

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA
Faculté des Sciences Appliquées
Département de Génie Electrique



Mémoire
MASTER ACADEMIQUE
Domaine : Sciences et technologies
Filière : Electrotechnique
Spécialité : Réseaux électriques
Présenté par :
LAKHDAR abdelaziz BOURAHLA cherif

Thème:

Optimisation mono objectif appliquée à
un réseau électrique par une méthode
intelligente (ABC)

M ^f Bouhadouza	Boubakeur	MCA	Président	UKM Ouargla
M ^f Kherfane	Riad Lakhdar	MCB	Encadreur/rapporteur	UKM Ouargla
M ^f Rouibah	Tahar	MCB	Examineur	UKM Ouargla

Année universitaire 2020/2021

RÉSUMÉ

Le problème du dispatching économique de la puissance est la minimisation du coût total de production en satisfaisant la demande de la charge. La résolution de ce problème est une manière de gestion d'un système de production électrique en tenant compte des contraintes d'égalités et d'inégalités, autrement dit c'est de trouver la production optimale pour une combinaison donnée des unités en marche. L'apparition des méthodes méta-heuristiques qui font partie de l'intelligence artificielle, a contribué efficacement à résoudre ce problème.

Dans ce mémoire nous avons proposé la méthode ABC (artificiel bee colony) pour la tester et mettre en évidence sa supériorité par rapport à la méthode de (SAELD).

En comparant les résultats obtenus par rapport à les résultats trouvés par la méthode de (SAELD), l'algorithme (ABC) testé sur un système électrique à différentes unités donne des résultats plus exactes que la méthode de (SAELD).

Les Mots Clés:

Dispatching économique, méthodes méta-heuristiques, Intelligence artificielle, méthode ABC (Artificiel Bee Colony), méthode SAELD (Solution de recuit simulé).

ABSTRACT

The problem with economical power dispatching is to minimize the total cost of production by satisfying the load demand. Solving this problem is a way of managing an electricity production system while taking into account the constraints of equality and inequality, in other words it is to find the optimal production for a given combination of operating units. The emergence of meta-heuristic methods, which are part of artificial intelligence, has effectively contributed to solving this problem.

In this thesis, we have proposed the ABC method (artificial bee colony) to test it and demonstrate its superiority compared to the (SAELD) method.

By comparing the results obtained with the results found by the (SAELD) method, the (ABC) algorithm tested on an electrical system at different units gave more accurate results than the (SAELD) method.

Keywords:

Economic dispatching, meta-heuristic methods, Artificial intelligence, method ABC (Artificial Bee Colony), méthode SAELD (solution by simulated annealing).

المخلص

مشكلة التوزيع الإقتصادي للطاقة هي التقليل من التكلفة الإجمالية لإنتاج الطاقة الكهربائية مع توفير الطاقة المطلوبة للإستهلاك. حل هذا المشكل يتلخص في إيجاد طريقة لتسيير نظام الإنتاج الكهربائي مع مراعاة القيود التي تفرضها وحدات الإنتاج وأخذ الطاقة الكهربائية الضائعة خلال النقل الكهربائي بعين الإعتبار. لهذا اخترنا طريقة من طرق الذكاء الإصطناعي لحل هذا المشكل وهي خوارزمية مستعمرة النحل. النتائج المتحصل عليها بعد تطبيق خوارزمية مستعمرة النحل على نظام إنتاج ذو وحدات مختلفة تمت مقارنتها بنتائج طريقة اخري تم تطبيقها على نفس نظام الإنتاج وهي طريقة الحل عن طريق محاكاة التلدين. المقارنة أظهرت أن طريقة مستعمرة النحل أعطت نتائج جد دقيقة ومرضية مقارنة مع طريقة الحل عن طريق محاكاة التلدين.

الكلمات المفتاحية:

التوزيع الإقتصادي، طرق الإستدلال الفوقي، الذكاء الإصطناعي، طريقة مستعمرة النحل، طريقة التلدين.

Remerciements :

Nous tenons à remercier tout premièrement Dieu le tout puissant pour la volonté, la santé et la patience, qu'il nous a donné durant toutes ces longues années.

Ainsi, nous tenons également à exprimer nos vifs remerciements à notre encadreur Dr. Riad Lakhdar KHERFANE pour avoir d'abord proposé ce thème, pour le suivi continué tout le long de la réalisation de ce mémoire et qui n'a pas cessé de nous donner ses conseils.

Nous tenons à remercier vivement toutes personnes qui nous ont aidés à élaborer et réaliser ce mémoire, ainsi à tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin à accomplir ce travail.

Nos remerciements vont aussi à tous les enseignants du département d'Electrotechnique qui ont contribué à notre formation.

Nos sincères remerciements à tous les membres du jury qui ont accepté de juger notre travail.

En fin, nous tenons à exprimer notre reconnaissance à tous nos amis et collègues pour le soutien moral et matériel...

DEDICACE

- *A mes chers parents LAKHDAR Abdelkader et Adjemas Malha*
- *A mes chers frères Abdelbari, Abellah et Abderrahmane ELLILA, à ma chère sœur.*
- *A ma famille et à tous mes amis.*
- *A mon cher ami Bourahla Cherif.*

Table des matières

Table des matières	I
Liste des tableaux	II
Liste des figures :	II
Nomenclature	IV
Introduction Générale	1

CHAPITRE I:

Notions de base et Formulation mathématique du dispatching économique

I	Introduction	2
II	Notions de base	2
II.1	Généralités sur les réseaux électriques	2
II.1.1	La production	3
II.1.1.1	Moyens de production	3
II.1.1.1.1	Les centrales à vapeur	3
A.	Cycle de refroidissement par l'eau déminée	3
B.	Cycle de refroidissement par H ₂	4
II.1.1.1.2	Les centrales à gaz	4
II.1.1.1.3	Turbine à cycle combiné	5
II.1.1.1.4	Les centrales hydrauliques	6
II.1.1.1.5	Les centrales nucléaires	7
II.1.1.1.6	Les centrales photovoltaïques	8
II.1.1.1.7	Les centrales éoliennes	8
II.1.2	Le transport	9
II.1.3	La distribution	10
II.1.4	La consommation	10
II.1.4.1	Fluctuations de la consommation	10
II.1.4.2	Les prévision de la consommation	12
II.2	Le principe de fonctionnement des centrales électriques	13
II.2.1	Unités de charge de base	13
II.2.2	Les centrales de production intermédiaires	13
II.2.3	Les centrales de production de pointe	13
II.3	Interconnexion	14
II.4	Réserve tournante	14
II.5	La réserve tertiaire	14

II.6	Equilibre du système électrique.....	14
III	Optimisation du réseau électrique.....	17
III.1	Définition unit commitment.....	18
III.2	Définition du dispatching économique.....	18
III.3	La fonction objective.....	18
III.4	Les contraintes.....	19
III.4.1	Contraintes d'égalités.....	20
III.4.2	Contraintes d'inégalités.....	20
III.5	Problème du Dispatching Economique.....	20
III.6	Solution du Dispatching Economique.....	21
III.6.1	Calcul de dispatching économique avec considération des pertes [19].....	22
IV	Conclusion.....	24

CHAPITRE II:

Algorithme d'optimisation par colonie d'abeilles (ABC)

I	Introduction.....	25
II	Méthodes Métaheuristiques.....	25
II.1	Définition des Méthodes Métaheuristiques.....	25
V	Comportement des abeilles.....	26
VI	Présentation de l'algorithme ABC :.....	27
VII	Pseudo code d'Algorithme ABC :.....	30
VIII	Étapes de la méthode ABC appliquée à l'OPF.....	30
IX	En résumé l'algorithme ABC :.....	33
X	Conclusion :.....	33

Chapitre III:

Résultat et interprétation

I	Introduction.....	34
II	Réseau électrique test IEEE 30 Nœud.....	34
III	Calcul OPF par la méthode ABC.....	35
III.1	Fonction mono-objectif :.....	35
III.2	La matrice de coefficients B :.....	36
III.3	Le Calcul de dispatching économique par l'application de l'algorithme ABC.....	36
III.4	Résultats de simulation par ABC.....	37
III.4.1	Commentaire sur le tableau III.....	37
IV	Resultat de simulation par SAELD.....	38
IV.1	Commentaire sur le tableau III.4.....	39

V	Comparaison entre ABC et SAELD.....	39
VI	Discussion.....	39
VII	Conclusion :	40
	Conclusion Générale.....	41
	Références :	42
	ANNEXES	44

Liste des tableaux

Chapitre III: Résultat et interprétation

Tableau III- 1:Données des fonctions coût des 6 générateurs du réseau IEEE 30 nœuds.....	36
Tableau III- 2:Paramètres de simulation de l’algorithme ABC	37
Tableau III- 3: Optimisation du coût de production par (ABC) dans un système de six générateurs avec des charges variables.	38
Tableau III- 4: Optimisation du coût de production par (saeld) dans un système de six générateurs avec des charges variables.	39
Tableau III- 5:comparaison des pertes actives et des Coûts de Génération entre test1.m (saeld)et ABC.....	40

Liste des figures :

Chapitre I : Notions de base et Formulation mathématique du dispatching économique

Figure I- 1: Principe de fonctionnement d'une centrale thermique à vapeur[6]	4
Figure I- 2: Principe de fonctionnement d'une centrale à gaz [6].....	5
Figure I- 3: Principe de fonctionnement d'une centrale à turbine à cycle combiné [6]	5
Figure I- 4: Principe de fonctionnement d'une centrale hydraulique[6]	6
Figure I- 5: Principe de fonctionnement d'une centrale nucléaire [6]	7
Figure I- 6: Une installation éolienne [5]	9
Figure I- 7: Courbe de charge de l'Algérie ; fluctuations journalières [5]	11
Figure I- 8: Courbe de charge de l'Algérie ; fluctuations hebdomadaires [5]	11
Figure I- 9: Courbe de charge de l'Algérie fluctuations saisonnières [5]	12
Figure I- 10: Equilibre (production/consommation)	16
Figure I- 11: Accélération de la vitesse rotorique	16
Figure I- 12: Décélération de la vitesse rotorique	16
Figure I- 13: Mécanisme d'optimisation du réseau électrique [3]	18
Figure I- 14: Stratégie du dispatching économique[12]	Error! Bookmark not defined.
Figure I- 15: Caractéristique coût de production en fonction de la puissance [13]	19

Chapitre II: Algorithme d'optimisation par colonie d'abeilles (ABC)

Figure II- 1: La danse en rond qu'effectue l'abeille en fonction	28
Figure II- 2: la danse frétilante, appelée aussi en huit	28

Chapitre III: Résultat et interprétation

Figure III- 1 : Schéma unifilaire du réseau électrique IEEE 30- Nœud.	34
--	----

Nomenclature

(\vec{C}_1)	:facteur d'accélération lié à p best.
(\vec{C}_2)	:facteur d'accélération lié à g best.
F_t	:la fonction de cout total de la centrale.
SAELD	: Solution de recuit simulé.
N-R	: Newton Raphson.
OPF	: Optimal Power Flow (Ecoulement de Puissance Optimal).
P_{gi}	: Puissance active générée de noud i.
$P_{gi(\min)}$: Puissance générée minimale.
P_L	: Pertes actives de toutes les lignes électriques.
ABC	: Optimisation par colonie d'abeilles.
$\vec{P}_{g\text{best}}$: Meilleure position de tout l'essaim.
\vec{P}_{best}	: Meilleure position d'une particule.
\vec{r}_1 et \vec{r}_2	: Nombres aléatoires.
\vec{V}_k	: Vitesse d'une particule à l'itération k.
(\vec{W})	:facteur de pondération ou d'inertie.

INTRODUCTION GENERALE

Introduction Générale

Avec la croissance démographique, le développement technologique a contribué à une consommation sans cesse de l'énergie électrique. Vu que cette énergie est non stockable, il doit y avoir un équilibre entre la production et la consommation.

Il s'est imposé ainsi l'installation de plusieurs infrastructures pour plus de production d'électricité ce qui conduit à une augmentation importante du coût. Sachant que 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 coût minimal. Ceci est appelé le problème de dispatching économique.

L'optimisation de cette répartition doit garantir un faible coût de production en tenant compte des contraintes d'égalités et d'inégalités ce qui rend le problème non linéaire.

La contribution principale de ce mémoire est l'application de l'Optimisation par colonie d'abeilles (Artificiel Bee Colony ABC) pour optimiser l'écoulement de puissance dans le réseau électrique afin de minimiser le coût de production d'énergie électrique, en satisfaisant les contraintes prédéfinies.

Ce mémoire est organisé en trois chapitres:

Le premier chapitre se base essentiellement sur les notions de base du dispatching économique et la fonction coût.

Le deuxième chapitre présente en détail la méthode d'optimisation par colonie d'abeilles (Artificiel Bee Colony ABC)

Le troisième chapitre est consacré pour résoudre le problème de la répartition économique de la puissance au niveau des réseaux électriques. Pour cela un réseau test a été choisi pour valider les programmes sous l'environnement Matlab.

Le calcul sera fait en utilisant l'algorithme d'optimisation par colonie d'abeilles (ABC) qui est bien défini dans Le deuxième chapitre ainsi que son principe de fonctionnement et dans ce chapitre son application à la résolution du problème du dispatching économique

Tous les résultats obtenus seront présentés ainsi qu'une comparaison sera faite entre les solutions trouvées par la méthodes ABC et ceux trouvés par la méthode (SAELD). Enfin, ce travail sera clôturé par une conclusion générale

CHAPITRE 01

**Notions de base et Formulation mathématique du dispatching
économique**

I 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[1]

L'outil d'optimal dispatch (OD) est utilisé très près du temps réel entre 5 et 15 min où les prévisions deviennent de plus en plus précises et lancé à des intervalles réguliers. Ça sert à déterminer le niveau de production définitif des unités qui sont disponibles à ce moment où déjà démarrées [2]

Donc l'objectif du dispatching économique est de minimiser la fonction coût du combustible, et souvent aussi, les frais des compensateurs, et les pollutions causées par les émissions des composants chimiques (les gaz) [1]

Le problème de la répartition économique d'énergie a pris une importance considérable avec l'apparition de la crise d'énergie nécessitant des combustibles de plus en plus chers. Il faut donc planifier les puissances actives et réactives de chaque centrale électrique, de telle sorte que le coût total de fonctionnement du réseau entier soit minimal. D'une autre façon, il faut varier les puissances active et réactive des générateurs dans certaines limites afin de satisfaire la demande particulière de la charge avec un coût minimal du combustible. Ce processus est appelé l'écoulement de puissance optimal, et parfois, il est connu comme le problème du dispatching économique [1].

Dans Ce chapitre Nous avons commencé par définir les types de centrales électriques, car elles constituent la chose la plus importante dans le domaine de l'électricité, à partir de laquelle la production commence et atteint les consommateurs. Nous avons ensuite introduit dispatching économique, fonction de coût et fonction de calcul de perte de transmission, et ces équations sont expliquées dans le calcul du coût et des pertes.

II Notions de base

II.1 Généralités sur les réseaux électriques

De façon très générique un réseau électrique est toujours composé de quatre grandes

parties :

II.1.1 La production

C'est la génération de l'ensemble des puissances consommées par le réseau entier, en grande majorité les tensions produites sous la forme de système triphasé par l'intermédiaire d'alternateurs entraînés à partir de divers types de sources d'énergie dites primaires.

II.1.1.1 Moyens de production

Un moyen de production d'énergie électrique est défini comme toute installation capable de convertir une source d'énergie primaire en énergie électrique pouvant être injectée sur un réseau.

Les centrales de production électriques utilisent d'une façon générale : le charbon, le pétrole et le gaz (centrales thermiques classiques) ou de l'uranium enrichi (centrales nucléaires ce qui n'existe pas en Algérie) pour produire la chaleur initiale. La plupart ont une capacité comprise entre 200 MW et 2000 MW afin de réaliser les économies des grosses installations (en Algérie le groupe le plus puissant est à cycle combiné au niveau de la centrale SKS d'une puissance de 412.5 MW se trouvant à Skikda) [3][4][5].

II.1.1.1.1 Les centrales à vapeur

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 [4].

Le refroidissement de l'alternateur comprend deux cycles :

A. Cycle de refroidissement par l'eau déminée

Au niveau de l'enroulement statorique à l'aide de l'eau déminée, qui passe à travers un circuit fermé avec deux collecteurs aux extrémités, la circulation d'eau est assurée par

des pompes en passant par un échangeur thermique pour le refroidissement de cette eau sortant de l'alternateur.

B. Cycle de refroidissement par H₂

Le refroidissement du rotor se fait à l'aide de l'hydrogène qui occupe tout le volume à l'intérieur de l'alternateur ce qui permet un bon refroidissement de ce dernier. Le refroidissement d'hydrogène est assuré en effectuant un échange thermique avec l'eau de mer au niveau de deux réfrigérants, la circulation d'eau dans ces derniers est assurée par des pompes.

Le rendement des centrales thermiques à vapeur est de l'ordre de 98%, en Algérie une des centrales existant est à Jijel d'une puissance totale de 630MW (210× 3) MW [5][6]. Elles sont réputées pour être souples à l'exploitation, une fois en fonctionnement, mais lentes à mettre en fonctionnement (une centrale à fuel ou au charbon prend environ 16 h pour démarrer à froid, et 8 h pour démarrer à chaud).

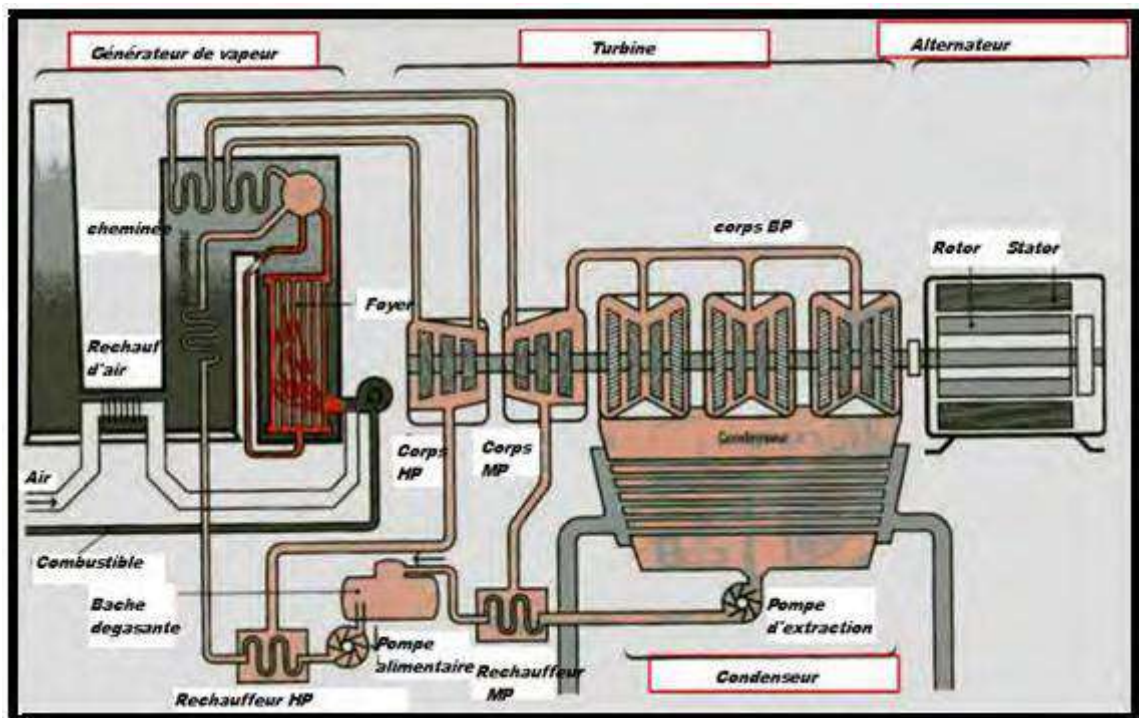


Figure I- 1: Principe de fonctionnement d'une centrale thermique à vapeur[6]

II.1.1.1.2 Les centrales à gaz

Le principe de fonctionnement des turbines à gaz 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 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 % [4].

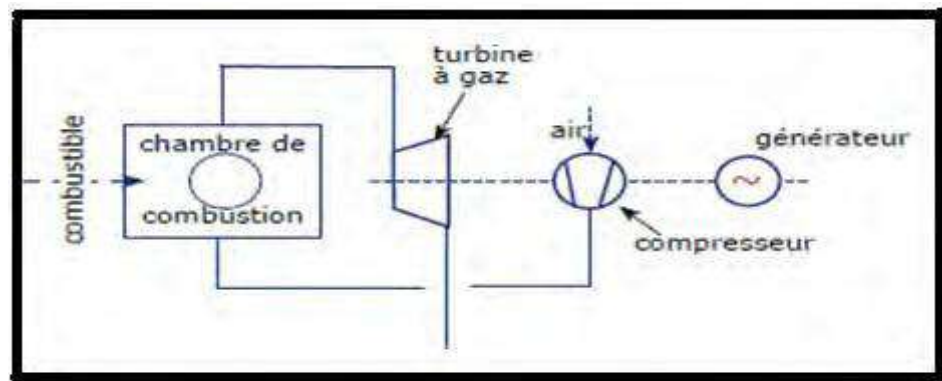


Figure I- 2: Principe de fonctionnement d'une centrale à gaz [6]

II.1.1.1.3 Turbine à cycle combiné

Un autre type des centrales thermiques, c'est : le cycle combiné qu'est le fruit d'une technologie hybride. Pour améliorer le rendement, le principe se base dans un premier temps sur les gaz brûlés issus de l'échappement de la centrale thermique à gaz qui ont une température très élevée, c'est de l'ordre de 500 C° qui peuvent être l'objet

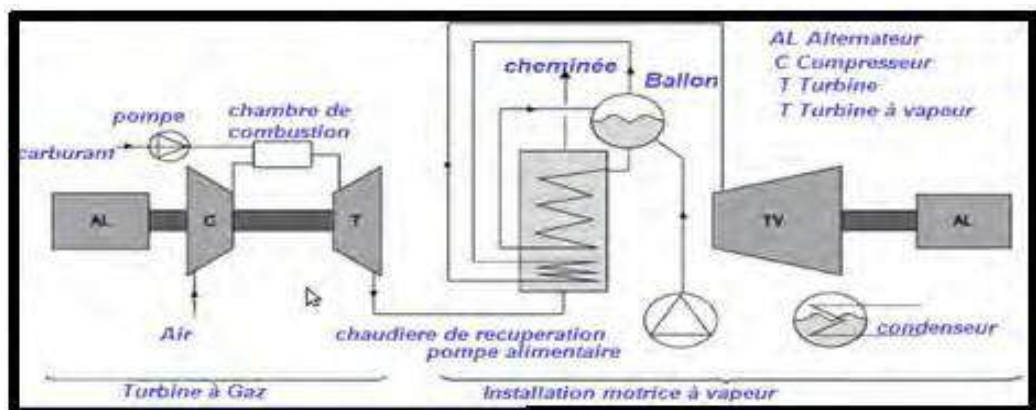


Figure I- 3: Principe de fonctionnement d'une centrale à turbine à cycle combiné [6]

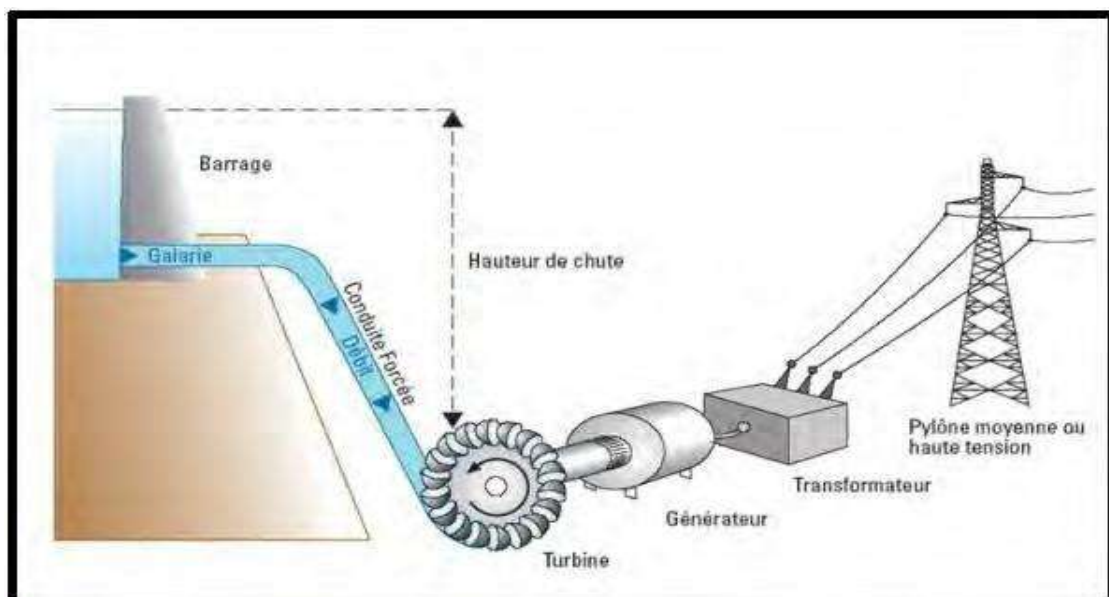
d'échauffement d'une turbine à vapeur, et produire de la vapeur dans une chaudière

Classique. Le rendement dans ce cas est de l'ordre de : 58 % en s'accompagnant d'une réduction significative des émissions de polluants atmosphériques. En termes de souplesse, ces centrales sont un peu plus souples par rapport aux centrales thermiques classiques à cycle simple. Le temps de démarrage est, également plus court qu'une centrale classique.

Ce type des centrales existe en Algérie : SKS (Shariket Kahraba Skikda) qui développe une puissance totale de 825 MW (2 x 412,5 MW), SKH (Shariket Kahraba Hadjret Ennousse) Cherchel d'une puissance totale de : 1200MW (3 x400MW), SKT (Shariket Kahraba Terga) Ain Tmouchent d'une puissance totale de 1200MW (de 3 x 400 MW), SKD (Shariket Kahraba Koudiet Edraouch) Taref puissance totale de 1200MW (de 3 x 400 MW) [4] [5].

II.1.1.1.4 Les centrales hydrauliques

L'énergie potentielle de gravité de l'eau est utilisée pour produire de l'électricité. On distingue deux principaux types de centrales hydrauliques ; les centrales hydrauliques au fil de l'eau et les centrales à réservoir. Dans le premier type, l'eau est turbinée au fil du courant des cours d'eau. On dit que cette production est « fatale » ; si cette énergie ne sert pas à produire de l'électricité, elle sert à rien donc elle est perdue. Dans le deuxième type, l'eau est stockée dans des réservoirs (barrages). L'énergie hydraulique est convertie en électricité par le passage de l'eau dans une turbine reliée à un alternateur. La puissance de la centrale dépend également du débit d'eau. Etant donné qu'elles ont aussi des caractéristiques de souplesse extraordinaires, elles sont utilisées en grande partie pour suivre les fluctuations brusques de la consommation, elles



peuvent être couplées au réseau dans 3 à 5 minutes. En Algérie les centrales hydrauliques existantes sont celle de : Darguina (Bejaia) d'une puissance totale de 71.5MW et Ziama El Mensuriya d'une puissance de 100MW [3] [4] [5].

II.1.1.1.5 Les centrales nucléaires

Le principe de fonctionnement de la centrale nucléaire est de générer la chaleur par la fission nucléaire d'uranium. La chaleur produite est utilisée pour faire réchauffer de l'eau et avoir de la vapeur qui est ensuite acheminée dans une turbine composée d'un corps haute pression (HP) et de plusieurs corps basse pression (BP) la quelle actionne un alternateur. Le refroidissement du circuit de la vapeur peut avoir lieu directement, par de l'eau du lac, du fleuve ou dans un circuit via une tour de refroidissement [4].

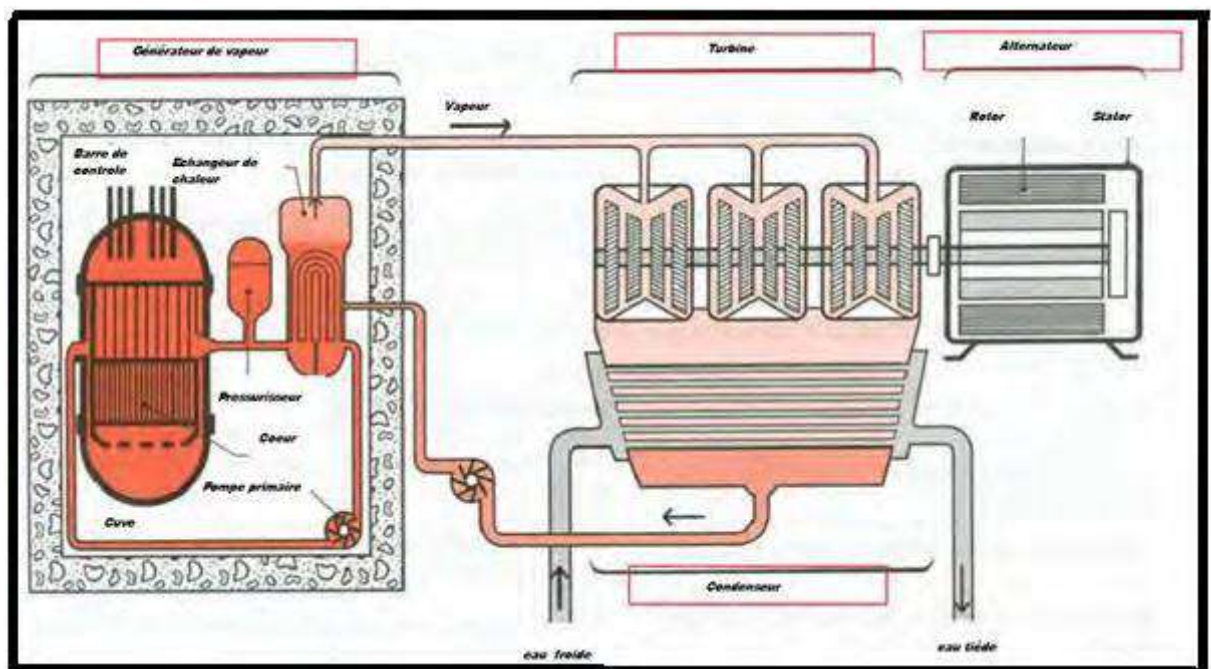


Figure I- 5: Principe de fonctionnement d'une centrale nucléaire [6]

II.1.1.1.6 Les centrales photovoltaïques

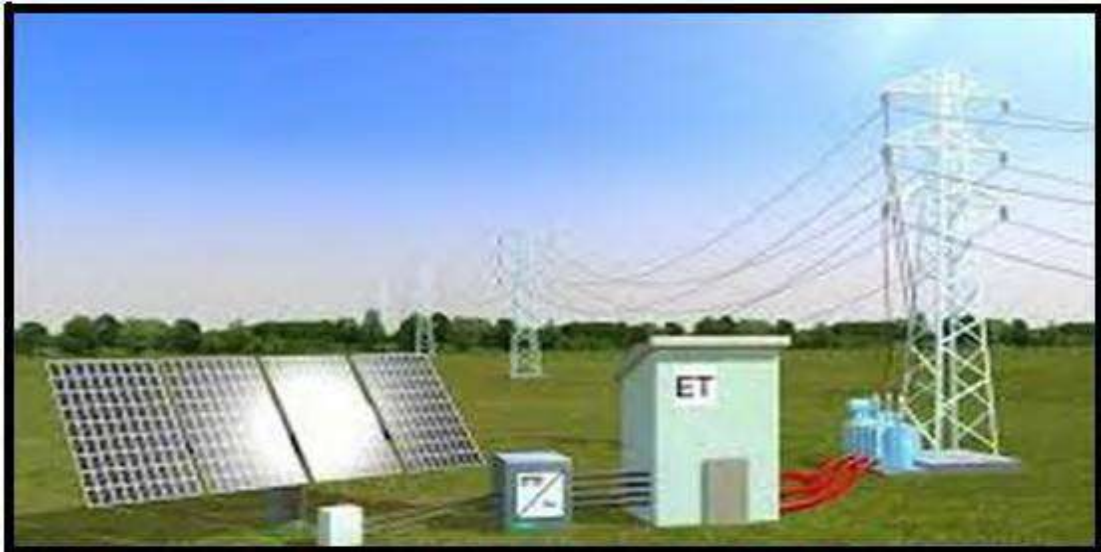


Figure (I.6) installation photovoltaïque [6]

L'énergie électrique est produite directement par la transformation du rayonnement solaire au niveau des panneaux photovoltaïques qui sont à base des cellules regroupées. Ce phénomène physique appelé effet photovoltaïque qui consiste à produire une force électromotrice lorsque la surface de cette cellule est exposée à la lumière, le courant résultant est continu ce qui exige une intégration des onduleurs pour avoir un courant alternatif ainsi des batteries d'accumulation pour emmagasiner l'énergie électrique. Cette technologie pratiquement n'existe plus en Algérie à l'exception de quelques recherches au niveau des universités ou des centres de recherche [4].

II.1.1.1.7 Les centrales éoliennes

L'énergie primaire est le vent. Une éolienne se compose essentiellement d'une hélice, en général à 3 pâles, placée au-dessus d'un mât. Sous l'effet du vent l'hélice de l'éolienne (appelée aérogénérateur dans d'autres documentations) se met en rotation. À l'intérieur de la nacelle sur l'axe existe un multiplicateur de vitesse qui a pour but d'augmenter la vitesse de rotation disponible pour l'alternateur.

À l'échelle mondiale, l'énergie éolienne a connu une croissance importante de 30% par an. L'Europe, principalement sous l'impulsion allemande, scandinave et espagnole, comptait environ 15000 MW de puissance installée en 2000. Ce chiffre a presque doublé en 2003, soit environ 27000 MW pour 40000 MW de puissance installée dans le monde [4].

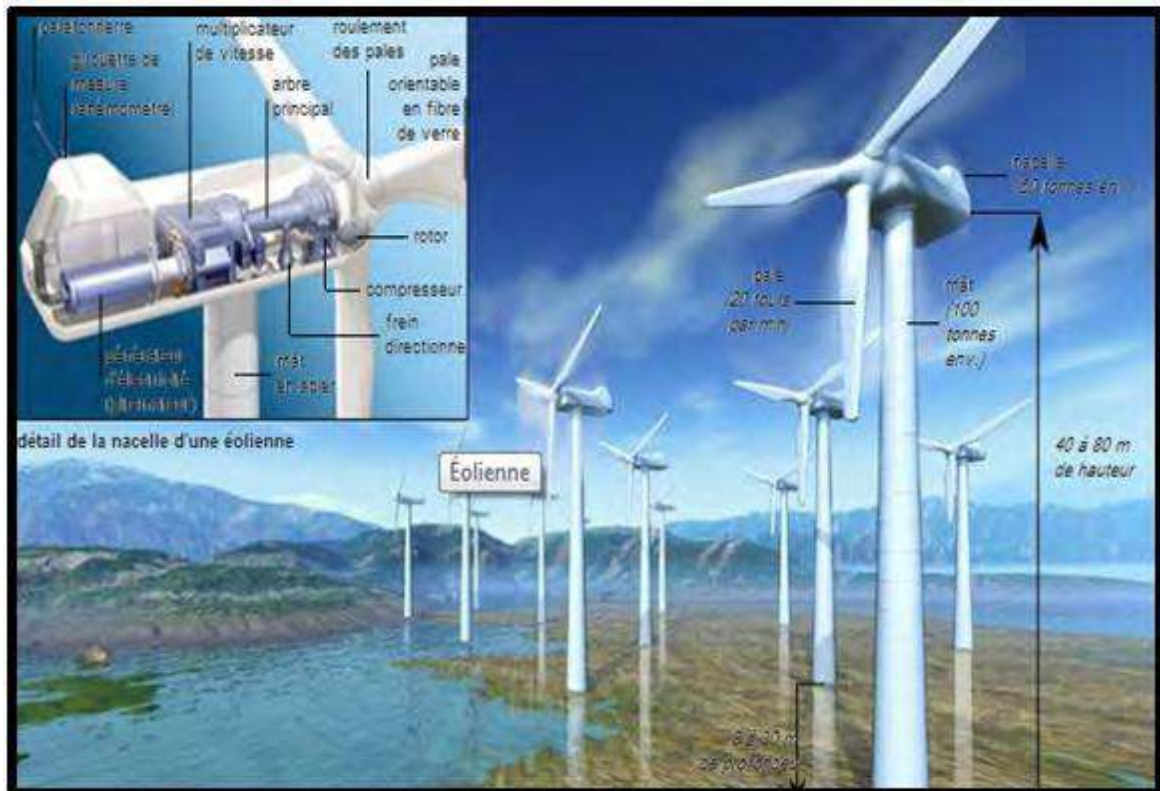


Figure I- 6: Une installation éolienne [5]

II.1.2 Le transport

Il consiste à acheminer les puissances produites par les unités de production auprès des points de consommation. Donc le rôle principal du réseau de transport est la liaison entre les grands centres de consommation (gros consommateurs et distributeurs) et les moyens de production.

Ce rôle est particulièrement important, car le stockage d'énergie électrique presque impossible. Les grandes centrales sont souvent près des cours d'eau et des océans, autour des fleuves. Sur le plan économique l'ordre de grandeur des distances impose entre autres le fait de véhiculer l'énergie électrique en courant alternatif sous très haute tension afin de minimiser les pertes au niveau des lignes de transmission contrairement à la production et la consommation qui se réalisent à des

niveaux de tension plus faibles. Les transformateurs sont alors nécessaires pour la mise à niveau de tension [3] [7].

Les réseaux de transport d'électricité sont composés de lignes (ou de couloirs de lignes) reliant les différents jeux de barres ou nœuds. D'une façon générale, ils ont une topologie maillée pour offrir une multiplicité de possibilité d'aller d'un nœud à un autre du réseau.

Les réseaux de transport doivent être exploités dans les limites de fonctionnement autorisées. Ces limites ou autrement dit les contraintes du réseau sont exprimées par des valeurs maximales ou minimales sur certaines variables du réseau (Flux de puissance sur les lignes ou transformateurs, niveau de tension, etc.). Dans le cas où ces limites sont dépassées à plusieurs reprises cela implique une dégradation des différents composants du système et le réseau risque de tomber dans un problème d'instabilité [3].

II.1.3 La distribution

D'une façon générale la distribution est assurée en moyenne (MT) et basse tension (BT), et même en haute tension pour les clients HT. La distribution est adaptée selon le type de consommation que se soit des très grandes usines qui peuvent être alimentées carrément du réseau haute tension selon la puissance maximale demandée PMD (le cas du barrage Bni Haroun en Algérie alimenté par le réseau 60 KV, sa PMD est de 100MW) ou des immeubles d'habitats, des écoles. exc.) en basse tension (en Algérie 220 à 380 V) [5] [7].

II.1.4 La consommation

C'est le point d'arrivée dans un réseau électrique, La consommation d'électricité correspond à un appel de puissance active sur le réseau pour une période de temps bien déterminée ; cela correspond à une consommation d'énergie. L'électricité est consommée par des différents types de consommateurs (résidentiels, commerciaux et industriels). La consommation d'électricité se caractérise par:

- Ses fortes fluctuations.
- La difficulté de la prévoir de manière exacte.

II.1.4.1 Fluctuations de la consommation

La consommation d'électricité varie d'une façon permanente en fonction des multiples variables (la température, l'heure de la journée, le jour de la semaine, les conditions météorologiques), ces fluctuations peuvent être :

- **Fluctuations infra journalières** : durant une journée, la consommation d'électricité peut fluctuer d'une façon importante.

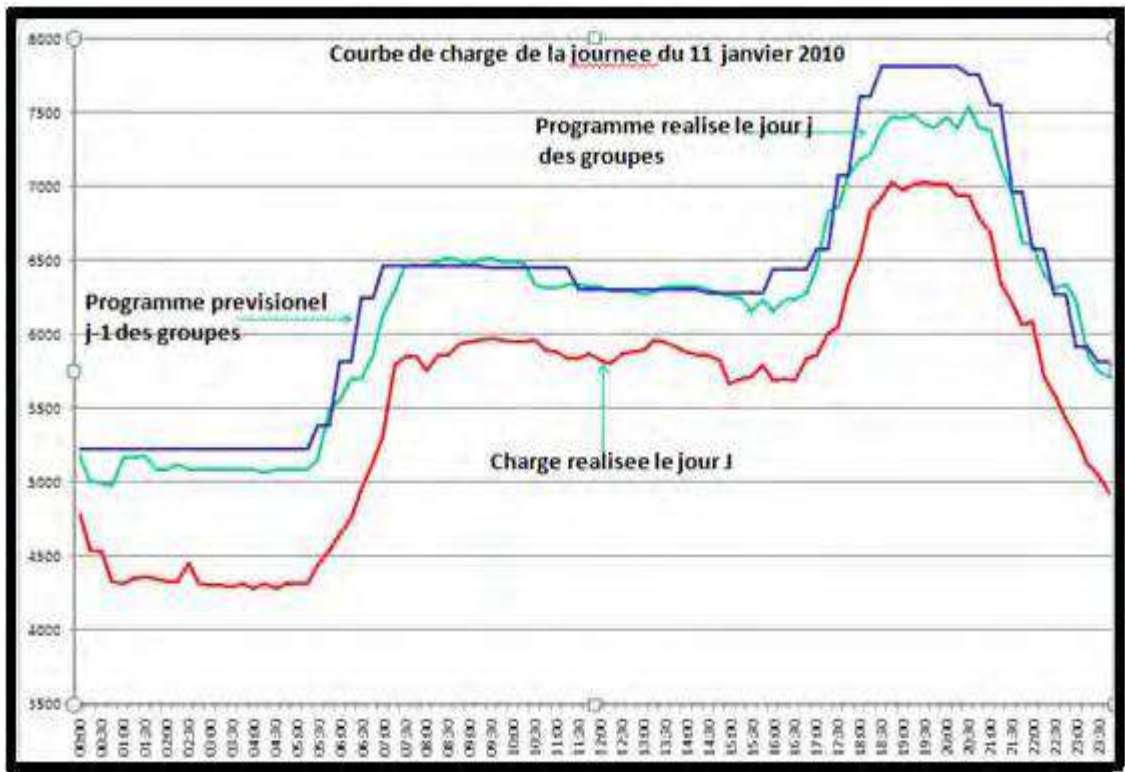


Figure I- 7: Courbe de charge de l'Algérie ; fluctuations journalières [5]

- **Fluctuations hebdomadaires** : Jour ouvrable / week-end

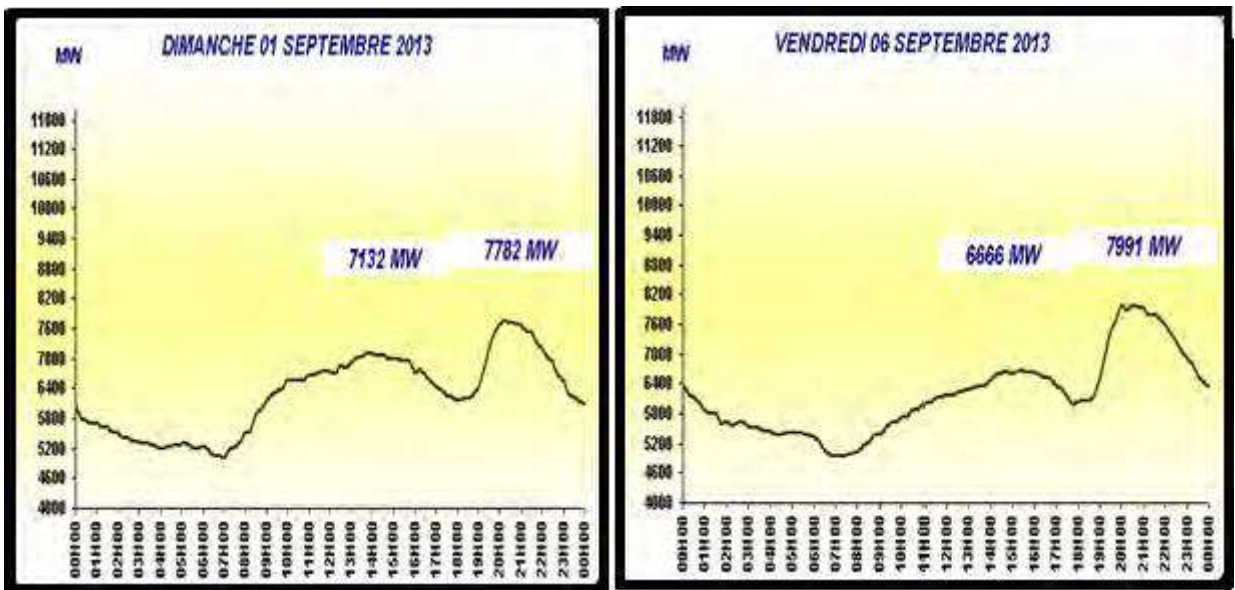


Figure I- 8: Courbe de charge de l'Algérie ; fluctuations hebdomadaires [5]

- **Fluctuations saisonnières** : jour été / jour hiver

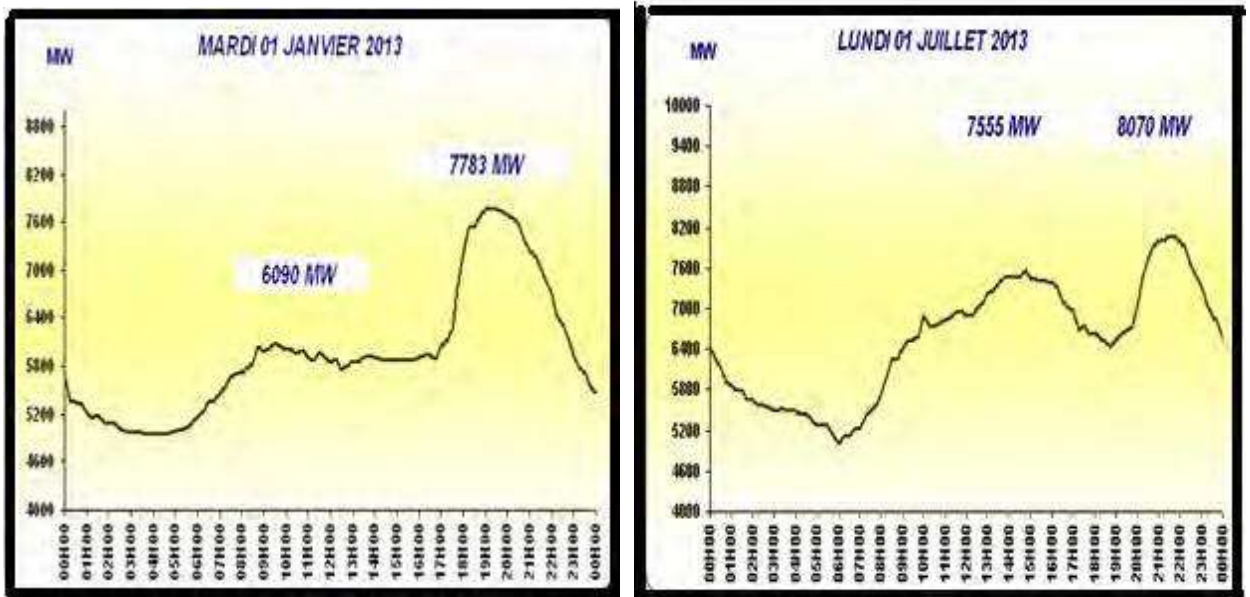


Figure I- 9: Courbe de charge de l'Algérie fluctuations saisonnières [5]

II.1.4.2 Les prévision de la consommation

Une multitude de variables sont utilisées pour expliquer et prédire le niveau de consommation d'électricité : la température, l'heure de la journée, le jour de la semaine (jour ouvrable, week -end), la plupart de ces variables ont une relation directe avec : les conditions climatiques, habitudes de consommation, rythmes de vie et pays considéré. En fait, plus les prévisions sont réalisées en avance par rapport au moment de la consommation, moins elles sont précises. En particulier celles liées aux conditions météorologiques, peuvent se modifier dans ce laps de temps.

Des prévisions éloignées du temps réel génèrent des erreurs, elles sont effectuées plusieurs fois par jour se basant principalement sur la combinaison des consommations réelles des jours précédents et la prévision des conditions climatiques, etc. Donc une actualisation en permanence à fin que les erreurs soient le plus minimum possible, pour ce faire les prévisions sont divisées en trois parties [3] :

- a) **Journalières** : pendant toute la semaine (Le jour : $j+1$ jusqu'à $J+7$) en s'appuyant sur les statistiques faites, les conditions météorologiques, les jours fériés, les weekends, les vacances, les événements qui peuvent y avoir (grèves, événements sportifs, etc).
- b) **Hebdomadaires** : autrement dit la semaine $s+1$, en tenant compte des programmes de démarrage et marche des centrales, la réserve, l'interconnexion internationale.

- c) **Annuelles** : pour l'année $n+1$, détermination du calendrier de production et des besoins en combustibles, maintenance et entretien des moyens de production et des ouvrages de transport.

Bien que la prévision de la consommation s'affine lorsqu'on s'approche de la période prévue. Mais il y'aura toujours des écarts entre les prévisions faites et la consommation réelle. Ces écarts, peuvent conduire à des erreurs de prévision [8].

À titre d'exemple, une baisse de la température moyenne de 1°C sur l'ensemble de la France peut entraîner, en hiver, une augmentation de la consommation de plus de 1000 MW (approximativement la taille d'une tranche nucléaire).

II.2 Le principe de fonctionnement des centrales électriques

Pour satisfaire la demande en énergie électrique, les centres de conduite suivent un principe de fonctionnement bien étudié en désignant à chaque centrale électrique sa tâche : les puissances spécifiques, la période de fonctionnement car chacune présente des capacités et des temps de réaction très divers. Plusieurs types de centrales existent pour ce faire :

II.2.1 Unités de charge de base

On les appelle aussi les centrales de production de masse, leur tâche est de produire la partie importante de la puissance demandée par le réseau, en Europe de l'ordre de 100 GW, la mise en œuvre de ces centrales est programmée à partir d'une prévision journalière de la consommation. Ces unités de production sont généralement nucléaires et thermiques (en Algérie, les unités de charge de base sont les centrales à vapeur) [4] [8].

II.2.2 Les centrales de production intermédiaires

Leur capacité de production est moindre (Inférieure à 1GW), leur utilité réside dans l'ajustement de production, généralement elles permettent dans certains pays un meilleur équilibrage des sources d'énergie primaire, ces unités sont généralement des centrales thermiques, (pétrole, charbon, gaz), mais certains pays utilisent les éoliennes et les centrales hydrauliques pour la production intermédiaire [4] [8].

II.2.3 Les centrales de production de pointe

Ces unités sont caractérisées par des temps très brefs de mise en fonctionnement

(quelques minutes ou dizaines de minutes) permettant une réaction rapide par rapport aux fluctuations de la consommation, ces unités sont principalement des centrales hydrauliques, dont leurs puissances ne dépassent pas les 100 MW. (En Algérie : les centrales à gaz sont les plus utilisées on peut les coupler au réseau pendant 15min, aussi les centrales hydrauliques qui peuvent être couplées pendant 3 min) [4][8].

II.3 Interconnexion

L'ensemble des liaisons entre deux ou plusieurs réseaux de distribution d'électricité pour faciliter l'échange aux heures de pointe et en cas de défaillance éventuelle d'une centrale ou n'importe quel ouvrage, ceci peut être local ou international (le cas de l'Algérie avec le réseau tunisien STEG (Société Tunisienne d'Electricité et du Gaz) à travers quatre lignes : une ligne de 90KV, une de 150KV, deux lignes de :220KV. Et le réseau Marocain (Office national de l'électricité) à travers quatre lignes aussi : deux lignes de 220KV, et deux autres de 400KV) [5] [9].

II.4 Réserve tournante

On l'appelle aussi réserve chaude (primaire et secondaire), c'est la différence entre la puissance active maximale permanente que peut le groupe producteur produire et la puissance active p_0 qu'il fournit en régime stable à un moment donné. Généralement la réserve tournante est la somme des réserves des générateurs producteurs de façon que leurs sommes soient égales à celle du groupe le plus puissant dans le réseau électrique. (En Algérie est fixée à 412.5 kW c'est la puissance du groupe le plus puissant dans la centrale à cycle combiné de Skikda SKS).

Cette quantité en puissance est conçue pour satisfaire un surplus de puissance demandée par rapport à celle prévue [5] [9].

II.5 La réserve tertiaire

Appelée aussi froide ou mécanisme d'ajustement ; c'est la mobilisation des groupes de secours en cas d'un déclenchement d'un groupe ou une augmentation inattendue de puissance demandée telle que la réserve tournante en puissance ne peut pas couvrir cette demande. La réserve tertiaire doit répondre dans une plage de temps évaluée entre 15 min à 30 min [9].

II.6 Equilibre du système électrique

L'équilibre d'un réseau électrique exige qu'à tout moment, la puissance injectée (la

production) soit égale à la puissance soutirée (la consommation) plus les pertes générées sur le réseau. Ainsi, les systèmes électriques subissent des fortes contraintes d'équilibre en temps réel entre les injections et les soutirages. Cet équilibre production-consommation est nécessaire tout d'abord car les systèmes électriques à courant alternatif fonctionnent comme une « grande » machine synchronisée qui est régie par l'équation mécanique suivante :

$$C_{moteur} - C_{résistant} = J \frac{d\Omega}{dt}$$

Le couple moteur est fourni par les centres de production (centrales) par contre de point de vue centrale ; tout le reste du système électrique fournit le couple résistant y compris les lignes de transmission et la charge (consommation).

La vitesse est supposée constante pour un régime équilibré bien établi du système donc la dérivée de la vitesse angulaire est nulle ce qui est traduit réellement par consommation égale à la production.

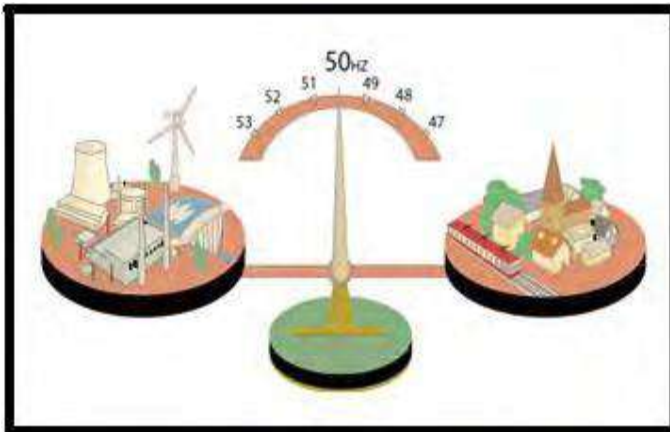


Figure I- 10:Equilibre (production/consommation)

$$J \frac{d\Omega}{dt} = 0 \Leftrightarrow C_{\text{moteur}} = C_{\text{resistant}}$$

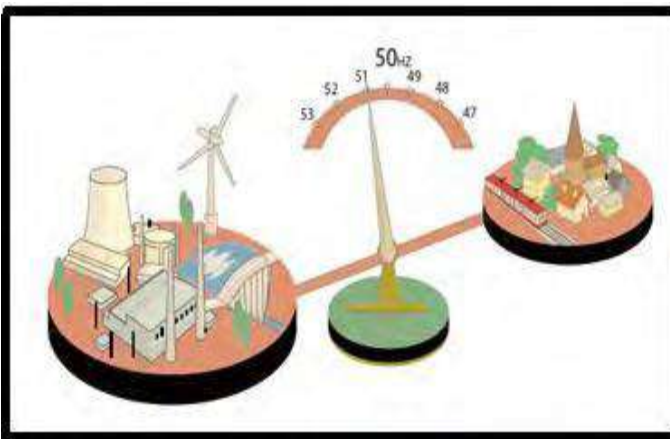


Figure I- 11:Accélération de la vitesse rotorique

- Si $C_{\text{moteur}} > C_{\text{resistant}} \Leftrightarrow J \frac{d\Omega}{dt} > 0$ une accélération au niveau du rotor.

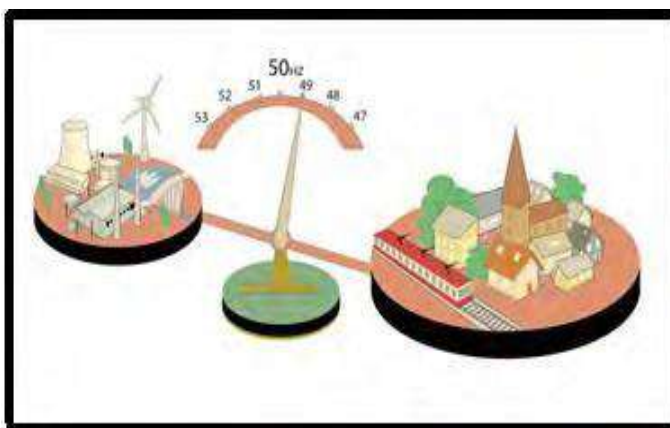


Figure I- 12:Décélération de la vitesse rotorique

- Si $C_{\text{moteur}} < C_{\text{resistant}} \Leftrightarrow J \frac{d\Omega}{dt} < 0$ une décélération au niveau de rotor

Les alternateurs tournent tous à la même vitesse (fréquence). Cette dernière reste avant tout un excellent indicateur de déséquilibre entre production et consommation. Ainsi, pour maintenir cet équilibre, la fréquence est asservie à une valeur nominale. En effet, de nombreux éléments techniques du système électrique (moyens de production, certains appareils électriques, les moteurs, etc.) ont été conçus pour fonctionner à fréquence de référence ; au réseau Européen, cette valeur nominale est de 50 Hz y compris l'Algérie. Aux états unis cette fréquence est de l'ordre de 60 Hz. En outre la grande fluctuation de fréquence, est inadmissible pour certains composants, dont les groupes de production, qui se déconnectent du réseau (ilotage). Pour l'Algérie la plage de variation normale de la fréquence est de 0.2Hz, c'est-à-dire (50 ± 0.2) Hz à cause de ce fait la Sonelgaz (Algérie) a tracé un planning bien précis face aux aléas et pour affronter des situations pareilles (Un plan de défense se basant sur un délestage par minimum de fréquence).

Ainsi, des écarts même mineurs de la fréquence de référence peuvent déstabiliser ou entraîner tout le réseau dans un ilotage partiel ou total et causer des conséquences dommageables comme un *black out* (black out d'Algérie l'an 2003).

Par ailleurs, l'équilibrage permanent du système électrique est difficile par le fait que le stockage de l'électricité sous forme électrique est presque impossible et dans le cas où il existe est très coûteux. De nombreuses incertitudes, s'ajoutent notamment sur la consommation qui change presque constamment et sans préavis. Il en résulte que les systèmes électriques sont en permanence en cours d'ajustement de leur production pour maintenir leur équilibre et la fréquence de référence [3] [5] [10].

III Optimisation du réseau électrique

Pour exploiter un système électrique (réseau de transport et moyens de production) à court terme de manière optimale ; l'objectif peut être représenté par la minimisation du coût total de la production nécessaire pour fournir la quantité d'électricité demandée. En respectant les contraintes propres au système électrique. Deux outils d'optimisation sous contraintes sont souvent utilisés : un programme d'optimisation appelé « *unit commitment* » (UC) et un autre appelé « *optimal dispatch* ».

D'autres outils supplémentaires de contrôle automatique et de surveillance en temps réel sont aussi nécessaires pour le fonctionnement du réseau (contrôle de la fréquence, système de réglage de la tension, etc.).

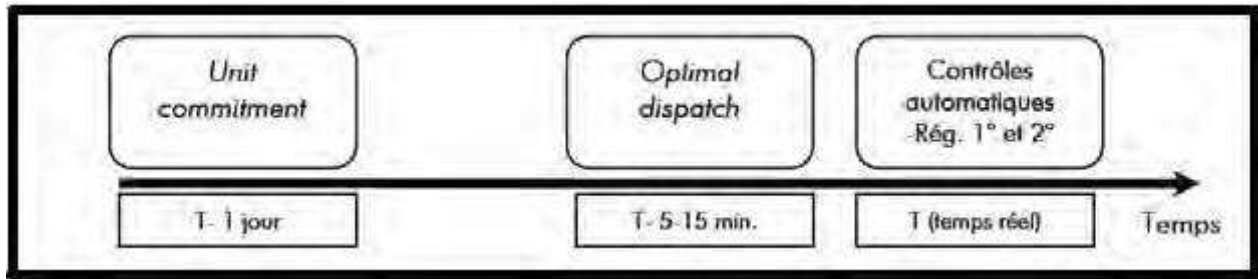


Figure I- 13: Mécanisme d'optimisation du réseau électrique [3]

III.1 Définition unit commitment

L'outil UC est utilisé la veille du jour ($j-1$) considéré comme horizon de programmation. Il sert à déterminer les unités de production à démarrer ou arrêter ainsi que les niveaux de production prévisionnels pour chaque sous-période de l'horizon de programmation [3] [4] [11].

III.2 Définition du dispatching économique.

Le dispatching économique (ED 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. L'outil d'*optimal dispatch* (OD) est utilisé très près du temps réel entre 5 et 15 min où les prévisions deviennent de plus en plus précises et lancé à des intervalles réguliers. Ça sert à déterminer le niveau de production définitif des unités qui sont disponibles à ce moment où déjà démarrées. [3] [11].

Donc l'objectif du dispatching économique est de minimiser la fonction coût du combustible, et souvent aussi, les frais des compensateurs, et les pollutions causées par les émissions des composants chimiques (les gaz).

III.3 La fonction objective

Pour un système électro-énergétique avec ng unités de production, le coût total du combustible est égal à la somme des coûts élémentaires du combustible des différentes unités,

soit [13]:

$$F_t = \sum_{i=1}^{ng} F_i(P_{gi}) \quad (I.1)$$

Tel que :

P_{gi} : c'est la puissance active produite par le générateur i.

F_t : Représente le coût total de production en (\$/h).

$F_i(P_{gi})$: Représente le coût de production du ième générateur en (\$/h).

ng : Nombre des générateurs de production.

La fonction coût de production d'un générateur peut être exprimée par une forme quadratique d'un polynôme de second ordre comme suit :

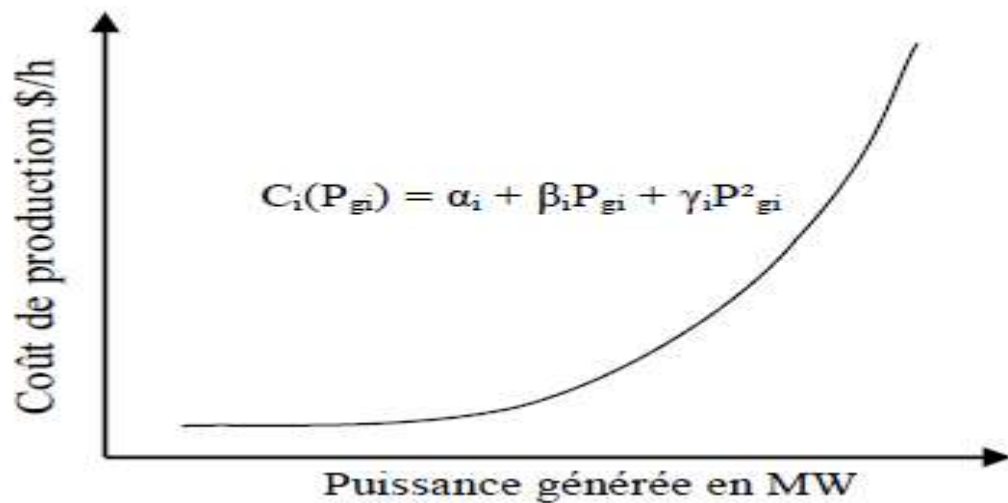


Figure I- 14:Caractéristique coût de production en fonction de la puissance [13]

$$F_i(P_{gi}) = \alpha_i + \beta_i P_{gi} + \gamma_i P_{gi}^2 \quad (I.2)$$

Le coût total aura alors l'expression suivante :

$$F_t(P_{gi}) = \sum_{i=1}^{ng} (\alpha_i + \beta_i P_{gi} + \gamma_i P_{gi}^2) \quad (I.3)$$

(α_i , β_i et γ_i): représentent les coefficients de la fonction coût.

La formulation mathématique de la fonction objective peut être écrite sous la forme suivante :

$$\text{Min } F_t(P_{gi}) = \sum_{i=1}^{ng} (\alpha_i + \beta_i P_{gi} + \gamma_i P_{gi}^2) \quad (I.4)$$

III.4 Les contraintes

Elles sont définies comme des conditions sur l'espace d'état que les variables doivent les satisfaire. Ces contraintes sont souvent des contraintes d'inégalité ou d'égalité et permettent en générale de limiter notre espace de recherche [14].

III.4.1 Contraintes d'égalités

La somme de toutes les puissances actives générées, doit être égale à la charge totale du système PD (puissances actives crêtes) plus les pertes totales de transport PL (cette condition est appelée : contraintes d'égalité) [15].

Ces contraintes sont données par les deux équations (I.5) et (I.6) ;

$$\sum_{i=1}^{ng} P_{gi} = \sum_{i=1}^{nd} P_{Di} + \sum_{i=1}^{nl} P_{Li} \quad (I.5)$$

$$\sum_{i=1}^{ng} P_{gi} = P_D + P_L \quad (I.6)$$

nd, nl : représentent respectivement le nombre de charges et le nombre de lignes.

P_D: Puissance demandée.

P_L: Pertes actives de toutes les lignes électriques.

III.4.2 Contraintes d'inégalités

Elles représentent les limites associées aux centrales électriques, on les appelle aussi les contraintes de sécurité qui influent sur le système électrique ; tel que la puissance active générée. On peut citer ces contraintes d'inégalités comme suit [16] :

$$P_{gi}^{\min} \leq P_{gi} \leq P_{gi}^{\max} \quad (I.7)$$

III.5 Problème du Dispatching Economique

Le problème du dispatching économique statique sans pertes est peu complexe car le seul paramètre qui influence le coût est la puissance active générée par la centrale (sans tenir compte de la puissance perdue dans les lignes lors des transits de puissance entre les centrales et les charges) dont la résolution est faite pour un instant précis.

Notant que les générateurs à combustible distincts possèdent différents coût pour fournir le même montant d'énergie électrique, c'est important de se rendre compte que le générateur le plus efficace du système ne peut pas produire de l'électricité au plus bas coût qu'un générateur bon marché ne peut pas être le plus rentable, puisqu'un générateur qui se trouve trop loin du centre de la charge donne des pertes de transmission énormes, et donc le rend peu économique de fonctionner.

Cependant ces pertes varient en fonction de la répartition des puissances entre les centrales et la charge. Ainsi, Contrairement à celui sans pertes, le dispatching économique avec pertes est plus compliqué, il tient compte de la topologie du réseau. Les centrales qui produisent la puissance dont le transit provoque d'importantes pertes seront pénalisées en multipliant leur coût incrémental par un facteur de pénalité, donc il est à noter qu'il est plus économique de

produire l'énergie avec un coût plus cher pour un lieu de consommation de près qu'un coût moins cher pour une charge plus loin [17].

III.6 Solution du Dispatching Economique

Dans les systèmes réels, le transport de l'énergie électrique vers les jeux de barres de charge est souvent accompagné par des pertes de transmission. Le dispatching économique avec pertes est un procédé itératif qui doit converger vers la solution optimale. Si on prend en considération les pertes de puissance constante, on doit évaluer celle-ci et les inclure dans la demande.

La solution du dispatching économique avec pertes est obtenue à l'aide de plusieurs méthodes. Il est évident que la somme de toutes les puissances actives générées, doit être égale à la charge totale du système plus les pertes totales de transmission (l'équation d'équilibre de la puissance active. Cette distribution doit en plus respectée les limites admissibles de production (P_{gi}^{\min} et P_{gi}^{\max}) de chaque générateur. Par conséquent, le problème du dispatching économique se formule mathématiquement en respectant les trois conditions [5].

Min (F_t) (fonction objectif à minimiser)

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Min}(F_t) \text{ (fonction objectif à minimiser)} \\ P_{gi}^{\min} \leq P_{gi} \leq P_{gi}^{\max} \quad i = 1, 2, \dots, n_g \\ \sum_{i=1}^{n_g} P_{gi} = P_D + P_L \end{array} \right.$$

Où P_D est la puissance totale demandée (charge du système) et P_L représente les pertes totales de transmission.

Il existe beaucoup de méthodes pour obtenir la formule des pertes. Néanmoins, dans les études du dispatching économique on exprime souvent les pertes de transmission en fonction des puissances actives générées. Une méthode développée par Kron et adoptée par Kirchmayer est dite coefficient des pertes ou la méthode **B** coefficients, qu'on va utiliser dans ce mémoire pour estimer ces pertes. Elle permet de calculer les pertes actives dans le réseau suivant une formule plus générale contenant un terme quadratique B_{ij} , un terme linéaire B_{0i} et un terme constant B_{00} .

$$P_L = \sum_{i=1}^{ng} \sum_{j=1}^{ng} P_i B_{ij} P_j + \sum_{i=1}^{ng} B_{0i} P_i + B_{00}. \quad (I.8)$$

P_L : sont les pertes actives dans le réseau.

Les termes B_{ij} , B_{0i} , B_{00} sont les coefficients B .

On utilise les résultats de la dérivation de la formule de pertes pour résoudre le dispatching économique.

Notant que ces coefficients ne sont pas constants mais variables suivant les conditions de fonctionnement du système. Cependant, des résultats acceptables peuvent être obtenus si les conditions de fonctionnement actuelles sont relativement proches de celles pour lesquelles les coefficients B ont été calculés [18].

III.6.1 Calcul de dispatching économique avec considération des pertes [19]

La détermination des coefficients B se résume dans les étapes suivantes :

On à:

$$P_L = \sum_{i=1}^{ng} \sum_{j=1}^{ng} P_i B_{ij} P_j + \sum_{i=1}^{ng} B_{0i} P_i + B_{00} \quad (I.9)$$

$$\frac{\partial P_L}{\partial P_i} = 2 \sum_{j=1}^{ng} B_{ij} P_j + B_{0i} \quad (I.10)$$

Alors que:

$$P_{gi}^{\min} \leq P_{gi} \leq P_{gi}^{\max}$$

La formulation de la fonction objective donne comme suite:

$$F_t(P_{gi}) = \sum_{i=1}^{ng} C_i = \sum_{i=1}^{ng} \alpha_i + \beta_i P_{gi} + \gamma_i P_{gi}^2 \quad (I.11)$$

$$\frac{\partial F_i}{\partial P_i} = \beta_i + 2\gamma_i P_i \quad (I.12)$$

Par l'utilisation de multiplicateur de lagrange:

$$L = \sum_{i=1}^{ng} F_i + \lambda(P_D + P_L - \sum_{i=1}^{ng} P_i) + \sum_{i=1}^{ng} \mu_{imax}(P_i - P_{imax}) + \sum_{i=1}^{ng} \mu_{imin}(P_i - P_{imin}) \quad (I.13)$$

ou:

$$P_L = \sum_{i=1}^{ng} \sum_{j=1}^{ng} P_i B_{ij} P_j + \sum_{i=1}^{ng} B_{0i} P_i + B_{00}$$

$$F_t(P_{gi}) = \sum_{i=1}^{ng} F_i = \sum_{i=1}^{ng} \alpha_i + \beta_i P_{gi} + \gamma_i P_{gi}^2$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = 0 \iff \sum_{i=1}^{ng} P_i = P_D + P_L = P_D + \sum_{i=1}^{ng} \sum_{j=1}^{ng} P_i B_{ij} P_j + \sum_{i=1}^{ng} B_{0i} P_i + B_{00}$$

$$\frac{\partial L}{\partial P_i} = 0 \iff \frac{\partial F_i}{\partial P_i} + \lambda \left(0 + \frac{\partial P_L}{\partial P_i} - 1 \right) = 0 \iff \frac{\partial F_i}{\partial P_i} + \lambda \frac{\partial P_L}{\partial P_i} = \lambda \quad (\text{I.14})$$

Par l'utilisation de les equations (I.11) et (I.9) et (I.13) :

$$\beta_i + 2\gamma_i P_i + 2\lambda \sum_{j=1}^{ng} B_{ij} P_j + \lambda B_{0i} = \lambda \quad i = 1, \dots, ng \quad (\text{I.15})$$

$$\beta_i + 2\gamma_i P_i + 2\lambda \sum_{j=1}^{ng} B_{ij} P_j + \lambda B_{0i} = \lambda \iff \left(\frac{\gamma_i}{\lambda} + B_{ii} \right) P_i + \sum_{j=1}^{ng} B_{ij} P_j = \frac{1}{2} \left(1 - B_{0i} - \frac{\beta_i}{\lambda} \right) \longrightarrow$$

$$P_i = \frac{\lambda(1-B_{0i}) - \beta_i - 2\lambda \sum_{j \neq i} B_{ij} P_j}{2(\gamma_i + \lambda B_{ii})} \quad (\text{I.16})$$

$$\sum_{i=1}^{ng} P_i = P_D + P_L = P_D + \sum_{i=1}^{ng} \sum_{j=1}^{ng} P_i B_{ij} P_j + \sum_{i=1}^{ng} B_{0i} P_i + B_{00} \longrightarrow$$

$$f(\lambda) = \sum_{i=1}^{ng} P_i = P_D + P_L \quad (\text{I.17})$$

$$\begin{bmatrix} \frac{\gamma_1}{\lambda} + B_{11} & B_{12} & \dots & B_{1ng} \\ B_{21} & \frac{\gamma_2}{\lambda} + B_{22} & \dots & B_{2ng} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ B_{ng1} & B_{ng2} & \dots & \frac{\gamma_{ng}}{\lambda} + B_{ngng} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ \vdots \\ P_{ng} \end{bmatrix} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 - B_{01} - \frac{\beta_1}{\lambda} \\ 1 - B_{02} - \frac{\beta_2}{\lambda} \\ \vdots \\ 1 - B_{0ng} - \frac{\beta_{ng}}{\lambda} \end{bmatrix}$$

$$f(\lambda) = \sum_{i=1}^{ng} P_i = P_D + P_L$$

$$f(\lambda)^{(k)} + \left(\frac{df(\lambda)}{d\lambda} \right)^{(k)} \Delta\lambda^{(k)} \approx P_D + P_L^{(k)}$$

$$P_i = \frac{\lambda(1 - B_{0i}) - \beta_i - 2\lambda \sum_{j \neq i} B_{ij} P_j}{2(\gamma_i + \lambda B_{ii})}$$

$$\Delta P^{(k)} = P_D + P_L^{(k)} - \sum_{i=1}^{ng} P_i^{(k)}$$

$$\Delta\lambda^{(k)} = \frac{\Delta P^{(k)}}{\left(\frac{df(\lambda)}{d\lambda} \right)^{(k)}} = \frac{\Delta P^{(k)}}{\sum_{i=1}^{ng} \left(\frac{\partial P_i}{\partial \lambda} \right)^{(k)}}$$

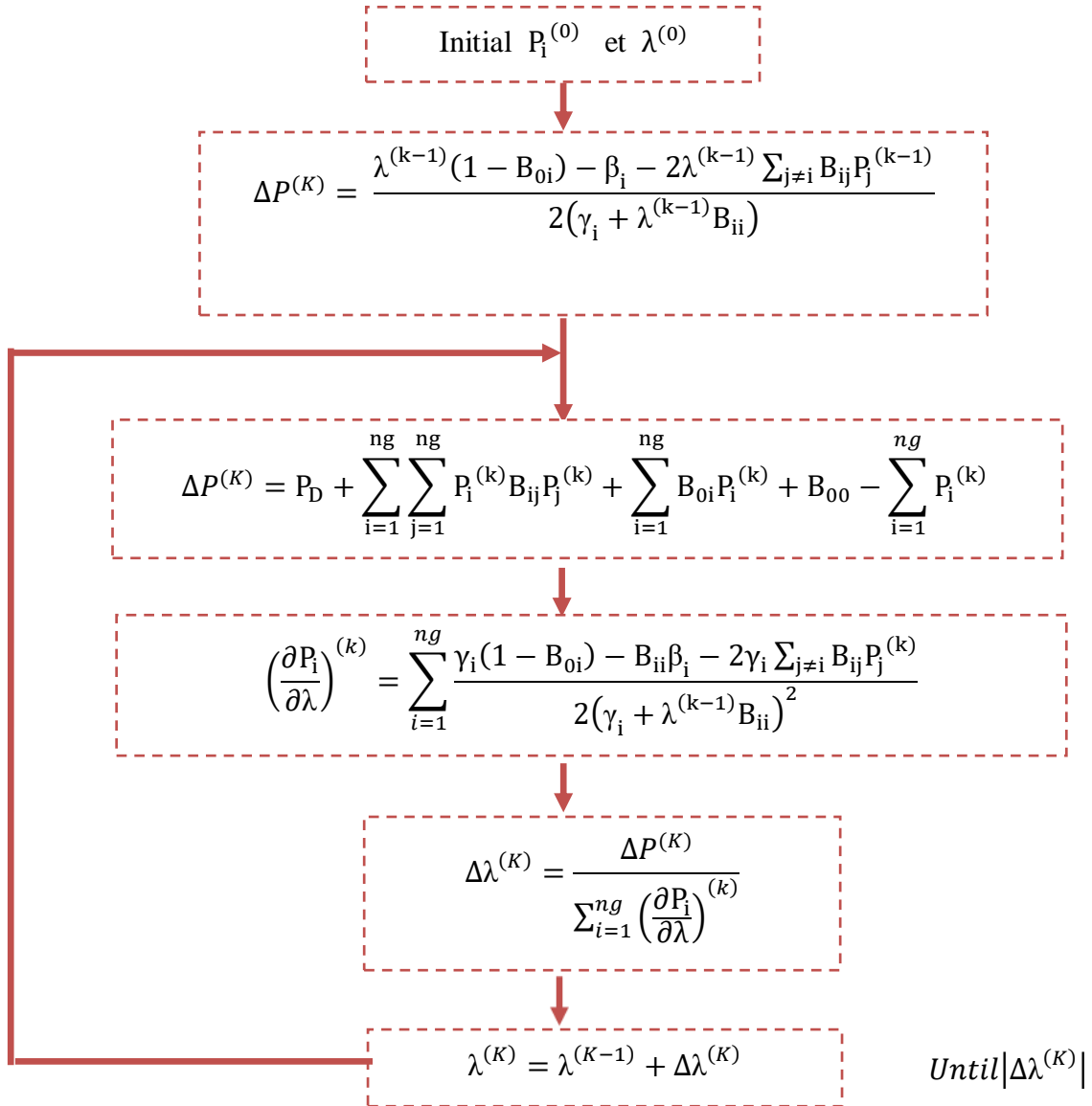


Figure I.17: L'organigramme de la méthode N-R pour résoudre le dispatching économique avec les pertes

IV Conclusion

Dans ce chapitre, des notions sur le dispatching économique et la fonction du coût ont été présentées, le problème de la répartition de la puissance optimale est aussi exposé.

Pour résoudre le problème de l'acheminement de la puissance disponible sur les lieux de consommation, il est nécessaire de déterminer le niveau de production de chaque groupe et les transits de puissance dans le réseau. Il faut faire face à la demande en respectant les contraintes technico-économiques d'exploitation afin de minimiser les coûts de production.

CHAPITRE 02

Algorithme d'optimisation par colonie d'abeilles (ABC)

I Introduction

La complexité du problème d'optimisation de l'écoulement de puissance surtout dans un environnement de marché d'électricité libre, avec l'apparition de nouvelles contraintes en matière de réduction des émissions de gaz polluant (Protocole de 2005) Kyet utilisation de sources d'énergies renouvelables, fait en sorte qu'il est souvent difficile d'utiliser des méthodes exactes de solution compte tenu de la flexibilité des méthodes classiques pour diverses contraintes spécifiques Ces problèmes ont donné lieu au développement d'une nouvelle classe de méthodes d'optimisation nommées méta heuristiques, celles-ci marquent une grande révolution dans le domaine d'optimisation. En effet, elles s'appliquent à toutes sortes de problèmes combinatoires, et elles peuvent également s'adapter aux problèmes continus.

Dans ce mémoire, nous avons opté pour utiliser l'algorithme d'optimisation par colonie d'abeilles (ABC) pour tenter de résoudre cette problématique.

Le présent chapitre va être dédié à la présentation de l'algorithme (ABC)

II Méthodes Métaheuristiques

La complexité du problème d'optimisation de l'écoulement de puissance surtout dans un environnement de marché d'électricité libre, avec l'apparition de nouvelles contraintes en matière de réduction des émissions de gaz polluant (Protocole de Kyoto, 2005) et l'utilisation de sources d'énergies renouvelables, fait en sorte qu'il est souvent difficile d'utiliser des méthodes exactes de solution compte tenu du manque de flexibilité des méthodes classiques pour intégrer diverses contraintes spécifiques [1]. Ces problèmes ont donné lieu au développement d'une nouvelle classe de méthodes d'optimisation nommées métaheuristiques, celles-ci marquent une grande révolution dans le domaine d'optimisation. En effet, elles s'appliquent à toutes sortes de problèmes combinatoires, et elles peuvent également s'adapter aux problèmes continus.

Les méthodes métaheuristiques apparues à partir des années 1980 [9], permettent de trouver une solution de bonne qualité en un temps de calcul en général raisonnable, sans garantir l'optimalité de la solution obtenue. Les méthodes heuristiques peuvent être divisées en deux classes. Il y a, d'une part, les algorithmes spécifiques à un problème donné qui utilisent des connaissances du domaine, et d'autre part les algorithmes généraux qui peuvent être utilisés pour une grande variété de problèmes.

II.1 Définition des Méthodes Métaheuristiques

Les métaheuristiques sont un ensemble d'algorithmes d'optimisation visant à résoudre les problèmes d'optimisation difficiles. Elles sont souvent inspirées par des

systèmes naturels, qu'ils soient pris en physique (cas du recuit simulé), en biologie de l'évolution (cas des algorithmes Génétiques) ou encore en éthologie (cas des algorithmes de colonies de fourmis ou de l'optimisation par essais particuliers).

Ces techniques métaheuristiques peuvent être classées en deux groupes : les méthodes à population de solutions connues sous le nom d'algorithmes évolutionnaires comme les algorithmes génétiques...etc., ainsi que les méthodes à solution unique comme le recuit simulé. Les méthodes métaheuristiques ont prouvé leurs efficacités dans le domaine de l'optimisation mono-objectif. Actuellement les recherches qui utilisent ces algorithmes sont développées pour la résolution des problèmes d'optimisation multi objectif, en tenant compte de plusieurs contraintes et de nouvelles configurations des réseaux électriques surtout à l'associations de sources des énergies renouvelables où la résolution de ce system complexe est un défi.

V Comportement des abeilles

Comme les fourmis, les abeilles sont des insectes sociaux. Elles sont obligées de vivre en colonie très organisée, formée d'ouvrières, de faux-bourdon et d'une seule reine, et où chacune a un travail bien précis à faire.

Les abeilles se nourrissent essentiellement de pollen et de miel. Elles vont butiner les fleurs pour prendre le nectar.

Au cours de sa courte vie (environ 45 jours), l'ouvrière fait plusieurs métiers : elle nettoie les cellules, nourrit les larves, elle range le pollen et le nectar dans les alvéoles, elle ventile la ruche en agitant rapidement ses ailes, elle construit les rayons avec la cire qu'elle produit, elle garde le trou de vol pour chasser les intrus, elle devient butineuse, porteuse d'eau et récolte du pollen et du nectar jusqu'à la fin de sa vie.

L'abeille est capable, par la danse ou par la production de substances chimiques appelées « phéromone », de communiquer aux autres abeilles l'endroit où elle a découvert de la nourriture. Elle **danse en rond** (Figure II.1) quand elle a trouvé du pollen à faible distance (moins de 25 mètres). Elle utilise une danse très compliquée dite la **danse frétilante** (Figure II.2), ou danse en huit, si la nourriture se trouve à moins de 10 kilomètres. La direction de la nourriture est exprimée par rapport à la position du soleil. La distance est exprimée par le nombre et la vitesse des tours effectués par l'abeille sur elle-même. Afin de survivre à l'hiver, les abeilles doivent recueillir et stocker environ 15 à 50 Kg de nectar.

Les faux bourdons ne servent que pour la reproduction. Ils sont incapables de se nourrir eux-mêmes (les ouvrières les nourrissent) et ils n'ont pas de dard pour protéger la ruche.

Il n'y a qu'une seule reine dans la colonie. Quelques jours après sa naissance, elle s'envole pour la seule fois de son existence pour être fécondée par quelques faux-bourçons. Elle occupera le reste de ses jours (4 à 5 ans) à pondre jusqu'à 2000 œufs par jour.

Les abeilles adultes (âgées de 20 à 40 jours) deviennent habituellement des butineuses. Les abeilles butineuses jouent en général l'un des trois rôles suivants : butineuses actives, butineuses éclaireuses et butineuses inactives.

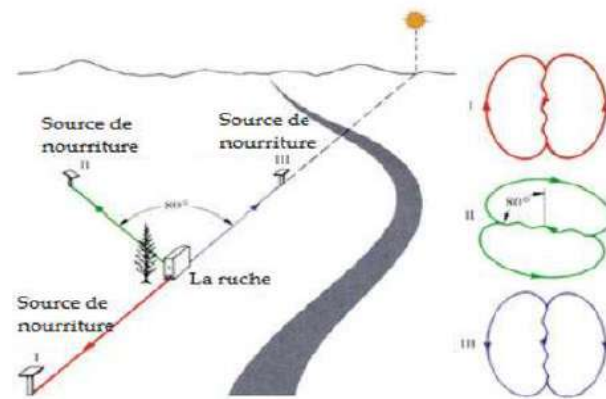


Figure II- 1: La danse en rond qu'effectue l'abeille en fonction [21]



Figure II- 2: la danse frétilante, appelée aussi en huit [21]

VI Présentation de l'algorithme ABC :

Dans cet algorithme, l'emplacement de la source de nourriture représente la solution possible au problème, et la quantité du nectar de cette source correspond à une valeur objective dite **fitness**.

Les butineuses sont attribuées aux différentes sources de nourriture de façon à maximiser l'apport total de nectar. La colonie doit **optimiser** l'efficacité globale de la collecte. La répartition des abeilles est donc en fonction de nombreux facteurs tels que la quantité du nectar et la distance entre la source de nourriture et la ruche. Ce problème est similaire à la répartition des serveurs d'hébergement web, qui était en fait un des premiers problèmes résolus en utilisant les algorithmes d'abeilles par NAKRANI et TOVEY en 2004.

Le nombre des butineuses actives ou inactives représente le nombre de solution dans cette population.

Dans la première étape, l'algorithme génère une population initiale de SN solutions distribuées de façon aléatoire. Chaque solution x_i ($i = 1, 2, \dots, SN$) qui est initialisée par les éclaireuses, et représente un vecteur de solution au problème d'optimisation. Les variables que contient chaque vecteur doivent être optimisées.

Après l'initialisation, la population des solutions est soumise à des cycles répétés

$C = 1, 2, \dots, C_{max}$, ces cycles représentent des processus de recherches faits par les butineuses actives, inactives et les éclaireuses.

Les butineuses actives recherchent dans le voisinage de la source précédente x_i de nouvelles sources v_i ayant plus de nectar, Elles calculent ensuite leur fitness. Afin de produire une nouvelle source de nourriture à partir de l'ancienne, on utilise l'expression ci contre :

$$v_{ij} = x_{ij} + \phi_{ij}(x_{ij} - x_{kj}) \quad (II.1)$$

Où $k \in \{1, 2, \dots, BN\}$ (BN est le nombre des butineuses actives) et $j \in \{1, 2, \dots, SN\}$ sont des indices choisis au hasard. Bien que k est déterminé aléatoirement, il doit être différent de i . ϕ_{ij} est un nombre aléatoire appartenant à l'intervalle $[-1, 1]$, il contrôle la production d'une source de nourriture dans le voisinage de x_{ij} .

Après la découverte de chaque nouvelle source de nourriture v_{ij} , un mécanisme de sélection gourmande est adopté, c'est-à-dire que cette source est évaluée par les abeilles artificielles, sa performance est comparée à celle de x_{ij} . Si le nectar de cette source est égal ou meilleur que celui de la source précédente, celle-ci est remplacée par la nouvelle. Dans le cas contraire l'ancienne est conservée.

Pour un problème de minimisation, La fitness est calculée suivant cette formule :

$$fit_i(\vec{x}_i) = \begin{cases} \frac{1}{1+f_i(\vec{x}_i)} & \text{si } f_i(\vec{x}_i) \geq 0 \\ 1 + abs(f_i(\vec{x}_i)) & \text{si } f_i(\vec{x}_i) < 0 \end{cases} \quad (II.2)$$

Telle que $f_i(\vec{x}_i)$ est la valeur de la fonction objectif de la solution \vec{x}_i .

A ce stade, les butineuses inactives et les éclaireuses qui sont entrain d'attendre au sein de la

ruche. A la fin du processus de recherche, les butineuses actives partagent les informations sur le nectar des sources de nourriture ainsi que leurs localisations avec les autres abeilles via la danse frétilante. Ces dernières évaluent ces informations tirées de toutes les butineuses actives, et choisissent les sources de nourriture en fonction de la valeur de probabilité P_i associée a cette source, et calculée par la formule suivante :

$$P_i = \frac{fit_i}{\sum_{n=1}^{SN} fit_n} \quad (II.3)$$

Où fit_i est la fitness de la solution i , qui est proportionnelle à la quantité du nectar de la source de nourriture de la position i).

La source de nourriture dont le nectar est abandonné par les abeilles, les éclaireuses la remplacent par une nouvelle source. Si durant un nombre de cycle prédéterminé appelé « limite » une position ne peut être améliorée, alors cette source de nourriture est supposée être abandonnée.

Toutes ces étapes sont résumées dans l'algorithme suivant [22] :

Entrée : S, W, O
 Sortie : la meilleure solution

- 1- Initialiser la population avec S+W solutions aléatoires
- 2- Evaluer la fitness de la population
- 3- **Tant que** le critère d'arrêt n'est pas satisfait **faire**
- 4- Recruter O butineuse inactive et attribuer
- 5- chacune à un membre de la population
- 6- **Pour** chaque butineuse inactive affectée à un membre
- 7- n de la population **faire**
- 8- Effectuer une itération de l'algorithme de
- 9- recherche de nouvelle source
- 10- **Fin pour**
- 11- Evaluer le fitness de la population
- 12- **Si** un membre de la population ne s'est pas amélioré
- 13- **au cours des itérations Faire**
- 14- Sauver la solution et remplacer la par une
- 15- solution aléatoire
- 16- Trouver S solution aléatoires et remplacer les S
- 17- membres de la population qui ont la mauvaise fitness
- 18- **Fin Tant que**
- 19- **Retourner** la meilleure solution

S : nombre de butineuse éclaireuse
 W : nombre de butineuse active
 O : nombre de butineuse inactive

VII Pseudo code d'Algorithme ABC :

Initialisation:

```
Initialize the initial population and Evaluate fitness;
Calculate the initial cost function value, f(Sol);
Set best solution, Solbest ← Sol;
Set maximum number of iteration, NumOfIte;
Set the population size;
//where population size = OnlookerBee = EmployeedBee;
iteration ← 0;
```

Improvement:

```
do while (iteration < NumOfIte)
  for i=1: EmployeedBee
    Select a random solution and apply random
    neighborhood structure;
    Sort the solution in ascending order based on the
    Penalty cost;
    Determine the probability for each solution, based
    on the following formula:
```

$$P_i = \frac{\sum (1/fit_i)^{-1}}{fit_i}$$

```
end for
for i=1: OnlookerBee
  Sol* ← select the solution who has the higher
  probability;
  Sol** ← Apply a random Nbs on Sol*;
  if (Sol** < Solbest)
    Solbest = Sol**;
  end if
end for
Scoutbee determines the abandoned food source
and replace it with the new food source.
iteration++
end do
```

VIII Étapes de la méthode ABC appliquée à l'OPF

Les étapes principales de la résolution du problème d'OPF par ABC sont :

L'algorithme ABC (Artificiel Bee Colony) est développé par Karaboga et Basturk en 2005, en inspectant les comportements des abeilles réelles pour trouver la source de nourriture, qui s'appelle le nectar, et partager l'information des sources de nourriture aux autres abeilles dans le nid.

Dans cet algorithme, les abeilles artificielles sont définies et classifiées en trois groupes

: abeilles employeuses (abeilles qui recherche la nourriture), spectatrices (abeilles d'observation) et scouts (éclaireuses) sont chargées de trouver de nouvelles nourritures, (le nectar de nouvelles source) [21]. Pour chaque source de nourriture, il y a seulement une abeille employeuse. C'est-à-dire, le nombre d'abeilles employeuses est égal au nombre de sources de nourriture [22].

Si l'abeille employeuse d'un site ne réussit pas de trouver la source de nourriture, elle doit être forcément devenir un scout pour rechercher aléatoirement de nouvelles sources de nourriture. Les abeilles employeuses partagent l'information avec les abeilles spectatrices dans une ruche de sorte que les abeilles spectatrices puissent choisir une source de nourriture pour l'explorer. Le processus de l'algorithme ABC est présenté comme suit:

Etape 1- Initialisation:

On commence par sélectionner F_e pourcentage de population de façon aléatoire dans l'espace de recherche en utilisant l'équation suivante:

$$U_j = U_j^{min} + n_j * max - U_j^{min} \quad n_j \in 0,1 \tag{II.4}$$

Sachant que chaque abeille porte un vecteur 'U' de 'n' solution. A titre d'exemple le cas qu'on vasimuler est expliqué comme suit:

$$U_{controle} = (P_i, V_i, T_i) \Rightarrow \begin{cases} \text{abeille}_1 = (P_1, V_1, T_1) \\ \text{abeille}_2 = (P_2, V_2, T_2) \\ \text{abeille}_3 = (P_3, V_3, T_3) \\ \vdots = \vdots \\ \vdots = \vdots \\ \text{abeille}_i = (P_i, V_i, T_i) \end{cases}$$

- : puissance générée au jeu de barres i ;
- : tension générée au jeu de barres i ;
- : prises en charge des transformateurs;

Puis, on les évalue dans la fonction objective (équation de coût), ensuite on calcule leurs valeurs Fitness, appelées la quantité de nectar par l'équation suivante :

$$\text{Fitness} = \frac{1}{F_{\text{objective}}} \tag{II.5}$$

: représente le rapport des abeilles dans la population totale. Une fois que ces populations sont placées dans l'espace de recherche, elles prennent le nom : les abeilles employeuses.

Étape 2- Déplacement des abeilles employeuses: Calculer la probabilité de choisir une source de nourriture par l'équation

$$P_i = \frac{0.9 \times \text{Fitness}_i}{\max(\text{Fitness}_i)} + 0.1 \quad (\text{II.6})$$

Puis sélectionner une source de nourriture et ensuite déterminer ses quantités de nectar. L'équation de mouvement des abeilles observatrices est donnée ci-dessous:

m_{ij}

$$(t+1) = x_{kj} + y(x_{ij}(t) - x_{kj}(t)) \quad y \in [0,1]$$

Tel que m_{ij} est la $i^{\text{ème}}$ position de l'abeille spectatrice, t est le nombre d'itération, x_{ij} est l'abeille utilisée choisie aléatoirement, j représente la dimension du vecteur de solution qui produit une série de variables aléatoires dans la gamme $[-1,1]$; où $k \in 1,2,3, \dots, N$ et $j \in 1,2, \dots, D$

Sont choisis aléatoirement;

' D ' est le nombre de paramètre à optimiser; [25].

' K ' est aussi choisi aléatoirement mais doit être différent de l'indice ' i '

Étape 3-Déplacer les scouts : Si les valeurs de Fitness des abeilles employeuses ne sont pas améliorées par un nombre d'itérations prédéterminé, appelé "max-cycle", ces sources de nourriture sont abandonnées, et l'abeille trouvée dans cet emplacement passera aléatoirement pour explorer d'autres nouveaux emplacements. (Abeilles employeuses deviennent des Scouts). Cette explication est traduite mathématiquement par l'équation

$$V_{ij} = V_{ij}^{\min} + \varphi_{ij} * (V_{ij}^{\max} - V_{ij}^{\min}) \varphi_{ij} \in [0,1] \quad (\text{II.7})$$

Étape 4-Mettre à jour la meilleure source de nourriture trouvée jusqu'ici :

Apprendre la meilleure valeur de Fitness et la position, qui sont trouvées par les abeilles, et les mémoriser.

Étape 5-Critère d'arrêt

Vérifier le processus de calcul jusqu'à ce que le nombre d'itérations atteigne la valeur

maximale prédéfinie ou qu'une solution de la fonction objective acceptable soit trouvée.

IX En résumé l'algorithme ABC :

- 1) s'inspire du comportement alimentaire des abeilles domestiques,
- 2) est un algorithme d'optimisation globale,
- 3) a été initialement proposé pour l'optimisation numérique.
- 4) peut également être utilisé pour des problèmes d'optimisation combinatoire.
- 5) peut être utilisé pour des problèmes d'optimisation sans contrainte et contrainte.
- 6) n'utilise que trois paramètres de contrôle (taille de la population, nombre maximal de cycles et limite) qui doivent être prédéterminés par l'utilisateur,
- 7) Est assez simple, flexible et robuste.

X Conclusion :

La méthode d'optimisation par colonie d'abeille est l'une des récentes méthodes d'optimisation. Elle est représentée par un algorithme qui peut être appliqué à de nombreux problèmes d'optimisation dans le management, l'ingénierie, et le contrôle.

Elle est basée sur le concept de coopération qui rend les abeilles plus efficaces et ainsi arrivées à leurs buts rapidement. Cette méthode a la capacité, grâce à l'échange d'informations et le processus de recrutement d'intensifier la recherche dans les régions prometteuses de l'espace de solutions.

Des résultats préliminaires ont montré que le développement de nouveaux modèles basés sur les principes des abeilles doit certainement contribuer dans des problèmes assez complexes.

CHAPITRE 03

Résultats Et Interprétations

I Introduction

Ce chapitre est consacré pour résoudre le problème de la répartition économique de la puissance au niveau des systèmes électriques à plusieurs générateurs. Pour cela un réseau test a été choisi pour valider les programmes sous l'environnement MATLAB.

Le calcul sera fait en utilisant l'algorithme d'optimisation par algorithme de colonie d'abeilles artificielles (ABC) qui est bien définie dans le chapitre II ainsi que son principe de fonctionnement.

II Réseau électrique test IEEE 30 Nœud

Le réseau de transport qui va servir de base à notre étude est issu d'un réseau réel simplifié qui est le réseau test IEEE 30 nœuds représentant une portion du système de puissance électrique Américain. Ce réseau électrique est constitué de 30 jeux de barres, 6 générateurs connectés aux jeux de barres ($n=^{\circ} 1, 2, 8, 22, 23,$ et 27) injectant leurs puissances à dans un système alimentant 19 charges à travers 38 lignes de transport (fig. 3.1).

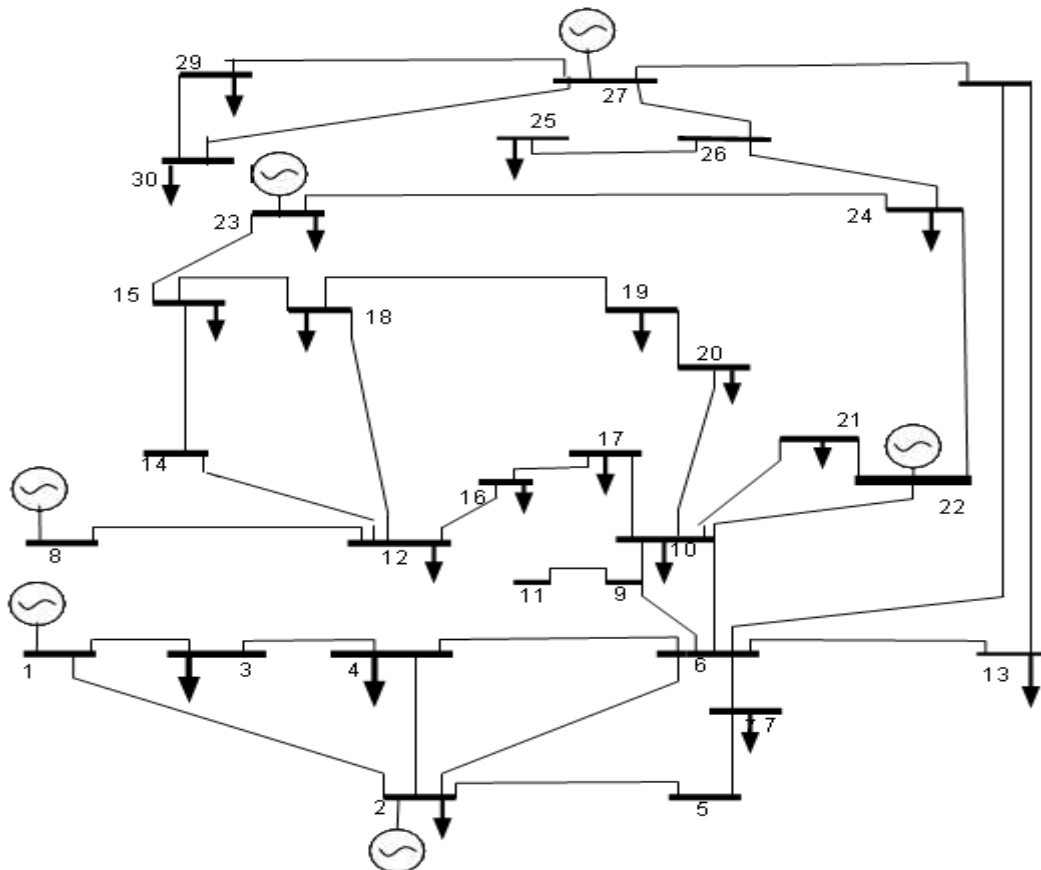


Figure III- 1 : Schéma unifilaire du réseau électrique IEEE 30- Nœud.

III Calcul OPF par la méthode ABC

III.1 Fonction mono-objectif :

Notre objectif est de minimiser la fonction mono objective suivante :

$$F_t(P_{gi}) = \sum_{i=1}^{ng} \alpha_i + \beta_i P_{gi} + \gamma_i P_{gi}^2 \quad (III.1)$$

Chaque puissance active générée P_{gi} est limitée par une limite inférieure $P_{gi(\min)}$ est et une
Limite supérieure $P_{gi(\max)}$.

$$P_{gi(\min)} \leq P_{gi} \leq P_{gi(\max)} \quad (III.2)$$

Puisque la fonction objective est bornée supérieurement, on va choisir une fonction fitness à Maximiser de la forme suivante :

$$\text{Fitness} = \frac{F_{\max}}{F(x)} \quad (III.3)$$

Il y a de nombreuses façons de choisir le coefficient F_{\max} Ce facteur peut être pris comme Coefficient d'entrée, ou bien on peut lui affecter la plus grande valeur de $F(x)$ dans la population actuelle.

Tableau III- 1:Données des fonctions coût des 6 générateurs du réseau IEEE 30 nœuds

Nœud	Pgi(MW)		Coefficients de coût (\$MW ² hr)		
	Min	Max	α_i	β_i	γ_i
1	100	500	4.091	-5.55	6.49
2	50	200	2.543	-6.04	5.638
8	80	300	4.258	-5.09	4.586
22	50	150	5.426	-3.55	3.380
23	50	200	4.258	-5.09	4.586
27	50	120	6.131	-5.55	5.151

Cela nous donne les équations de coûts, des six nœuds de production, comme suit :

$$F_1 = 4.091 - 5.55 P_{g1} + 6.49P_{g1}^2$$

$$F_2 = 2.543 - 6.04 P_{g2} + 5.638P_{g2}^2$$

$$F_8 = 4.258 - 5.09 P_{g8} + 4.586P_{g8}^2$$

$$F_{22} = 5.426 - 3.55 P_{g22} + 3.380P_{g22}^2$$

$$F_{23} = 4.258 - 5.09 P_{g23} + 4.586P_{g23}^2$$

$$F_{27} = 6.131 - 5.55P_{g27} + 5.151P_{g27}^2$$

Avec les contraintes suivantes:

$$100 \leq P_{g1} \leq 500$$

$$50 \leq P_{g2} \leq 200$$

$$80 \leq P_{g8} \leq 300$$

$$50 \leq P_{g22} \leq 150$$

$$50 \leq P_{g23} \leq 200$$

$$50 \leq P_{g27} \leq 120$$

III.2 La matrice de coefficients B :

$$B = 1e-4 * \begin{bmatrix} 1.4 & 1.17 & 1.15 & 1.19 & 1.26 & 1.22 \\ & 1.17 & 1.60 & 1.13 & 1.16 & 1.15 & 1.20 \\ & & 1.15 & 1.13 & 1.65 & 1.17 & 1.24 & 1.19 \\ & & & 1.19 & 1.16 & 1.17 & 1.71 & 1.30 & 1.25 \\ & & & & 1.26 & 1.15 & 1.24 & 1.30 & 1.69 & 1.32 \\ & & & & & 1.22 & 1.20 & 1.19 & 1.25 & 1.32 & 1.85 \end{bmatrix};$$

III.3 Le Calcul de dispatching économique par l'application de l'algorithme ABC

Tableau III- 2: Paramètres de simulation de l'algorithme ABC

Paramètres	
Taille de la population	100
Nombre maximum de Générations	500
C1 = C2	[0.5 : 2]
W_{min}, W_{max}	[0.4 : 0.9]

III.4 Résultats de simulation par ABC

Tableau III- 3: Optimisation du coût de production par (ABC) dans un système de six générateurs avec des charges variables.

	Puissance Demandée (MW)				
	500	700	1000	1200	1350
P_{g1} (MW)	20.0445	29.1507	42.5440	86.4114	125
P_{g2} (MW)	10	10	27.6773	90.6513	150
P_{g8} (MW)	72.4564	118.7444	186.2237	225	255
P_{g22} (MW)	82.8260	118.5044	170.3139	210	210
P_{g23} (MW)	174.9066	230.4906	310.3985	325	325
P_{g27} (MW)	149.6031	212.4371	302.0988	315	315
Pertes actives (MW)	9.8367	19.3272	39.2562	52.0627	57.4450
Coût de Génération (\$/h)	27441	36908	52352	64033	128460

III.4.1 Commentaire sur le tableau III.

Il ressort des résultats du tableau que plus les besoins en puissance sont élevés plus le coût de

production est élevé, De plus, la vitesse d'obtention de la solution reste constante en utilisant la méthode de la colonie d'abeilles, quelle que soit la quantité de la puissance demandée.

IV Resultat de simulation par SAELD

Tableau III- 4: Optimisation du coût de production par SAELD dans un système de six générateurs avec des charges variables.

	Puissance Demandée (MW)				
	500	700	1000	1200	1350
P_{g1} (MW)	19.4903	28.2919	41.1675	84.4779	125
P_{g2} (MW)	10.0002	10	27.7759	39.3217	150
P_{g8} (MW)	72.5928	118.9597	186.5673	225	225
P_{g22} (MW)	82.9251	118.6796	170.5748	210	210
P_{g23} (MW)	175.0827	230.7598	310.8311	325	325
P_{g27} (MW)	149.7942	212.7407	802.5656	315	315
Pertes actives (MW)	9.8852	19.4317	39.4822	52.7996	59.0075
Coût de Génération (\$/h)	27443	36912	52361	64083	130020

IV.1 Commentaire sur le tableau III.4

Il ressort clairement des résultats de ce tableau que la valeur du coût de production a plus augmenté par rapport aux résultats du tableau III.3 en raison de la différence dans la méthode utilisée pour l'amélioration de la simulation

On note également que plus la puissance demandée dans le tableau III.4 est élevée, plus la solution est atteinte rapidement en utilisant la méthode SAELD.

V Comparaison entre ABC et SAELD

Tableau III- 5: comparaison des pertes actives et des Coûts de Génération entre SAELD et ABC

Puissance Demandée (MW)	Méthode	500	700	1000	1200	1350
		Coût de Génération(\$/h)	ABC	27441	36908	52352
	SAELD	27443	36912	52361	64083	130020
Pertes actives(MW)	ABC	9.8367	19.3272	39.2562	52.0627	57.4450
	SAELD	9.8852	19.4317	39.4822	52.7996	59.0075

VI Discussion

La méthode ABC a mieux traité le problème que la méthode SAELD La méthode ABC a pu générer une affinité plus stable par rapport à la méthode SAELD. Bien que la méthode ABC soit plus longue en calcul, elle produit le résultat souhaité. De plus, la perte d'énergie due à l'application de la méthode ABC pour toutes les charges est inférieure à celle résultant de l'application de la méthode SAELD, ce qui signifie que l'utilisation de la technique ABC réduit le coût des carburants pétroliers, ce qui contribue à protéger l'environnement de la pollution et des dommages causés par les dérivés du pétrole, résultant en un environnement propre.

VII Conclusion :

Dans ce dernier chapitre, nous avons testé la méthode des colonies artificielles d'abeilles (ABC) sur le réseau IEEE 30 nœuds à six générateurs pour résoudre le problème du dispatching économique.

Les résultats de la simulation obtenus ont montré la robustesse de cette technique et son efficacité à résoudre ce genre de problèmes. En plus on a comparé les résultats obtenus avec ceux obtenus par la méthode SAELD trouvée dans la littérature ce qui nous a permis de valider nos résultats.

CONCLUSION GENERALE

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. Dans ce présent travail, et après avoir formulé le problème du dispatching économique, nous avons résolu ce problème avec la méthode d'optimisation par Colonie d'abeilles (ABC). La méthode (ABC) a été analysées à l'aide du logiciel MATLAB en exécutant les codes pour cette méthode.

A travers les résultats du chapitre 3, nous avons pu remarquer que l'utilisation de l'algorithme d'optimisation par Colonie d'abeilles (ABC) pour optimiser le problème de dispatching économique donne d'excellents résultats par rapport à la méthode (SAELD). Pour chaque puissance demandée, la méthode (ABC) a assuré la production avec un coût moindre par rapport à la méthode (SAELD). En outre, les pertes produites par (ABC) pour chaque cas selon le coefficient B étaient inférieures à celle de (SAELD). Comme nous le savons, des pertes plus élevées entraîneront une consommation de carburant et augmenteront le coût du carburant. Ainsi, il était très important d'obtenir une répartition optimale pour réduire les pertes. Par conséquent, (SAELD) utilisait moins de temps de calcul dans l'analyse par rapport à la méthode (ABC). Le temps de calcul de la méthode (SAELD) a été affecté par l'augmentation du nombre de générateurs. Bien que (ABC) utilise plus de temps pour analyser le résultat. Elle produit de meilleurs résultats que la méthode (SAELD).

En conclusion, la méthode (ABC) était plus appropriée pour être utilisée pour résoudre le problème de dispatching économique en raison de sa capacité à réduire le coût du carburant et les pertes. De plus, la pollution de l'environnement peut également être minimisée car moins de carburant a été utilisé pour satisfaire la demande de puissance. L'une des perspectives de ce travail est l'utilisation d'autres méthodes d'optimisation. L'utilisation de modèles plus complexes du dispatching économique peut être une autre perspective intéressante de ce travail.

Références

Références :

- [1] A. GACEM, « Utilisation des méthodes d'optimisations métaheuristiques pour la résolution du problème de répartition optimale de la puissance dans les réseaux électriques », Mémoire de Magister, Université El-oued, 2010.
- [2] Goldberg, D., 1989. Genetic algorithm in search, optimisation and machine learning. Addison Wesley.
- [3] Marcelo SAGUAN « l'analyse économique des architectures de marché électrique application au market design du temps réel ». Thèse de doctorat, université Paris Sud 11 /2007.
- [4] M. Fateh Amir « Etude du fonctionnement des centres de production dans un système de marché libre de l'énergie électrique » Thèse de magister université de Batna ,2011/2012.
- [5] Operateur du système électrique Algérien. <http://www.ose.dz>.
- [6] Bencherif Walid chawki et Chabouni Oussama « Etudes de refroidissement de l'alternateur de la centrale de Jijel » mémoire de fin d'études master II, université de Bjaia.2011.
- [7] Sihem Bouri « Optimisation de la production et de la structure d'énergie électrique par les colonies de fourmis ». These de Doctorat Université de Jilali Liabès sidi belabess, 2007.
- [8] RTE [2003]. Gestionnaire du Réseau de Transport d'Electricité, France (RTE),« Mémento de la sûreté du système électrique » - <http://www.rte-france.com>, 2003.
- [9] Michel Aguet et jean- Jacques Morf, « Energie Electrique volume IIX », Ecole polytech - nique fédérale de Lausanne.
- [10] Slimani Linda « Contribution à l'application de l'optimisation par des méthodes metaheuristiques à l'écoulement de puissance optimal dans un environnement de l'électricité dé-régulé » Thèse de doctorat université de Batna 12/2009
- [11] Draïdi Abd Ellah « Répartition économique de l'énergie électrique utilisant les techniques d'intelligence artificielle ». Thèse de magister, département d'électrotechnique université de Constantine ,2010.
- [12] Belkacem MAHDAD « Dispatching Economique Par Matlab, cours et exercices corrigés », janvier 2014.
- [13] CHETTIH Saliha, « optimization des puissance réactive en tenant compte des méthodes heuristiques d'un Système électrique complexe – application au réseau algerien », these de magistère, univ d'oran 2009.
- [14] Nabil Mancer, « Contribution à l'optimisation de la puissance réactive en présence de dispositifs de compensation dynamique (FACTS) », mémoire de magister, université mohammed kheider, Biskra, 2012.
- [15] S. A. Nasar; «Electric Power Systems», Schaum's Outline Series, 1990.

- [16] Labeled Imen, « Dispatching économique dans un système de puissance électrique par l'intelligence artificielle », mémoire de magister, Université Constantine 1, 2013
- [17] Rezig Missoum « Etude d'un dispatching économique des puissances actives par les algorithmes de fourmis » Mémoire de Magister, Université Hassiba Ben Bouali chelf Algérie,2009.
- [18] Rachid Belhachem et autres, « Résolution du dispatching optimal en combinant l'écoulement de puissance pour le calcul des pertes » Mediamira science publisher, 2012.
- [19] Kai Sun « Electric Energy Systems, Optimal Disptch of Generation » University of tennssee 2014
- [20] R. Benabid, "Optimisation Multi-objectif de la Synthèse des FACTS par les Particules en Essaim pour le Contrôle de la Stabilité de Tension des Réseaux Electriques," Université de Laghouat mémoire de Magister, 2007.
- [21]Dervis Karaboga, Bahriye Basturk, A powerful and efficient algorithm for numerical function optimization: artificial bee colony (ABC) algorithm. Springer Science+Business Media B.V. 2007
- [22]R. Fonseca, M. Paluszewski and P. Winter, Protein Structure Prediction Using Bee Colony Optimization Metaheuristic, Dept. of Computer Science, University of Copenhagen. Universitetsparken 1 DK-2100 Copenhagen. Denmark.
- [23] Efr'en Mezura-Montes Mauricio Dami'an-Araoz and Omar Cetina-Dom'ingez, "Smart Flight and DynamicTolerances in the Artificial Bee Colony for Constrained Optimization," Sep. 2010.
- [24]Dervis Karaboga and Bahriye Basturk, "Artificial Bee Colony (ABC) Optimization Algorithm for SolvingConstrained Optimization Problems," *Springer-Verlag Berlin Heidelberg*, p. 789–798, 2007.
- [25]S.Hemamalini and Sishaj P Simon, "economic load dispatch with valve-point effect using artificial bee colony algorithm," in *xxxii national systems conference*, 2008, pp. 525-530.

ANNEXES

ANNEXES

Algorithme d'abeille colonie d'optimisation de programmation

```

clear;
clc;
global objfun D ub lb data B Pd
objfun='abceld1'; %cost function to be optimized
%/*The number of parameters of the problem to be optimized*/
% the data matrix should have 5 columns of fuel cost coefficients and plant limits.
% 1.a ($/MW^2) 2. b $/MW 3. c ($) 4.lower limit(MW) 5.Upper limit(MW)
%no of rows denote the no of plants(n)
Data= [0.15247 38.53973 756.79886 10 125
        0.10587 46.15916 451.32513 10 150
        0.02803 40.3965 1049.9977 35 225
        0.03546 38.3053 1243.5311 35 210
        0.02111 36.32782 1658.569 130 325
        0.01799 38.27041 1356.6592 125 315];
B=1e-4*[1.4 .17 .15 .19 .26 .22;.17 .60 .13 .16 .15 .20;.15 .13 .65 .17 .24 .19;.19 .16 .17 .71 .30
        .25;.26 .15 .24 .30 .69 .32;.22 .20 .19 .25 .32 .85];
Pd=700;
lb=data(:,4);%/*lower bounds of the parameters. */
ub=data(:,5);%/*upper bound of the parameters.*/
D=length(data(:,1));

%/* Control Parameters of ABC algorithm*/
NP=20; %/* The number of colony size (employed bees+onlooker bees)*/
FoodNumber=NP/2; %/*The number of food sources equals the half of the colony size*/
limit=100; %/*A food source which could not be improved through "limit" trials is abandoned
by its employed bee*/
maxCycle=1000; %/*The number of cycles for foraging {a stopping criteria}*/
%/* Problem specific variables*/
% objfun='der1'; %cost function to be optimized
% D=1; %/*The number of parameters of the problem to be optimized*/
% ub=ones(1,D)*30; %/*lower bounds of the parameters. */

```

```

% lb=ones(1,D)*(0);%/*upper bound of the parameters.*/

runtime=1;%/*Algorithm can be run many times in order to see its robustness*/

runABC
R=GlobalParams;
[F P1 Pl]=abceld1(R);

% This program solves the economic dispatch with Bmn
coefficients by
% Artificial Bee Cloni Algorithm
function [ F P1 Pl]=abceld(x)
global objfun D ub lb data B Pd
n=length(data (:,1));
[m n1]=size(x);
P=x(1:m,2:n);
B11=B(1,1);
B1n=B(1,2:n);
Bnn=B(2:n,2:n);
A=B11;
BB1=2*B1n*P';
B1=(BB1-1)';
C1=(P*Bnn*P');
C1=diag(C1);
C=Pd-(sum(P'))'+C1;
A=A*ones(m,1);
for i=1:m;
    y=[A(i) B1(i) C(i)];
x1(i,:)=roots(y);
    x2(i)=(abs(min(x1(i,:))))';
    if x2(i)>data(1,5);
        x2(i)=data(1,5);
    else

```

```
end
    if x2(i)<data(1,4);
x2(i)=data(1,4);
    else
    end
end
P1=[x2' P];
a1=data(:,1);
b1=data(:,2);
c1=sum(data(:,3));
F=P1.*P1*a1+P1*b1+c1;
P11=(P1*B*P1') .';
P1=diag(P11)
lam=abs(sum(P1')'-Pd-P1);
F=(F)+1000*lam;

function fFitness=calculateFitness(fObjV)
fFitness=zeros(size(fObjV));
ind=find(fObjV>=0);
fFitness(ind)=1./(fObjV(ind)+1);
ind=find(fObjV<0);
fFitness(ind)=1+abs(fObjV(ind));
```

```
/* ABC algorithm coded using MATLAB language */
/* Artificial Bee Colony (ABC) is one of the most recently
defined algorithms by Dervis Karaboga in 2005, motivated by the
intelligent behavior of honey bees. */
```

```
/* Referance Papers*/
```

```
/*D. Karaboga, AN IDEA BASED ON HONEY BEE SWARM FOR NUMERICAL
OPTIMIZATION,TECHNICAL REPORT-TR06, Erciyes University,
Engineering Faculty, Computer Engineering Department 2005.*/
```

/*D. Karaboga, B. Basturk, A powerful and Efficient Algorithm for Numerical Function Optimization: Artificial Bee Colony (ABC) Algorithm, Journal of Global Optimization, Volume:39, Issue:3,pp:459-171, November 2007,ISSN:0925-5001 , doi: 10.1007/s10898-007-9149-x */

/*D. Karaboga, B. Basturk, On The Performance Of Artificial Bee Colony (ABC) Algorithm, Applied Soft Computing,Volume 8, Issue 1, January 2008, Pages 687-697. */

/*D. Karaboga, B. Akay, A Comparative Study of Artificial Bee Colony Algorithm, Applied Mathematics and Computation, 214, 108-132, 2009. */

/*Copyright © 2009 Erciyes University, Intelligent Systems Research Group, The Dept. of Computer Engineering*/

/*Contact:

%Dervis Karaboga (karaboga@erciyes.edu.tr)

%Bahriye Basturk Akay (bahriye@erciyes.edu.tr)

*/

global objfun D ub lb