0.0012	50	100
10	55	17	0.0012	50	100

Tableau 3. 2 Les Données du système à dix générateurs [24]

3.4.3 Résultats et interprétations :

Après la simulation de programme on a des résultats, les puissances générées de chaque unité et la fonction de cout de chaque charge ainsi que le cout totale de la production.

Les résultats sont donnés sur le tableau suivant

L'heure du jour	Demande Total P _D (kW)	Les puissances délivrées (MW)					coût Total (\$)/KW
		P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	
1 :00	1100	399,99	100	100	100	50	10080
2 :00	1200	499,99	100	100	100	50	10570
3 :00	1400	600	200	100	100	50	11740
4 :00	1600	600	400	100	100	50	13180
5 :00	1700	599,99	500	100	100	50	13960
6 :00	1900	600	599,99	200	100	50	15655
7 :00	2000	600	600	300	100	50	16580
8 :00	2100	599,99	599,99	399,99	100	50	17555
9 :00	2300	600	600	400	155,55	194,44	19661
10 :00	2500	600	600	400	250	299,99	21861
11 :00	2600	599,99	599,99	399,99	350	299,99	23011
12 :00	2700	600	600	400	400	300	24230
13 :00	2650	600	600	400	400	300	23605

CHAPITRE 4 : SIMULATION ET RÉSULTAT

14 :00	2600	599,99	599,99	399,99	350	299,99	23011
15 :00	2500	600	600	400	250	299,99	21861
16 :00	2300	600	600	400	155,55	194,44	19661
17 :00	2000	600	600	300	100	50	16580
18 :00	1850	600	600	150	100	50	15211
19 :00	1700	599,99	500,00	100	100	50,	13960
20 :00	1600	600	400,00	100	100	50	13180
21 :00	1500	599,99	300,00	100	100	50	12440
22 :00	1400	600	200,00	100	100	50	11740
23 :00	1300	599,99	100,	100	100	50	11080
24 :00	1200	499,99	100	100	100	50	10570

	Demande Total P _D (kW)	Les puissances délivrées (MW)					coût Total (\$)/KW
		P ₆	P ₇	P ₈	P ₉	P ₁₀	
1 :00	1100	100	100	50	50	50	10080
2 :00	1200	100	100	50	50	50	10570
3 :00	1400	100	100	50	50	50	11740
4 :00	1600	100	100	50	50	50	13180
5 :00	1700	100	100	50	50	50	13960
6 :00	1900	100	100	50	50	50	15655
7 :00	2000	100	100	50	50	50	16580
8 :00	2100	100	100	50	50	50	17555
9 :00	2300	100	100	50	50	50	19661
10 :00	2500	100	100	50	50	50	21861
11 :00	2600	100	100	50	50	50	23011
12 :00	2700	149.99	100	50	50	50	24230
13 :00	2650	100	100	50	50	50	23605
14 :00	2600	100	100	50	50	50	23011
15 :00	2500	100	100	50	50	50	21861
16 :00	2300	100	100	50	50	50	19661
17 :00	2000	100	100	50	50	50	16580
18 :00	1850	100	100	50	50	50	15211
19 :00	1700	100	100	50	50	50	13960
20 :00	1600	100	100	50	50	50	13180
21 :00	1500	100	100	50	50	50	12440
22 :00	1400	100	100	50	50	50	11740
23 :00	1300	100	100	50	50	50	11080
24 :00	1200	100	100	50	50	50	10570

Tableau 3. 3 Résultats de simulation sans énergie renouvelable

CHAPITRE4 : SIMULATION ET RÉSULTAT

D'après le tableau, on peut déduire les valeurs des :

La valeur minimale de la fonction de cout totale :

$$F_T = \sum_{i=1}^{24} f_i$$

Alors : $F_T = 390980$ (\$)/KW (Le cout total de 10 unités) (**Figure 4.3**)

De charge totale : $P_D = 45700$ KW

La puissance total délivrée : $P_G = P_D = 45700$ KW

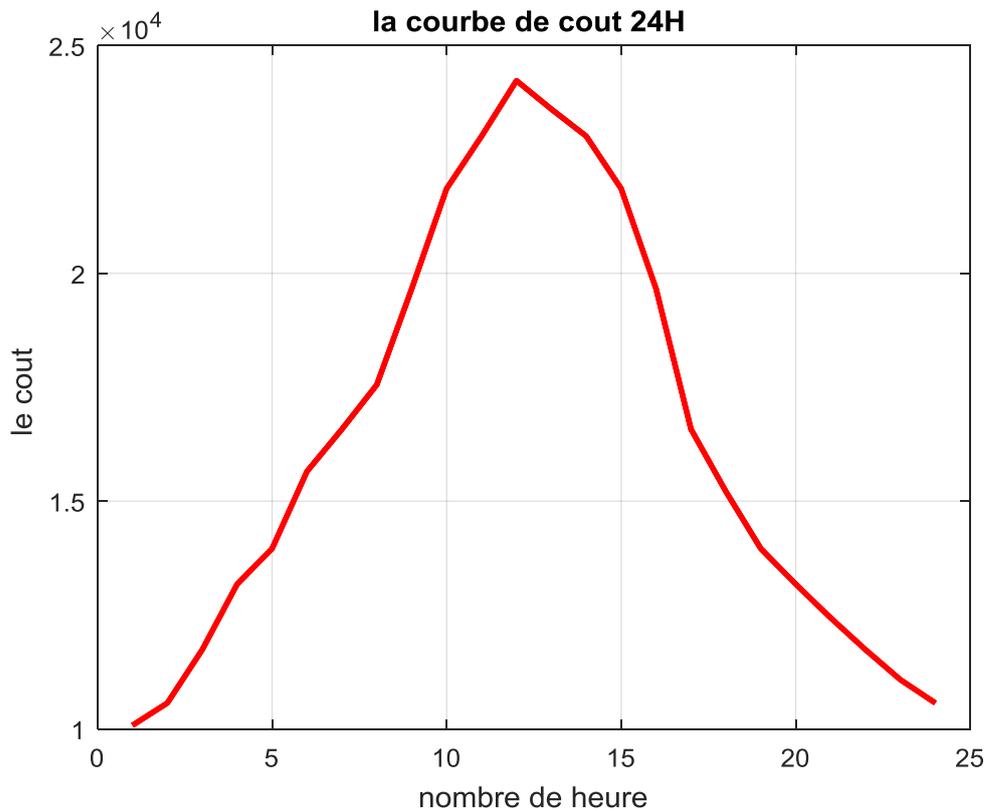


Figure 3. 3 La courbe de cout 24 h

➤ **Interprétation :**

On peut voir à partir des résultats de simulation que les contraintes d'égalité sont satisfaites, Puis la production reprend la demande.

Aussi on voit que Lorsque la consommation diminue, le coût diminue et augmente lorsque la demande augmente, comme le cas le creux ($P_D = 2700$ KW) et ($F = 24230$ (\$)/KW) par rapport à une autre demande par exemple ($P_D = 1100$ KW) et ($F = 10080$) il se voit clairement la différence, D'autres coté les contraintes d'inégalité sont respectés dans plusieurs points de la répartition économique de puissance (respecter la limite de générateur)

CHAPITRE4 : SIMULATION ET RÉSULTAT

Il Ya plusieurs cas dans notre simulation, on prend le cas de la puissance demandé PD = 2000KW pour laquelle l'unité P1 et P2=600KW et P9, P10=100KW prennent leurs valeurs maximales, alors les valeurs sont ramenées à leurs puissances maximaux dans le calcul.

3.5 Système à dix générateurs avec considération d'énergies renouvelables :

Dans ce cas on va simuler un système de dix unités thermique avec un système photovoltaïque et éolien :

La capacité totale du système PV installé est de 1440kW (4×360 kW). [24]

Et la capacité totale de l'énergie éolienne installée est de 560kW (4×140kW).[24]

La puissance maximale de système photovoltaïque et éolienne et donner dans l'équation (1.1) et l'équation (1.2)

Les données de systèmes sans reprenant dans le **Tableau (4.4) Figure (4.4) et Figure (4.5) :**

P (kw) Heur	Pvp (KW)	Pw(KW)
1	0	11,168
2	0	19,275
3	0	32,482
4	0	24,168
5	33,658	50,323
6	76,489	85,515
7	91,783	129,023
8	168,242	83,642
9	229,392	59,276
10	244,676	62,959
11	293,582	35,495

P (KW) Heur	Pvp	Pw
12	305,806	25,475

CHAPITRE4 : SIMULATION ET RÉSULTAT

13	299,693	12,980
14	305,803	5,377
15	244,670	0,622
16	214,099	0,521
17	91,778	0
18	76,484	0,386
19	55,071	0
20	24,47	0
21	15,29	0,622
22	0	1,104
23	0	1,104
24	0	4,291

Tableau 3. 4 La puissance générée par l'énergie renouvelable (Pv + éolienne)

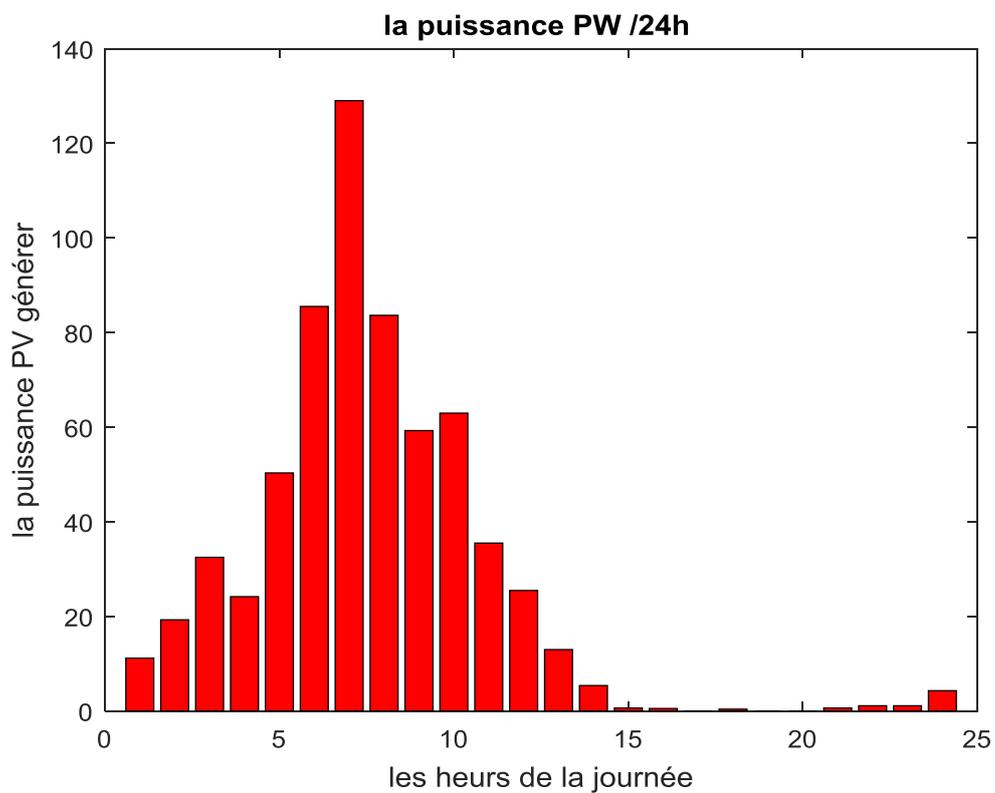


Figure 3. 4 La puissance générée par l'éolienne pendant 24 h (KW)

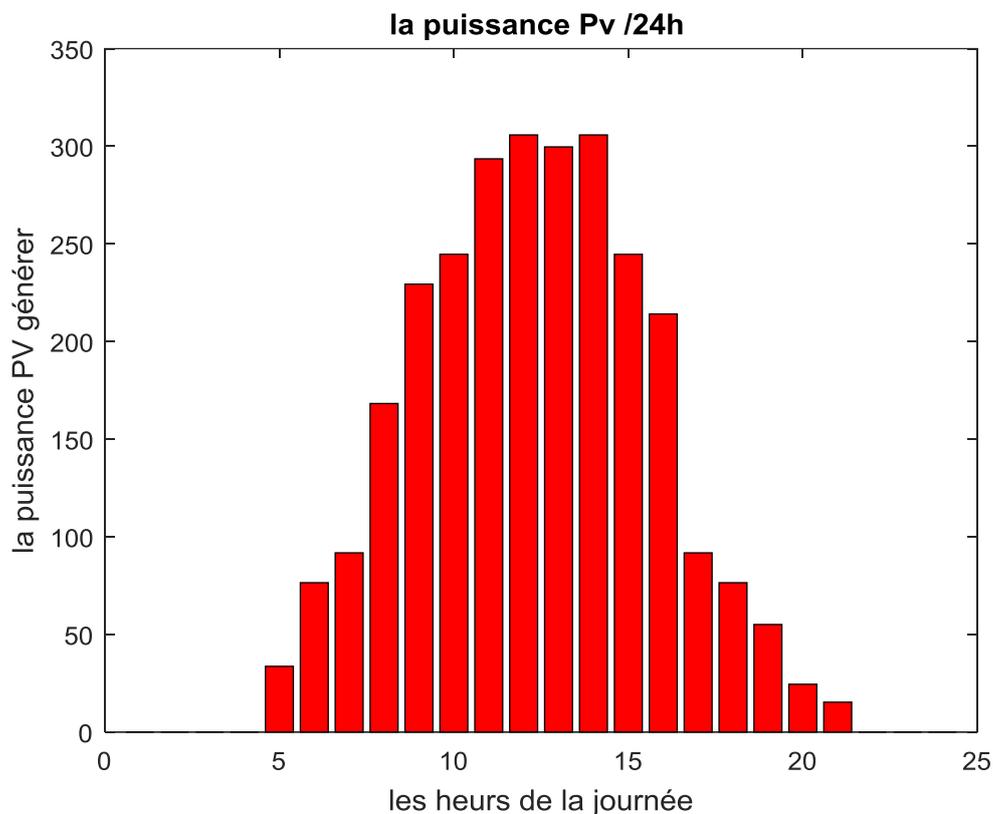


Figure 3. 5 La puissance générée par Pv pendant 24 h (KW)

➤ Interprétation :

La Figure (4.4) montre que la production par l'éolienne dépend de la variation de la vitesse de vent pendant les mois de l'année, car elle est proportionnelle à la vitesse du vent. Dans notre figure on constate une production acceptable dans l'intervalle [0 6H] avec des valeurs variant entre [11 ... 50Kw]

Dans la 7eme heure on atteint le pic de génération (129.23Kw)

Puis on remarque que la puissance décroît jusqu'à la 15 h.

Dans l'intervalle [15 24H] on a une légère production voire nulle.

La Figure (4.5) Montre que la production d'énergie par générateur photovoltaïque dépend de l'éclairement et la température.

Dans l'intervalle [0 5H] il y a aucune production d'énergie électrique car on a une absence totale de l'éclairement.

A partir de 5 heure la production d'énergie électrique accroît pour atteindre son maximum à t=12H (305 KW)

CHAPITRE 4 : SIMULATION ET RÉSULTAT

3.5.1 Résultat et simulation :

Les résultats de simulation sont représenté dans le tableau suivant :

L'heure du jour	Demande Total P _D (kW)	Les puissances délivrées (KW)					
		P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	coût Total (\$)/KW
1 :00	1100	355,32	100	100	100	50	9867
2 :00	1200	422,89	100	100	100	50	10190
3 :00	1400	570,06	100	100	100	50	10925
4 :00	1600	600	303,32	100	100	50	12464
5 :00	1700	600	164,07	100	100	50	11498
6 :00	1900	551,98	100	100	100	50	10832
7 :00	2000	416,77	100	100	100	50	10161
8 :00	2100	392,45	100	100	100	50	10044
9 :00	2300	445,32	100	100	100	50	10299
10 :00	2500	569,45	100	100	100	50	10922
11 :00	2600	583,68	100	100,	100	50	10995
12 :00	2700	600	174,87	100	100	50	11570
13 :00	2650	600	199,30	100	100	50	11735
14 :00	2600	600	155,27	100	100	50	114400
15 :00	2500	600	318,82	100	100	50	12576
16 :00	2300	599,99	241,51	100	10	50	12026
17 :00	2000	599,99	432,88	100	100	50	13432
18 :00	1850	600	342,51	100	100	50	12749
19 :00	1700	600	279,71	100	100	50	12295
20 :00	1600	600	302,08	100	100	50	12455
21 :00	1500	600	236,31	100	100	50	11989
22 :00	1400	600	195,58	100	100	50	11710
23 :00	1300	595,58	100	100	100	50	11057
24 :00	1200	482,83	100	100	100	50	10484

L'heure du jour	Demande Total P _D (kW)	Les puissances délivrées (KW)					
		P ₆	P ₇	P ₈	P ₉	P ₁₀	coût Total (\$)/KW
1 :00	1100	100	100	50	50	50	9867
2 :00	1200	100	100	50	50	50	10190
3 :00	1400	100	100	50	50	50	10925
4 :00	1600	100	100	50	50	50	12464
5 :00	1700	100	100	50	50	50	11498
6 :00	1900	100	100	50	50	50	10832
7 :00	2000	100	100	50	50	50	10161

CHAPITRE 4 : SIMULATION ET RÉSULTAT

8 :00	2100	100	100	50	50	50	10044
9 :00	2300	100	100	50	50	50	10299
10 :00	2500	100	100	50	50	50	10922
11 :00	2600	100	100	50	50	50	10995
12 :00	2700	100	100	50	50	50	11570
13 :00	2650	100	100	50	50	50	11735
14 :00	2600	100	100	50	50	50	11440
15 :00	2500	100	100	50	50	50	12576
16 :00	2300	100	100	50	50	50	12026
17 :00	2000	100	100	50	50	50	13432
18 :00	1850	100	100	50	50	50	12749
19 :00	1700	100	100	50	50	50	12295
20 :00	1600	100	100	50	50	50	12455
21 :00	1500	100	100	50	50	50	11989
22 :00	1400	100	100	50	50	50	11710
23 :00	1300	100	100	50	50	50	11057
24 :00	1200	100	100	50	50	50	10484

Tableau 3. 5 Résultats de simulation avec intégration d'énergie renouvelable

D'après le tableau, on peut déduire les valeurs des :

La valeur minimale de la fonction de cout totale :

Alors : $F_T = 273710$ (\$)/KW (Le cout total de 10 unités avec considération les énergies renouvelables)

Le cout est représenté sur **la Figure (4.6)**

De charge totale :

$$P_d = 45700 - 13667 = 32033 \text{ KW} \quad P_D - P_R = 45700 - 9738 = \text{tKW}$$

La puissance total délivrée : $P_G = P_D = \text{t KW}$ (minimisation de 30 %)

CHAPITRE 4 : SIMULATION ET RÉSULTAT

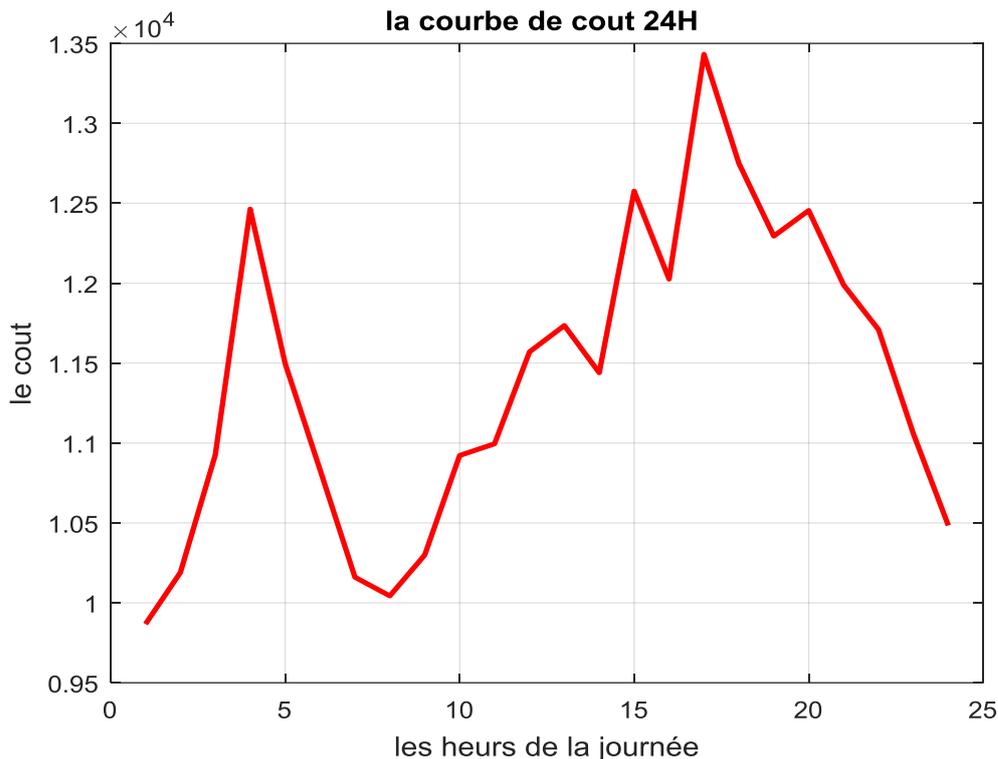


Figure 3. 6 La courbe de cout avec considération les énergies renouvelables

3.5.2 Interprétation :

- D'après les résultats de simulation, Comme on a vu dans le cas précédant (sans énergies renouvelables) la contrainte d'égalité est toujours satisfaite même avec l'intégration d'énergie renouvelable, la production recouvre la demande Avec la diminution de la consommation, le cout est plus minime.
- Dans l'intervalle [1 :5] h Se voit clairement que l'influence d'intégration de l'énergie renouvelable sur le cout est faible (absence de l'énergie photovoltaïque) on prend le cas de la charge de 1^{ere} heure PD =1100 le cout dans le premier cas F=10387 et dans le deuxième cas F= 9867, on voit que il Ya pas grande différence (minimisation de 5%)
- Après 5eme heure, on voit une diminution de cout à cause de présence de l'énergie renouvelable, on prend le cas de PD =2700, le cout est 24230 dans le premier cas et 11570 dans le deuxième cas, il Ya une importante différence. (minimisation de 52%)
- Après 22 heure, le cout est presque comme le 1^{er} cas (centrale thermique), on voit qu'Il Y a pas de grande influence (absence de l'énergie photovoltaïque)

CHAPITRE 4 : SIMULATION ET RÉSULTAT

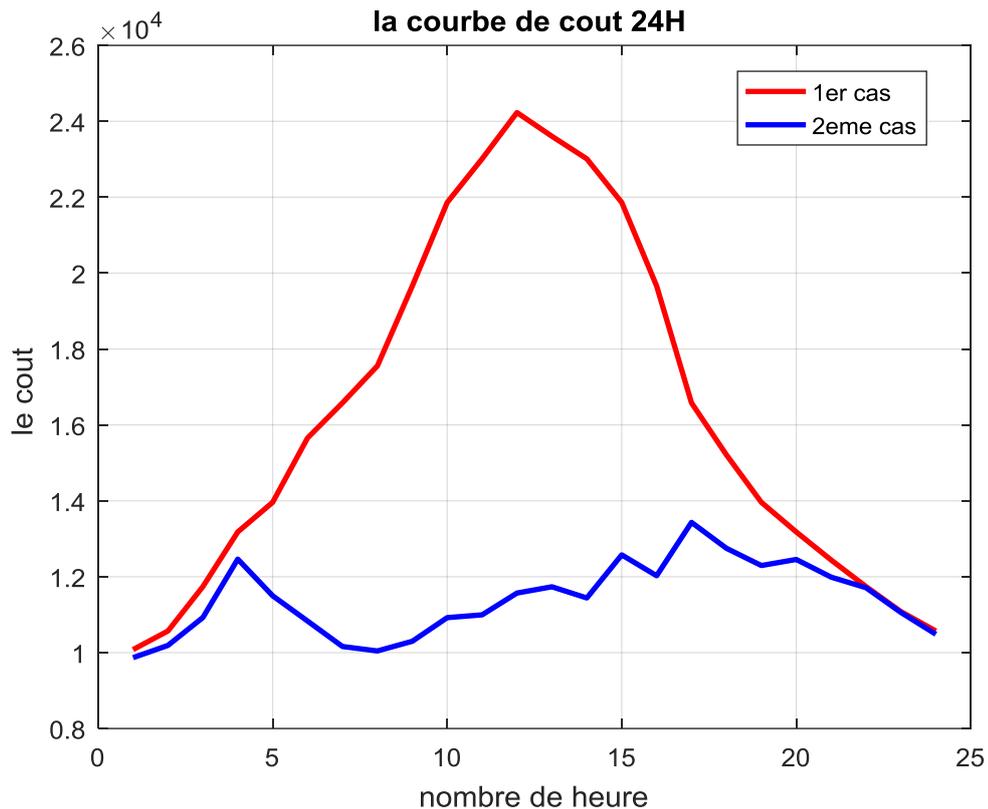


Figure 3. 7 La courbe de cout avec considération les énergies renouvelables

3.6 Conclusion :

Ce chapitre est consacré pour étudier et manipuler les résultats obtenus en appliquant la méthode PQ qui nous a donné de bons résultats lors de son application à la résolution du problème de répartition économique de puissance sans et avec l'intégration d'énergies renouvelables

CONCLUSION GÉNÉRALE

Conclusion Générale

Le dispatching économique joue un rôle très important dans le domaine de l'énergie électrique, car il assure la production de l'énergie électrique avec un coût minimal.

Ce mémoire s'appuie sur une étude comparative entre les deux cas : la résolution de problème de la répartition économique de puissance avec l'Intégration d'énergie renouvelable et sans elle.

Nous avons cité plusieurs méthodes d'optimisation tels que les méthodes classiques (gradient et itération lambda) et les méthodes méta-heuristiques (algorithme génétique et optimisation à essaims de particules).

On a choisi dans ce mémoire d'appliquer la méthode (la programmation quadratique) (PQ) dans l'environnement MATLAB.

Dans un premier temps, on a commencé cette étude par la résolution de problème sans intégration d'énergie renouvelable de système de 10 unités.

Après on a refait la même opération mais avec l'intégration d'énergie renouvelable, Nous avons remarqué que l'intégration d'énergie renouvelable minimise le coût de production. Alors on a conclu que l'inclusion d'énergie renouvelable minimise le coût de production d'énergie électrique.

LES RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

Les Références Bibliographiques :

- [1]=**SAYAH samir** «Aplication de l'intelligence Artificielle pour le Fonctionnement Optimal des Systèmes electriques » thèse doctoret Université Ferhat Abbas-Sétif
- [2]= **Makanga Koumba** « Etude d'intégration de source d'énergie renouvelable à un réseau autonome, » MÉMOIRE PRÉSENTE À L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES NOVEMBRE 2013
- [3]= **M.FATEH Amir** « Etude du fonctionnement des centre de production dans un système de marché libre de l'énergie électrique » thèse de magister univ Batna 2012
- [4]= **Martin HENNEBEL** « Valorisation Des Services Système Sur Un Réseau De transport D'électricité En Environnement Concurrentiel « Thèse de doctorat .faculté des sciences D'Orsay Paris sud –France.2009.
- [5]= **Mostefa HAMED** « Dispatching Economique Dynamique par Utilisation de Méthodes d'Optimisation globales » Université Mohamed Khider – Biskra 2013
- [6]= **P. BORNARD**, « *Conduite d'un Système de Production-Transport* », Technique de l'ingénieurD4080, 2000
- [7]=**CHELBI MOHCEN ELISLEM** « étude exégétique d'une centrale thermique à vapeur ». Mémoire master UNIVERSITE BADJI MOKHTAR ANNABA 2016/2017
- [8]=**TRAORE Massitan** « GESTION DU SYSTEME PHOTOVOLTAIQUE D'UNE ALIMENTATION PRIVEE CONNECTE AU RESEAU » Mémoire de master, université d'Annaba
- [9]= **Zouglami A, Daghboudj S**, « Etude numérique du vrillage des aubes d'une turbine à vapeur axiale », Mémoire Master, Université Larbi Tébessi, Tébessa, 2011
- [10]= **LABED Imen** « Dispatching Economique Dans un Système De Puissance Electrique Par L'intelligence Artificielle » mémoire de de magister Université Constantine 1 anné 2013
- [11]=**Mme.BOUHINI Soraya** « Etude du problème de la répartition économique de puissance avec l'algorithme d'Optimisation à Essaims de particules (PSO) » mémoire master université Djilali BouNaama promotion 2018
- [12]=**salmi djamel kamel rabhi fateh** « Modélisation de la consommation d'électricité basse tension en Algérie (1980-2014) » mémoire master en sciences économiques Université Abderrahmane Mira - Bejaia 2016/2017

LES RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

[13]=**Slimani linda** « Contribution à l'application de l'optimisation par des méthodes Meta heuristiques à l'écoulement de puissance optimal dans un environnement de l'électricité dérégulé » Thèse de doctorat université de Batna 12/2009.

[14]=**MERZOUGUI NOUR EL HOUDA** , **BADACHE BAHRIYA** « Etude d'injection de l'énergie photovoltaïque dans un réseau électrique à travers une ligne 30KV » mémoire master

[15]=**O. Gergaud**, “Modélisation énergétique et optimisation économique d'un système de production éolien et photovoltaïque couplé au réseau,” Thèse de Doctorat de l'Ecole Normale Supérieure de Cachan, France, Décembre 2002

[16]=**Alain Damien** <LA BIOMASSE ENERGIE> 2eme édition

[17]=filière d'énergie renouvelables <l'énergie de la biomasse> Dépôt légal – 4e trimestre 2014 Bibliothèque et Archives nationales du Québec ISBN : 9782550720034

[18]= A review of solar photovoltaic technologies Bhubaneswari Paridaa, S. Iniyanb,*, Ranko Goicc journal homepage

[19]= **boukhers djamil** << OPTIMISATION D'UN SYSTEME D'ENERGIE PHOTOVOLTAIQUE APPLICATION AUPOMPAGE>> mémoire master 2 université mentouri Constantine 2007

[20]= Photovoltaic Power System , Modeling, Design, and Control , Weidong Xiao, University of Sydney , Australia

[21]= Wind energy explained: theory, design and application, J.F. Manwell, J.G. McGowan and A.L. Rogers University of Massachusetts, Amherst, USA. Page 11

[22]=**FERAHTIA Saad** << Calcul d'écoulement de puissance dans les réseaux électriques lors de l'intégration des fermes éoliennes et des dispositifs FACTS>> mémoire master UNIVERSITE DE M'SILA 2012/2013

[23]= **Khelfat Lotfi Maataoui Lakhdar** « Etude et Simulation d'une éolienne à base d'une Machine Asynchrone Doublement Alimentée » mémoire master ANNABA- MOKHTAR BADJI UNIVERS 2017

[24]=Short Term Generation Scheduling of Microgrid 978-1-4244-4547-9/09/\$26.00 ©2009 IEEE

[25] =Phonétique théorique de la langue française. Fedorov V.A. - 12 p

[26]=**A.GACEM**, «Utilisation des méthodes d'optimisations metaheuristiques pour la résolution du problème de répartition optimale de la puissance dans les réseaux électriques», Mémoire de Magister, Université El-oued, 2010.

LES RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

- [27]= **HAMOUDI Farid**, réseau de transport et de distribution électrique, polycopie cours UEF 13 intitulé, Univ bedjaia
- [28]= Mezger Alfredo J, Katia de Almeida C. Short term hydro thermal scheduling with Bilateral transaction via bundle method. *International Journal of Electric Power & Energy System* 2007;29(5):387–96.
- [29]= <Economic dispatch incorporation solar energy using particle swarm optimization > 978-1-4673+8262-5/16/\$31.00c2016 IEEE
- [30]= **Yacine Labbi** < Gestion et contrôle optimale de l'énergie électrique sur les sites de production> Thèse présentée en vue de l'obtention Du diplôme de Doctorat Université Mohamed Khider – Biskra /2016
- [31]= <economic dispatch of thermal units and methods of solution > 1996 john wiley
- [32]= Hindawi *Journal of Computer Networks and Communications* Volume 2019, Article ID 7983583,6pages « The Characteristics of Metaheuristic Method in Selection of Path Pairs on Multicriteria Ad Hoc Networks »
- [33]=**Abir BETKA** <Estimation de mouvement par les techniques métras heuristiques> Thèse doctorat année 2019
- [34]=Dréo, J., Pétrowski, A., Siarry, P. et Taillard, E. (2003). Métaheuristiques pour l'optimisation difficile, *Eyrolles* 2003.
- [35] Horst, R. and Pardalos, P. M. (1995). *Handbook of Global Optimization*, *Kluwer Academic Publishers*.
- [36]=Clerc, M. et Siarry, P. (2004), Une nouvelle métaheuristique pour l'optimisation difficile: la méthode des essaims particulaires, *J3eA - Vol. 3 - 7 (2004)*.
- [37]=019 IEEE 60th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCON) « Particle Swarm Optimization Method for Solving an Economic Dispatch Problem »
- [38]=**Maroua NOURI** < Implémentation d'une méta-heuristique embarquée pour résoudre le problème d'ordonnancement dans un atelier exible de production> thèse doctorat L'École Polytechnique de Tunisie 2017

LES RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

[39]=**ABID Yakoub. CHENNOUF Lakhdar. CHELI Salah**, "Application d'une méthode méta Heuristique à la répartition optimale des puissances dans les réseaux électriques avec une Fonction multi objective" Mémoire de Master, Université Hamma Lakhder-El-Oued, 2016.

[40]=**Asma KARRAY** <CONTRIBUTION A L'ORDONNANCEMENT D'ATELIERS AGROALIMENTAIRES UTILISANT DES METHODES D'OPTIMISATION

[33]=Mezger Alfredo J, Katia de Almeida C. Short term hydro thermal scheduling with Bilateral transaction via bundle method. International Journal of Electric Power & Energy System 2007;29(5):387–96.

[35] = <Economic dispatch incorporation solar energy using particle swarm optimization > 978-1-4673+8262-5/16/\$31.00c2016 IEEE

[36]=IEEE TRANSACTIONS ON POWER SYSTEMS, VOL. 25, NO. 1, FEBRUARY 2010
PARK *et al.* AN IMPROVED PARTICLE SWARM OPTIMIZATION FOR NONCONVEX ECONOMIC DISPATCH PROBLEMS

[37]=Hindawi Journal of Computer Networks and Communications Volume 2019, Article ID 7983583,6pages « The Characteristics of Metaheuristic Method in Selection of Path Pairs on Multicriteria Ad Hoc Networks »

[38]=**Abir BETKA** <Estimation de mouvement par les techniques métras heuristiques>
Thèse doctorat année 2019

[39]=Dréo, J., Pétrowski, A., Siarry, P. et Taillard, E. (2003). Métaheuristiques pour l'optimisation difficile, *Eyrolles 2003*.

[40] Horst, R. and Pardalos, P. M. (1995). Handbook of Global Optimization, *Kluwer Academic Publishers*.

[43]=Clerc, M. et Siarry, P. (2004), Une nouvelle métaheuristique pour l'optimisation difficile: la méthode des essaims particulaires, *J3eA - Vol. 3 - 7 (2004)*.

[41]=019 IEEE 60th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCON) « Particle Swarm Optimization Method for Solving an Economic Dispatch Problem »

42]=**Maroua NOUIRI** < Implémentation d'une méta-heuristique embarquée pour résoudre le problème d'ordonnancement dans un atelier exible de production> thèse doctorat L'École Polytechnique de Tunisie 2017

LES RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

[43]= **Mr AREZKI RAFIK** « La programmation mathématique Avec les méthodes des points intérieurs » mémoire de master 2013 UNIVERSITÉ MOULOUD MAMMARI DE TIZI-OUZOU

[44]= F. Benhamida, I. Ziane Y. Salhi, B. Dehiba Proceedings of the 3rd International Conference on Systems and Control, Algiers, Algeria, October 29-31, 2013 « **A Quadratic Programming Optimization for Dynamic Economic Load Dispatch: comparison with GAMS** »

Annexes



Annexe A

Spécifications de l'éolienne :

WIND TURBINE Name: Vestas V47 [660kW] Abbreviation: V47

Properties
 Abbreviation: V47
 Rated Capacity (kW): 660
 Manufacturer: Vestas Wind Systems A/S
www.vestas.com
 Notes:
 Hub Height options: 40/45/50/55m.

Costs

Quantity	Capital (€)	Replacement (€)	O&M (€/year)
1	10 000,00 €	10 000,00 €	500,00 €

Quantity Optimization
 HOMER Optimizer™
 Search Space

Quantity

0
1

Electrical Bus AC DC

Site Specific Input
 Lifetime (years): 20,00 Hub Height (m): 50,00 Consider ambient temperature effects?

Power Curve

Wind Speed (m/s)	Power Output (kW)
22	660
23	660
24	660
25	660

Wind Turbine Power Curve

Spécifications de l'éolienne :

PV Name: Huawei SUN2000 30kW wi Abbreviation: Huawei

Properties
 Name: Huawei SUN2000 30kW with Generic PV
 Abbreviation: Huawei30
 Panel Type: Flat plate
 Rated Capacity (kW): 29.975
 Temperature Coefficient: -0.4100
 Operating Temperature (°C): 45.00
 Efficiency (%): 17.30
 Manufacturer: Huawei
[Data Sheet for SUN2000](#)
 Notes:
 This is a generic PV system with Huawei's Grid-following String Inverter.
 Lifetime is typical value; data not available on spec sheet. Inverter efficiency curve is based on Huawei spec sheet for 730V.

Capacity Optimization
 HOMER Optimizer™
 Search Space

Capacity (kW)

0
29,975

Electrical Bus AC DC

Site Specific Input
 Derating Factor (%): 96,00

MPPT **Advanced Input** Temperature

Explicitly model Maximum Power Point Tracker

Lifetime (years): 15,00

Costs

Size (kW)	Capital (€)	Replacement (€)	O&M (€/year)
1	0,00 €	0,00 €	0,00 €

Search Space

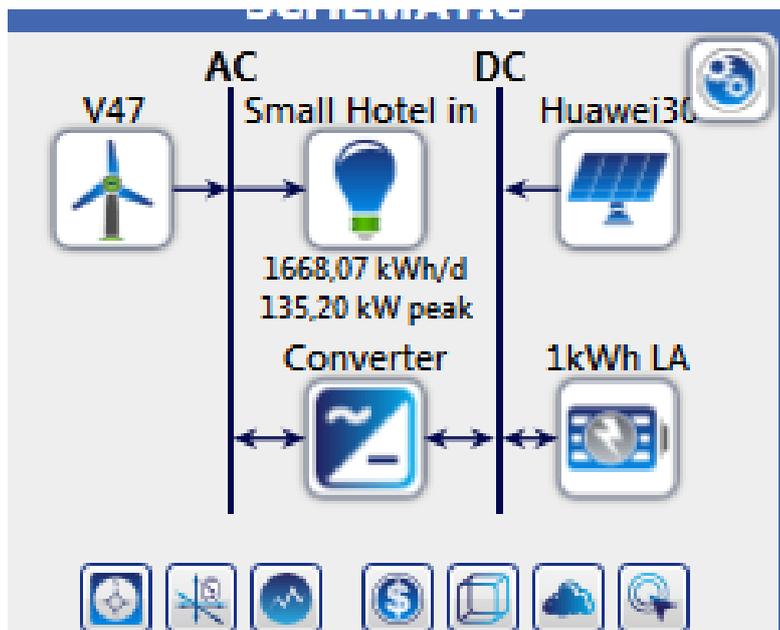
Size (kW)
29,975

Use Efficiency Table?

Efficiency (%): 98,5

Input Percentage (%)	Efficiency (%)
20	98,2
40	98,6
60	98,6
80	98,4
100	98,4

Systeme etudie :



Annexe B :

Les paramètres utilisés pour ma simulation (énergie renouvelable)

Hr	Ga	Ta	Vw	Hr	Ga	Ta	Vw
1	0	24.8	5.7	13	833	29	5.9
2	0	24.7	6.5	14	850	29.7	4.9
3	0	24.5	7.5	15	680	29.8	3.5
4	0	24.3	6.9	16	595	30	3.4
5	93.5	24.4	8.6	17	255	29.8	2.8
6	212.5	24.5	10.5	18	212	29.5	3.1
7	255	25.5	13.6	19	153	29	2.3
8	467.5	26.5	10.4	20	68	27.7	2.9

9	637.5	27.5	9.1	21	42	26.5	3.5
10	680	28	9.3	22	0	26	3.8
11	816	28.5	7.7	23	0	25.5	3.8
12	850	28.8	7	24	0	25	4.7

Hr	Ga	Ta	Vw	Hr	Ga	Ta	Vw
1	0	24.8	5.7	13	833	29	5.9
2	0	24.7	6.5	14	850	29.7	4.9
3	0	24.5	7.5	15	680	29.8	3.5
4	0	24.3	6.9	16	595	30	3.4
5	93.5	24.4	8.6	17	255	29.8	2.8
6	212.5	24.5	10.5	18	212	29.5	3.1
7	255	25.5	13.6	19	153	29	2.3
8	467.5	26.5	10.4	20	68	27.7	2.9
9	637.5	27.5	9.1	21	42	26.5	3.5
10	680	28	9.3	22	0	26	3.8
11	816	28.5	7.7	23	0	25.5	3.8
12	850	28.8	7	24	0	25	4.7