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

Mémoire
MASTER ACADEMIQUE
Domaine : Sciences et technologies
Filière : Génie électrique
Spécialité : Electrotechnique Industrielle
Présenté par :
Gagi Ibrahim Yaakoub **et** Lahrech Abdenour
Thème:

Résolution du problème du dispatching économique par une méthode de l'intelligence artificielle

Soutenu publiquement
Le :09/07/2019
Devant le jury :

Mr Djarah djallal	MCA	Président	UKM Ouargla
Mr Kharfane Riad Lakhdar	MCB	Encadreur/rapporteur	UKM Ouargla
Mr Bourek yacine	MCA	Examinateur	UKM Ouargla

Année universitaire 2018/2019

Remerciements

Au terme de ce travail, on tient tout d'abord à remercier vivement notre encadreur, Mr. KHERFANE Riad Lakhdar qui nous a offerte la possibilité de réaliser un mémoire sous sa direction. On le remercie également pour ses discussions profitables, ses encouragements, son entière disponibilité, ses conseils judicieux, sa compréhension et ses suggestions. Nous lui sommes reconnaissants de la liberté et de la confiance qu'il nous a témoigné tout au long de ce travail...

Nous remercions tout particulièrement nos parents, pour leur soutien inconditionnel tout au long de ces longues années d'études …

Nous tenons à remercier Mr DJARAH Djalal . Professeur à l'université de Ouargla, pour nous avoir fait l'honneur de présider notre jury. Ainsi nous remercions Mr BOUREK Yacine pour avoir accepter de juger et d'évaluer ce modeste travail.

Sans oublier de remercier tous ceux qui nous ont soutenus de près ou de loin.

Dédicace

Nous dédions ce travail à :

Nos chers parents qui nous ont beaucoup aidés et qui se sont sacrifiés pour nous et qui nous ont encouragés et soutenus le long de notre vie et durant notre cursus

A nos frères , nos sœurs

A toutes nos familles

A tous nos amis sans exception

A toute la communauté universitaire

A tous ceux qui ont contribués de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

Liste des Figures

Figure I.1: Principe de fonctionnement d'une centrale thermique à vapeur. 7
Figure I.2 : Principe de fonctionnement d'une centrale à gaz. 7
Figure I.3: Principe de fonctionnement d'une centrale à turbine à cycle combiné. 8
Figure I...4: Principe de fonctionnement d'une centrale hydraulique. 9
Figure I.5: Principe de fonctionnement d'une centrale nucléaire 10
Figure I.6:installation photovoltaïque 10
Figure I.7: Une installation éolienne. 11
Figure I.8: Caractéristique entrée sortie d'une unité de production. 14
Figure I.9: Ligne avec un générateur. 17
Figure I. 10: Ligne avec deux générateurs. 18
FigureI. 11: Ligne avec trois générateurs. 18
Figure II.1: vue d'ensemble d'un algorithme génétique…..... 24
Figure II.2: Les quatre niveaux d'organisation des AG. 25
Figure II.3: Fonctionnement général de l'algorithme génétique. 27
Figure II.4: illustration schématique d'un codage réel. 28
Figure II.5: représentation d'une sélection par tournoi d'individus pour un critère de maximisation (chaque individus représente une solution possible). 30
Figure II.6: Représentation d'un croisement en un point de deux chaînes. 31
Figure II.7: Représentation d'une mutation de bits dans une chaîne. 31
Figure II.8: Croisement en seul point. 33
Figure II.9: Représentation d'un croisement en deux points. 33
Figure III.1: Variation P_{G1} et P_{G2} en fonction des générations pour l'expérience 1. 44
Figure III.2: Variation P_{G1} et P_{G2} en fonction des générations pour l'expérience 2. 45
Figure III.3: Variation P_{G1} et P_{G2} en fonction des générations pour l'expérience 3. 46
Figure III.4: Variation P_{G1} et P_{G2} en fonction des générations pour l'expérience 4. 47
Figure III.5 : Variation P_{G1} et P_{G2} en fonction des générations pour l'expérience 5. 48

Liste des Tableaux

Tableau II.1: Code de Gray et code binaire pour une chaîne à trois bits…….29

Tableau III: la compressassions des calcules les pertes et couts. (Tableau récapitulatif)..48

Liste des Symboles

- **ED :** Economic Dispatch
- a_i, b_i *et* c_i **:** Coefficients de la fonction objective
- N_G **:** nombre de générateurs ou (unités)
- **$/MWh :** unité de fonction coût (Dollar par mégawat heur)
- $F(P_{Gi})$ **:** coût de production des puissances générées
- P_{Gi} **:** Puissance active générée par unité de générateur i
- $P_{Gi\ Max}$ **:** puissance active maximale générée
- $P_{Gi\ min}$ **:** puissance active minimale générée
- P_{Di} **:** Puissance demandée par une charge i
- $\cos \varphi_G$: facteur de puissance
- P_L **:** les pertes totales de transmission
- B_{ij} **:** les coefficients des Pertes
- B_{00} **:** Facteur constant.
- B_{0i} **:** facteur linéaire variable
- **AG :** Algorithme génétique
- ε : erreur

Résumé :

Le développement de l'informatique et des logiciels de commande a contribué à l'innovation des réseaux électriques, on parle aujourd'hui des 'smart grids' ou réseaux intelligents. Ce développement est forcément lié à plusieurs préoccupations : énergétiques, économiques,…etc. L'introduction des techniques de l'intelligence artificielle dans les logiciels de commande et de décin est un élément essentiel dans la recherche et dans le développement des réseaux de demain.

Le souci majeur de l'exploitation du réseau électrique est de satisfaire la demande en tout temps et de maintenir l'équilibre entre la production et la consommation en conservant la qualité de service d'une part et d'autre part minimiser les frais d'exploitation.

La répartition économique d'énergie électrique, ou le dispatching économique est un secteur essentiel dans les réseaux électriques, où on doit générer moins d'énergie pour la même demande en diminuant les pertes linéiques, avec une bonne gestion économique pour avoir le moindre coût du kWh possible.

Dans ce mémoire, on va opter pour un dispatching plus rapide. Commençant par programmer un dispatching économique avec pertes d'un réseau avec un programme (sous Matlab) de dispatching économique la méthode utilisée pour les calculées pertes joules de réseau électrique par la méthode coefficient B. Dans cette thèse nous suggérons les algorithmes génétiques pour améliorer la convergence ver la solution optimale.

Abstract :

The development of computer software has contributed to the innovation of power systems to become smart grids. This development is necessarily linked to several concerns: energetic, economic, etc. The introduction of techniques of artificial intelligence in software of control and decision is an essential element in research and development of tomorrow's networks. Neural networks are among the techniques most used in the field of artificial intelligence.

The economic dispatch is a key sector in electricity network, where it must generate less energy for the same demand with good economic operation reducing repartition grid losses to have the least cost of kWh possible.

In this brief, we will opt for faster dispatching. Starting by programming an economical dispatching with losses of a network with a program (under Matlab) of economic dispatching the method used for the computed joules losses of electricity network by the method coefficient B.

In this thesis we suggest genetic algorithms to improve convergence to the optimal solution.

ملخص :

ساهم تطوير برامج تكنولوجيا المعلومات والتحكم في ابتكار الشبكات الكهربائية، فنحن نتحدث الآن عن "الشبكات الذكية" أو الشبكات الذكية. يرتبط هذا التطور بالضرورة بالعديد من المخاوف: الطاقة، الاقتصادية، ... إلخ. إدخال تقنيات الذكاء الاصطناعي في برامج القيادة والقرار هو عنصر أساسي في البحث والتطوير في شبكات الغد.

الشاغل الرئيسي لتشغيل شبكة الكهرباء هو تلبية الطلب في جميع الأوقات والحفاظ على التوازن بين الإنتاج والاستهلاك مع الحفاظ على جودة الخدمة من ناحية ومن ناحية أخرى لتقليل تكاليف الاستغلال.

يعتبر التوزيع الاقتصادي للطاقة الكهربائية أو الإرسال الاقتصادي قطاعًا أساسيًا في الشبكات الكهربائية، حيث يجب على المرء توليد طاقة أقل لنفس الطلب عن طريق تقليل الخسائر الخطية ، مع إدارة اقتصادية جيدة للحصول على أقل تكلفة كيلووات ساعة ممكن.

في هذا الموجز ، سنختار الإرسال بشكل أسرع. البدء ببرمجة إرسال اقتصادي مع فقد شبكة مع برنامج (تحت ماتلاب) للإرسال الاقتصادي للطريقة المستخدمة لخسارة جول المحسوبة في الشبكة الكهربائية بواسطة معامل الطريقة ب.

في هذه الرسالة نقترح الخوارزميات الجينية لتحسين التقارب إلى الحل الأمثل.

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE ..... **Error! Bookmark not defined.**

CHAPITRE I : Dispatching économique ..... **Error! Bookmark not defined.**

I.1.Introduction 5

I .2.Notions de base 5

I .2 .1.Généralités sur les réseaux électriques 5

I .2 .a .La production 6

I .2 .b .Le transport 11

I .2 .c .La distribution 12

I .2 .d .La consommation 12

I.3. Dispatching économique 13

I. 4. Unit commitment 13

I.5. La fonction coût 13

I.5.1. Minimisation des coûts de génération 15

I.5.2.Pertes de transmission 15

I.6. Définition des contraintes 16

I.6.1. Contraintes d'égalités 16

I.6.2. Contraintes d'inégalités 16

I.7. Dispatching économique avec des pertes constantes 16

I.8. Dispatching économique avec les pertes en fonction des puissances générées 17

I.9. Calcul des pertes dans les lignes 17

I.9.a. Cas d'un seul générateur 17

I.9.b. Cas de deux générateurs 18

I.9.c. Cas de deux générateurs et trois lignes 18

I.10. Conclusion 19

Chapitre II : Généralités sur les algorithmes génétiques 4

II.1. Introduction 22

II.2.Historique 22

II.3. Principe 23

II.4. Présentation 24
II.5. Les algorithmes génétiques : 24
II.5.1. Le but de ces algorithmes génétiques 25
II.5.2. la différence fondamentale entre ces algorithmes et les autres méthodes: 26
II.5.3. Les étapes de l'algorithme génétique 26
II.5.3.a. Codage 27
II.5.3.b. Génération de la population initiale 29
II.5.3.c. Evaluation : fitness 29
II.5.3.d. Sélection 29
II.5.3.e. Croisement 31
II.5.3.f. Mutation 31
II.6. Processus d'évolution des générations : générationnel, stationnaire et élitiste 32
II.7. Opérateurs de croisement 32
II.8. Conclusion 35
Chapitre III : Applications et résultats 4
III.1. Introduction 38
III.2. La méthode utilisée 39
III.2.1. Algorithmes Génétiques 39
III.2.2. Règle de sélection suivant la loi de la roulette 40
III.3. Présentation de l'œuvre depuis sa création ..... **Error! Bookmark not defined.**
III.4. Paramètres et donnés 41
III.5. Discussion des résultats 43
III.6. Conclusion 49
Conclusion générale 50

INTRODUCTION GENERALE

Un réseau électrique est l'ensemble des moyens qui sert à transmettre l'énergie électrique d'une région où l'on le produit à une région où l'on le consomme. Le rôle essentiel d'un réseau électrique est d'acheminé les puissances actives et réactives demandées par les équipements variés qui y sont connectés. Les points de production et de consommation sont reliés entre eux par des lignes de transmission**[1]**

En effet l'énergie électrique n'étant pas stockable pratiquement, la puissance des générateurs doit à chaque instant être exactement adaptée à la consommation, de sorte que, devant toute variation de la consommation, les générateurs doivent réagirent afin de maintenir cet équilibre **[1]**

Les termes « Dispatching Optimal », « Dispatching de génération Optimal », « Dispatching Economique Optimal », « Répartition de puissance Optimal », et« Répartition de charge Optimal » sont essentiellement des synonymes basés sur un type de calcul de répartition dans lesquels quelques quantités sont minimisées, pendant l'horaire dégénération, le terme général «Dispatching Economique » est rapporté à la formulation dans lesquelles les coûts d'investissement sont minimisés**.[2].**

L'objectif de base d′un dispatching économique est la génération et l′exploitation à coût minimal de l'énergie électrique en satisfaisant toute la demande avec toutes les contraintes de système .D′après la synthèse bibliographique, nous avons constaté que Plusieurs méthodes classiques et modernes ont été utilisées pour résoudre le problème du dispatching économique de l′énergie électrique. Actuellement il existe une nouvelle approche qui est l′application de l′intelligence artificielle, parmi laquelle on trouve les algorithmes génétique (GA) **[3]**

Il y a deux éléments de basse qui s'ajoutent au problème de dispatching économique de puissance uni nodale. Le premier, la modélisation du réseau électrique (Network Constraint Model) et le deuxième, le développement d'une formule pour le calcul et l'assignation des pertes de transmission**.[4]**

Le problème du Dispatching Economique (DE) est l'un des principales préoccupations pour le fonctionnement des réseaux électriques. Essentiellement, c'est un problème d'optimisation dont l'objectif est de réduire le coût total de génération de l'énergie électrique des différentes unités de production en satisfaisant les contraintes de

fonctionnement Pour surmonter tous ces problèmes, on fait recours aux méthodes métaheuristiques. Ce travail s'articule sur l'application des Algorithmes Génétiques (AG).
Les algorithmes génétiques font partie de la famille des algorithmes évolutionnaires.

Ils s'inspirent de l'évolution naturelle des espèces. Avec ce type de méthodes, il ne s'agit pas de trouver une solution analytique exacte mais de trouver une bonne solution satisfaisante dans un temps de calcul raisonnable.

La première description du processus des algorithmes génétiques a été donnée par Holland en 1975, puis Goldberg (1989) les a utilisés pour résoudre des problèmes concrets d'optimisation.**[5]**

Dans ce travail, nous voudrions aborder les problèmes des réseaux électriques et étudier les causes de ces problèmes, à savoir les pertes de lignes électriques et le coût de production d'énergie, et essayer de rechercher des résultats permettant de réduire les pertes de lignes électriques et les coûts de production. Les calculs et les résultats sont obtenus sous MATLAB

Dans le premier chapitre la définition du dispatching économique et la fonction coût seront présentées .Nous avons mentionné Les différents types des centrales électriques,

Dans le deuxième chapitre avons présenté la définition et historique et principe de l'Algorithmes Génétiques (AG) ,puis Quelque terme de base de l'algorithme génétique (Population , Individu , Chromosome , Gène , Fitness) ainsi Les étapes de l'algorithme génétique (population initiale , Evaluation : fitness , Sélection , Croisement , Mutation ,

Dans le troisième chapitre: Dans le domaine de l'électricité, nous avons atteint les résultats des recherches précédentes visant à améliorer la valeur des pertes et des coûts sur le réseau électrique, alors que nous cherchons à améliorer ces valeurs en termes de réduction de ces coûts et pertes et de répondre à la demande des clients.

CHAPITRE I

Dispatching économique

I.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**[6]**

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**[5]**

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) **[6]**

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 **[6]**.

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.

I .2.Notions de base [7][8][9]

I .2 .1.Généralités sur les réseaux électriques

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

I .2 .a. 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 entrainés à partir de divers types de sources d'énergie dites primaires.

- **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)**.**

- ✓ **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 de1500 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.

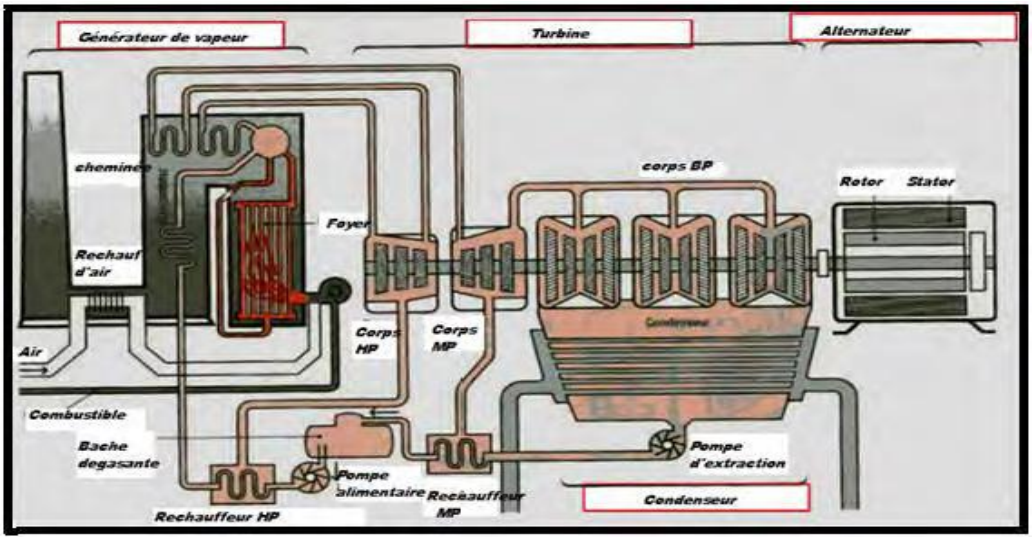


Figure 0 1: Principe de fonctionnement d'une centrale thermique à vapeur. **[10]**

- ✓ **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 % .

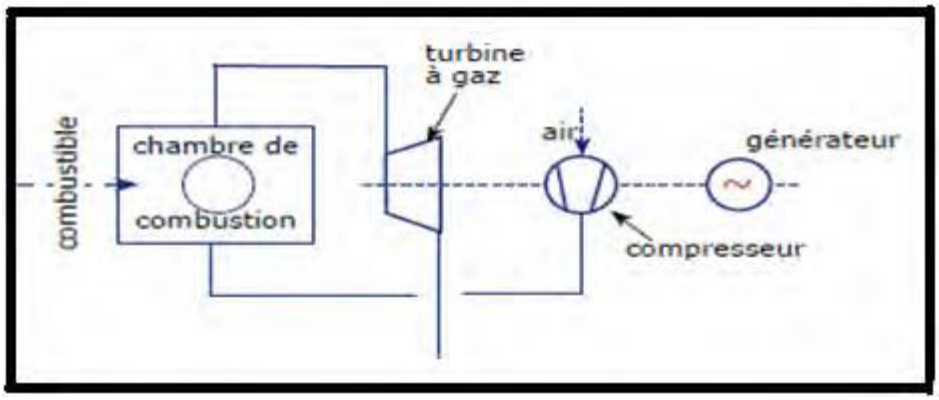


Figure I..2 : Principe de fonctionnement d'une centrale à gaz. [10]

✓ 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 brulés 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 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 Ennouss) Cherchel d'une puissance totale de : 1200MW(3 x400MW), SKT (Shariket Kahraba Terga) Ain Tmouchent d'une puissance totale de1200MW (de 3 x 400 MW), SKD (Shariket Kahraba Koudiet Edraouch) Taref puissance totale de 1200MW (de 3 x 400 MW) .

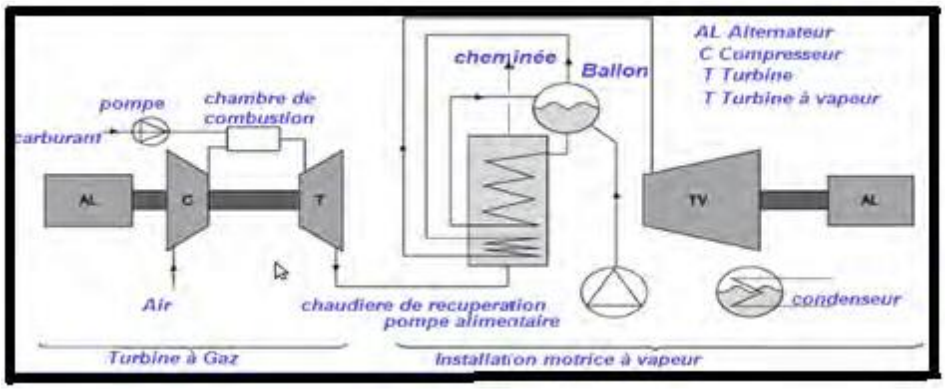


Figure I.3: Principe de fonctionnement d'une centrale à turbine à cycle combiné. [10]

- ✓ **Les centrales hydrauliques**

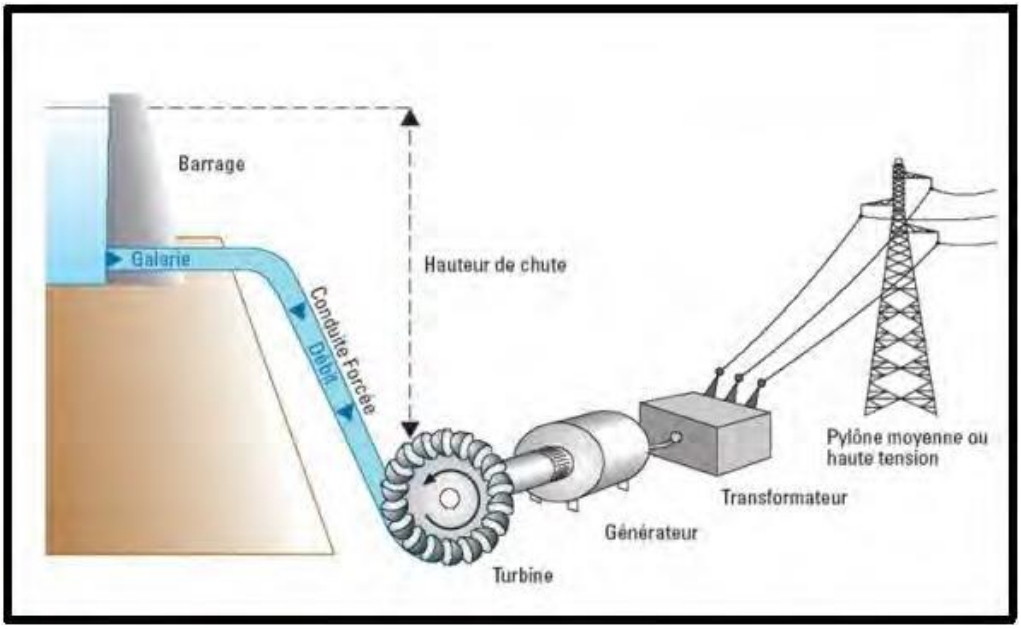


Figure I.4: Principe de fonctionnement d'une centrale hydraulique. [10]

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 existant sont celle de : Darguina (Bejaia) d'une puissance totale de 71 .5MW et Ziama El Mensuriya d'une puissance de 100MW.

- ✓ **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.

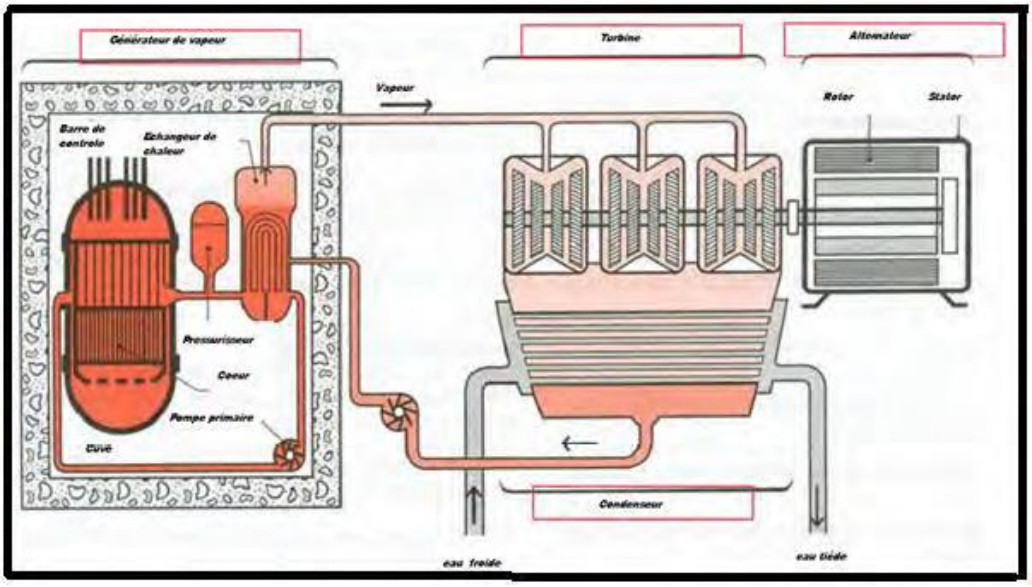


Figure I.5: Principe de fonctionnement d'une centrale nucléaire **. [10]**

- ✓ **Les centrales photovoltaïques**

Figure I.6:installation photovoltaïque **[10]**

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 **.**

- ✓ **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**.**

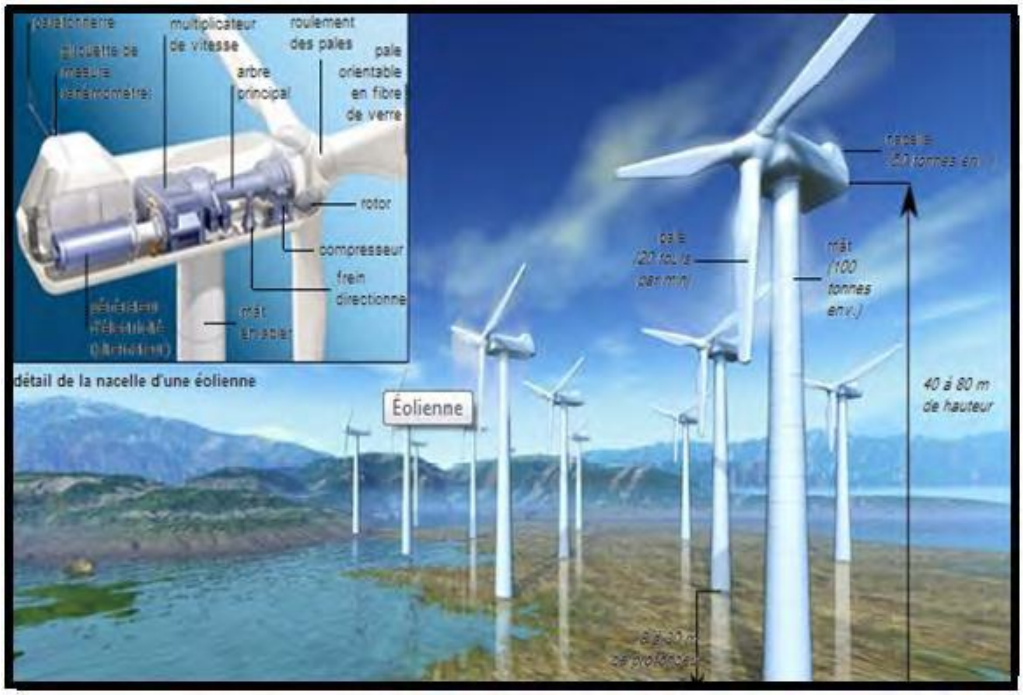


Figure I.7: Une installation éolienne**. [10]**

I .2 .b. 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 prés 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 **[11].**

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 ou 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 **.**

I .2 .c. 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) **[11].**

I .2 .d. 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.

I.3. Dispatching économique[14] [15] [16]

Le dispatching économique est un problème d'optimisation statique qui consiste à répartir la production de la puissance active demandée entre les différentes centrales du réseau, de sorte à exploiter ce dernier 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*.

Les générateurs à combustibles distincts possèdent différents coûts 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 et 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 .

L'objectif du problème de dispatching économique est de calculer, pour une seule période de temps, la puissance active produite pour chaque unité de production afin que la demande soit satisfaite à un coût minimal tout en satisfaisant les différentes contraintes techniques du réseau de générateurs. Le système se compose de n unités génératrices. Les fonctions à optimiser sont les fonctions de coût, elles sont modélisées par des fonctions d'objectifs nécessaires à l'opération d'optimisation

I. 4. Unit commitment

Le « Unit commitment » ou '*la planification de l'opération des unités de production'*

est le processus de décider quand et quelle unité de génération doit fonctionner ou pas, donc on doit programmer les générateurs ('*on*' ou '*off*') pour répondre aux charges nécessaires à un coût minimum soumis aux pertes du réseau **.**

I.5. La fonction coût

Le coût de production d'une centrale est généralement modélisé par une fonction polynomiale du second degré en P_G (puissance active générée par la centrale) dont les coefficients sont des constantes propres à chaque centrale :

La fonction cout est polynomiale du second ordre en terme de P_{Gi} sous la forme suivante :

$$F_T = \sum_{i=1}^{Ng}(a_i P_{Gi}^2 + b_i P_{Gi} + c_i) \qquad (I.1)$$

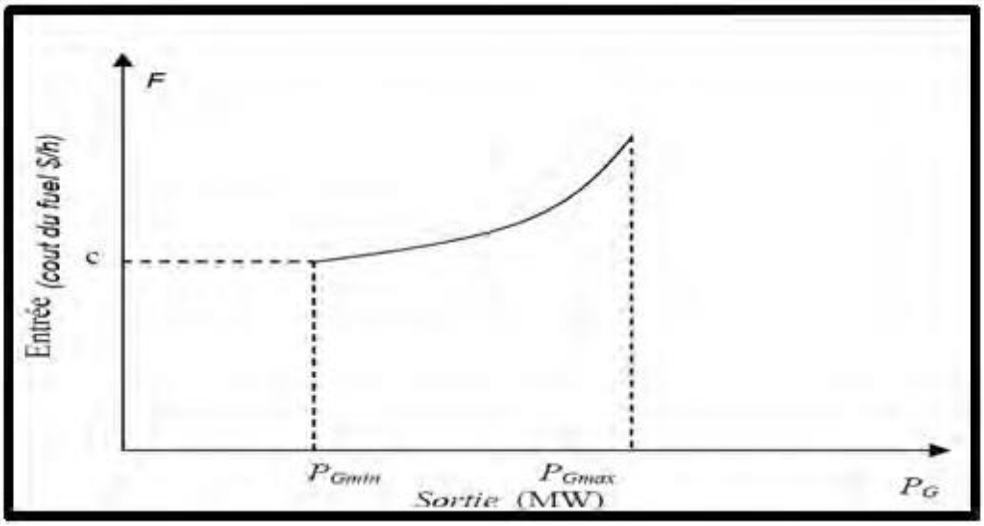


Figure I. 1: Caractéristique entrée sortie d'une unité de production. **[12]**

D'où :

a_i, b_i $et\ ci$ sont des constantes propres à chaque centrale. **[13]**

La constante ai est normalement appelée coût de marche à vide et représente le coût pour tenir démarrée une unité de génération à production nulle.

PGi : puissance active générée par unité de génération (i).

Fi (P_{Gi}) : la fonction de cout de la centrale (i) .

Ng nombre des générateurs

Il est très important à noter que d'autres caractéristiques spécifiques doivent être prises en considération pour le cout de production d'électricité. C'est le cas notamment du coût spécifique pour démarrer ou arrêter l'unité de production (coût de démarrage et d'arrêt), à titre d'exemple : le coût de démarrage correspond au coût de l'énergie nécessaire pour mettre en fonctionnement tous les auxiliaires permettant la production d'électricité (chaudières, pompes, etc.).

Ce coût dépend normalement de l'état de l'unité de production au moment de l'appel à démarrer (démarrage à froid ou à chaud) et le temps de démarrage (pointe ou creux). Les contraintes techniques sont aussi importantes pour l'exploitation. Généralement, l'unité de production ne peut fonctionner de manière stable qu'à partir d'un niveau de production minimal (capacité minimale de production) et jusqu'à un niveau maximal de production (capacité maximale de production) **[7] [12]**.

I.5.1. Minimisation des coûts de génération

Le but principal du dispatching économique est la minimisation du cout de production de chaque générateur et donc le cout total.

D'autre part, on sait très bien que les facteurs influençant sur le cout sont résumés en trois points essentiels :

- le rendement de fonctionnement des générateurs.
- le cout du combustible.
- les pertes dans les lignes de transmission.

Et pour minimiser la fonction de cout, on peut ajuster sur l'un des points précédents.

Cette minimisation peut être traduite par la condition suivante :

$\mathrm{Min}(F_T) = \mathrm{Min}(\sum_{i=1}^{Ng} \mathrm{Fi}(P_{Gi}))$ avec : $F=\sum_{i=1}^{Ng} \mathrm{Fi}(P_{Gi})$

(Ng) : Le nombre des générateurs.

F : La fonction de cout total de la production.

I.5.2.Pertes de transmission

Pertes de transmission: C'est la différence entre les unités générées et distribuées. Ceux-ci sont divisés en pertes techniques et pertes non techniques ou commerciales. Les pertes techniques sont dues à l'énergie dissipée dans conducteurs et équipements utilisés dans les lignes de transmission et pertes magnétiques dans les transformateurs.

$$P_L = \sum_{i=1}^{ng} \sum_{j=1}^{ng} P_i B_{ij} P_j + \sum_{i=1}^{ng} B_{0i} P_i + B_{00} \qquad \text{(I.2)}$$

B_{ij}, **B_{0i}** et **B_{00}** : sont les coefficients de perte ou B-coefficients.

B_{0i} : facteur linéaire variable.

B_{00} : Facteur constant.

B-Coefficients: on les appelle aussi les coefficients de perte, supposés constants pour une base gamme de charges, et une précision raisonnable est attendue lorsque les conditions de fonctionnement réelles sont proches de la base conditions de cas utilisées pour calculer les coefficients. Ils sont généralement représentés par **B_{ij}** .

I.6. Définition des contraintes

Définit des conditions sur l'espace d'état que les variables doivent satisfaire. Ces contraintes sont souvent des contraintes d'inégalité ou d'égalité et permettent en général de limiter l'espace de recherche.

I.6.1. Contraintes d'égalités

C'est l'équation de l'écoulement de puissance en équilibre ; entre la génération et la demande exprimée par la formule suivante :

$\sum_{i=1}^{Ng} PGi - P_D - P_L = 0$ (I.3)

D'ou

$P_D = \sum_{i=1}^{ND} P_{Di}$ (I.4)

P_D : la puissance active totale absorbée par toute la charge.

P_{Di} : la puissance active absorbée par la charge (i).

P_L : les pertes actives dans les linges de transmission

N_D : le nombre de nœuds consommateurs.

D'après cette expression on peut dire que le système d'énergie électrique est en équilibre car la somme des puissances actives générées, puissances consommées par la charge totale et les pertes actives dans les lignes est nulle**.**

I.6.2. Contraintes d'inégalités

On les appelle aussi les contraintes de sécurité, directement liées aux limites associées aux centrales électriques**.**

$P_{Gi}{}^{m} \leq PGi \leq P_{Gi}{}^{M}$

D'où

$P_{Gi}{}^{M}$: la puissance active maximale que génère le générateur (i).

$P_{Gi}{}^{m}$: la puissance active minimale que génère le générateur (i).

I.7. Dispatching économique avec des pertes constantes

Le dispatching économique sans pertes est une approximation assez grossière de la réalité. Pour obtenir une modélisation plus réaliste, il faut considérer les pertes dues aux transits de puissance dans les lignes. Le dispatching économique avec pertes est un procédé itératif qui doit s'il est réalisé correctement converger vers la solution optimale. Pour tenir

compte des pertes, nous allons évaluer celles-ci et les inclure dans la demande. Elles varient en fonction de la répartition des puissances entre les centrales et de la consommation locale de puissance Le dispatching économique avec pertes tient compte de la topographie du réseau. Deux approches sont essentiellement utilisées pour la solution de dispatching économique avec pertes. La première est le développement d'une expression mathématique des pertes en fonction des puissances de sortie de chaque unité de production. La deuxième approche consiste à utiliser les équations de l'écoulement de puissances optimal **[17]**.

I.8. Dispatching économique avec les pertes en fonction des puissances générées

Dans les réseaux électriques réels les générateurs sont situés loin du centre de la charge électrique, alors les pertes de transport deviennent importantes.

I.9. Calcul des pertes dans les lignes [18]

I.9.a. Cas d'un seul générateur

Soit le réseau représenté par la figure I.9 :

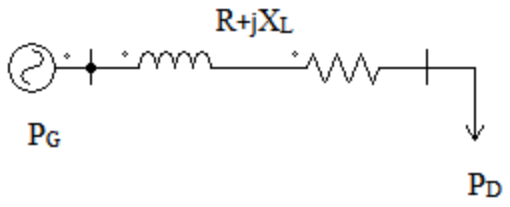


Figure I.1: Ligne avec un générateur**.**

Les pertes actives PL à travers la ligne sont données d'après l'expression :

P_L=3.RL.$|I_L|^2$

$\boldsymbol{R}$: Résistance de la ligne en Ohm. Le courant traversant la ligne peut être calculé comme suit :

$$|I_L| = \frac{P_G}{\sqrt{3}.V_G.\cos\varphi_G} \qquad \text{(I.5)}$$

En remplaçant (I.5) dans (I.6), on obtient :

$$P_L = 3.\frac{R_L}{3\,.V_G^2.\cos^2\varphi_G}\ P_G^2 \qquad \text{(I.6)}$$

Donc

$P_L = \left(\frac{R_L}{V_G^2.\cos^2\varphi_G}\right) . P_G^2$ (I.7)

L'expression générale des pertes en fonction de la puissance générée est donnée par :

$P_L = B_{11}.P_G^2$ (I.8)

I.9.b. Cas de deux générateurs

La figure I.10, représente le cas de deux générateurs fournissant la puissance demandée à travers deux lignes.

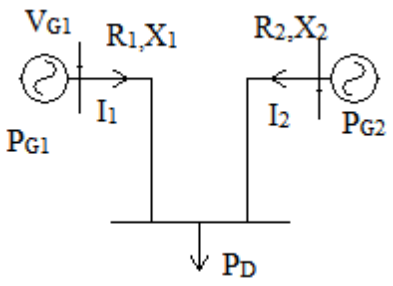


Figure I. 2: Ligne avec deux générateurs**.**

En se basant sur l'expression (I.6) on peut écrire dans ce cas :

$P_L = \left(\frac{R_{L1}}{V_{G1}^2.\cos^2\varphi_{G1}}\right) . P_{G1}^2 + \left(\frac{R_{L2}}{V_{G2}^2.\cos^2\varphi_{G2}}\right) . P_{G2}^2$ (I.9)

De la même manière, nous obtenons l'expression générale des pertes en fonction des puissances générées qui sont données par :

$P_L = B_{11}.P_{G1}^2 + B_{22}.P_{G2}^2$

I.9.c. Cas de deux générateurs et trois lignes

En considère le schéma de la figure I.11 :

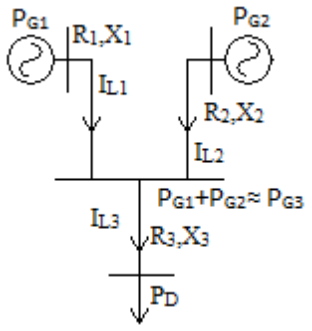


Figure I.3: Ligne avec trois générateurs**.**

En adoptant le même principe que dans les deux cas précédents, nous obtenons l'expression:

PL=3. (R_{L1}. $|I_{L1}|^2$+R_{L2}.$|I_{L2}|^2$+R_{L3}.$|I_{L3}|^2$)

Sachant que les courants dans les trois lignes peuvent être exprimés sous la forme:

$$\begin{cases} |I_{L1}| = \dfrac{P_{G1}}{\sqrt{3}.V_{G1}.\cos\varphi_{G1}} \\ |I_{L2}| = \dfrac{P_{G2}}{\sqrt{3}.V_{G2}.\cos\varphi_{G2}} \\ |I_{L3}| = \dfrac{P_{G3}}{\sqrt{3}.V_{G3}.\cos\varphi_{G3}} \end{cases}$$

Avant de développer la méthode de résolution du dispatching avec pertes, nous allons d"abord chercher l'expression générale de ces pertes en fonction des puissances générées. En remplaçant les courants dans l'expression (I.9), on obtient:

$$P_L = \left(\frac{R_{L1}}{V_{G1}^2.\cos^2\varphi_{G1}}\right).P_{G1}^2 + \left(\frac{R_{L2}}{V_{G2}^2.\cos^2\varphi_{G2}}\right).P_{G2}^2 + \left(\frac{R_{L3}}{V_{G3}^2.\cos^2\varphi_{G3}}\right)(P_{G1}+P_{G2})^2 \quad \text{....(I.10)}$$

Ou bien :

$$P_L = \left(\frac{R_{L1}}{V_{G1}^2.\cos^2\varphi_{G1}} + \frac{R_{L3}}{V_{G3}^2.\cos^2\varphi_{G3}}\right).P_{G1}^2 + \left(\frac{R_{L2}}{V_{G2}^2.\cos^2\varphi_{G2}} + \frac{R_{L3}}{V_{G3}^2.\cos^2\varphi_{G3}}\right).P_{G2}^2 + 2\left(\frac{R_{L3}}{V_{G3}^2.\cos^2\varphi_{G3}}\right).(P_{G1}+P_{G2})$$

L'expression générale est alors donnée par :

$PL=B_{11}P_{G1}^2+2.B_{12}P_{G1}P_{G2}+B_{22}P_{G2}^2$

D'une manière générale, on obtient l'expression générale des pertes suivante :

$$P_L = \Sigma_{i=1}^{n}\Sigma_{j=1}^{n} P_{Gi}\,.\,B_{ij}\,.\,P_{Gj}$$

Avec,

$\boldsymbol{i}$ et $\boldsymbol{j}$ variant de 1 à n.

$\boldsymbol{n}$: Nombre de générateurs.

I.10. 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 II

Généralités sur les algorithmes génétiques

II.1. Introduction

Le développement de l'informatique, de l'automatisme et des interfaces homme machine a créé une innovation dans le domaine du génie électrique et surtout dans les réseaux électriques ; on parle aujourd'hui de réseaux électriques intelligents « smart grids » qui sont une combinaison d'une infrastructure électrique avec une intelligence embarquée que l'on peut lui associer (logiciel, automatismes, transmission et traitement de l'information). **[19]**

L'introduction des techniques de l'intelligence artificielle, dans les logiciels de commande et de décision est un élément essentiel dans la recherche et dans le développement des réseaux de demain. Ces techniques sont principalement : les réseaux de neurones, la logique floue, les algorithmes génétiques,…, etc. **[20]**

On peut dire que l'algorithme génétique est une méthode de programmation qui repose sur le principe de l'évolution dans le processus de la recherche d'une solution adéquate à un problème **[21]**

Les algorithmes d'optimisation peuvent être classés en algorithmes d'optimisation locale et algorithmes d'optimisation globale. Alors que les algorithmes de la première classe sont piégés par le premier minimum qu'ils rencontrent ou sont handicapés par la taille de l'espace de recherche, les algorithmes de la seconde classe ne présentent pas ces inconvénients et permettent de trouver une solution proche de l'optimum global.

Les algorithmes génétiques reposent sur l'analogie entre la théorie de l'évolution naturelle de DARWIN et l'optimisation. Selon la théorie de DARWIN, les individus d'une population les mieux adaptés à leurs environnements ont une plus grande probabilité de survivre et de se reproduire, en donnant des descendants encore mieux adaptés, comme dans les mécanismes naturels de reproduction. **[21]**

Dans ce chapitre nous avons présenté la définition et historique et principe de l'Algorithmes Génétiques (AG) ,puis Quelque terme de base de l'algorithme génétique (Population , Individu , Chromosome , Gène , Fitness) ainsi Les étapes de l'algorithme génétique (population initiale , Evaluation : fitness , Sélection , Croisement , Mutation ,

II.2.Historique

Les algorithmes génétiques, initiés dans les années 1970 par John Holland, sont des algorithmes d'optimisation s'appuyant sur des techniques dérivées de la génétique et des mécanismes d'évolution de la nature : croisement, mutation, sélection. **[22]**

Puis développés par d'autres chercheurs tel que : Jong 1975, Goldberg 1989 et Michalewicz 1994.

La parution en 1989 de l'ouvrage de référence écrit par D.E Goldberg **[23]**. qui décrit l'utilisation de ces algorithmes dans le cadre de résolution de problèmes concrets, a permis de mieux faire connaître ces derniers dans la communauté scientifique et a marqué le début d'un nouvel intérêt pour cette technique d'optimisation, notamment après la parution de puissants calculateurs dans les années 1990.

Actuellement c'est l'une des méthodes les plus diffusées et les plus utilisées dans la résolution des problèmes d'optimisations dans de nombreux domaines d'applications**[23].**

II.3. Principe

Les algorithmes génétiques (AG) sont des méthodes utilisées dans les problèmes d'optimisation. Elles tirent leur nom de l'évolution biologique des êtres vivants dans le monde réel.

Ces algorithmes cherchent à simuler le processus de la sélection naturelle dans un environnement défavorable en s'inspirant de la théorie de l'évolution proposée par C.Darwin.

Dans un environnement, « les individus » les mieux adaptés tendent à vivre assez longtemps pour se reproduire alors que les plus faibles ont tendance à disparaître (the survival of the fittest). **[24]. [25]**.

Dans un problème d'optimisation à '*n*' variables, nous faisons correspondre un gène à Chaque variable cherchée. Chaque gène est représenté par une chaîne de caractères choisis Dans un alphabet fini (souvent binaire). **[25]**

Les gènes s'enchaînent ensemble "bout à bout" pour construire un chromosome, chaque chromosome représentant une solution potentielle sous une forme codée. Ces chromosomes constituent les briques de base contenant les caractéristiques héréditaires des individus. **[24]**

Un chromosome (ou plusieurs) forme un individu qui représente à son tour une solution potentielle dans l'espace de recherche correspondant du problème. Etant donné que les algorithmes génétiques travaillent sur un ensemble de points de l'espace de recherche, nous appelons l'ensemble des points choisis (à savoir les individus) une population. Au fur et à mesure des générations (itérations), une population des individus mieux adaptés va être créée. **[25]**

II.4. Présentation

Les techniques de recherche et d'optimisation sont en général classées en trois catégories **[26]**. Énumératives, déterministes et stochastiques. Les AG font partie de la troisième catégorie et quatre caractéristiques les distinguent des autres techniques d'optimisation.:

***** Ils utilisent un codage des paramètres et non les paramètres eux-mêmes.
***** Ils travaillent sur une population d'individus (ou de solutions).
***** Ils n'utilisent que les valeurs de la fonction à optimiser, pas sa dérivée, ou une autre connaissance auxiliaire.
***** Ils utilisent des règles de transition probabilistes et non déterministes. **[27]**

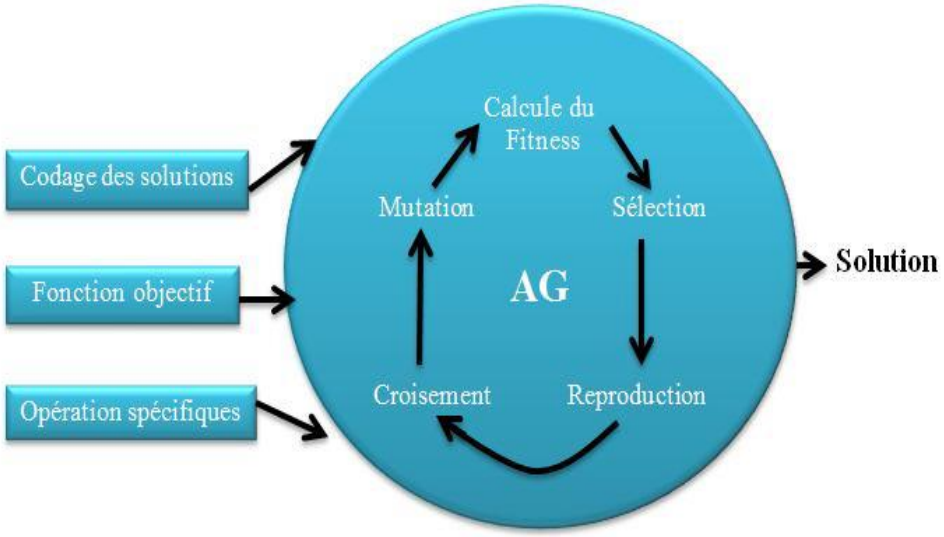


Figure II.1: vue d'ensemble d'un algorithme génétique.

II.5. Les algorithmes génétiques

Les algorithmes génétiques (AG) se sont des techniques de recherche et d'optimisation stochastiques qui se base à la science de génétique ainsi que les mécanismes de la sélection naturelle et de l'évolution. Ils appartiennent à la famille des algorithmes évolutionnistes (un sous-ensemble des métaheuristiques).

Les algorithmes génétiques occupent une place très important dans le domaine d'optimisation où leurs champs d'application est très larges par exemple : optimisation des fonctions (coût, émission des gaz toxiques ou pertes de puissance), planification ou bien d'autres domaines.

Le vocabulaire employé est directement reproduit sur celui de la théorie de l'évolution et de la génétique. Nous parlerons donc d'individus (solutions potentielles), de population, de gènes (variables), de chromosomes, de parents, de descendants, de reproduction, de croisement, de mutations, etc.… **[28]**

Quelque terme de base de l'algorithme génétique :

Population : ensemble fini d'individus (*de solution*).

Individu : solution potentielle du problème ou expression des chromosomes.

Chromosome : solution potentielle du problème sous une forme codée (*forme de Chaîne de caractères*) ou ensemble des gènes.

Gène : partie élémentaire (*caractère*) non divisible d'un chromosome.

Fitness : terme qui désigne la fonction d'évaluation d'un individu. Cette Fonction est liée à la fonction à optimiser et permet de définir le degré de performance d'un individu (*donc d'une solution*). **[29]**

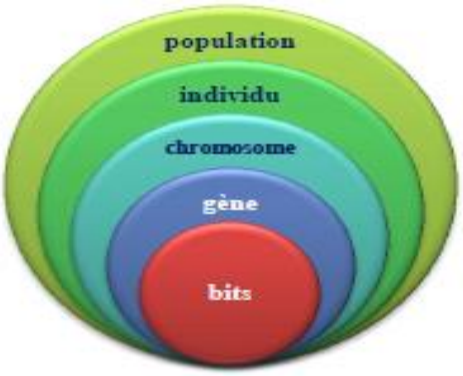


Figure II.2: Les quatre niveaux d'organisation des AG.

II.5.1. Le but de ces algorithmes génétiques

Le but de ces algorithmes génétiques est d'optimiser une fonction prédéfinie, appelée fonction objectif, ou fitness ; ils travaillent sur un ensemble de solutions candidates, appelé "population" d'individus ou chromosomes (on utilisera indifféremment individu ou chromosome). Ces derniers sont constitués d'un ensemble d'éléments, appelés "gènes", qui peuvent prendre plusieurs valeurs, appelées "allèles". **[30]**

II.5.2. la différence fondamentale entre ces algorithmes et les autres méthodes[30]

1. Les algorithmes génétiques utilisent un codage des paramètres, et non les paramètres eux mêmes.

2. Les algorithmes génétiques travaillent sur une population de points, au lieu d'un point unique.

3. Les algorithmes génétiques n'utilisent que les valeurs de la fonction étudiée, pas sa dérivée, ou une autre connaissance auxiliaire.

4. Les algorithmes génétiques utilisent des règles de transition probabilistes et non déterministes

II.5.3. Les étapes de l'algorithme génétique[30]

L'algorithme génétique commence par une génération d'une population initiale de P_{size} individus, pour lesquels nous calculons leurs fitness et nous sélectionnons les individus par une méthode de sélection. Ces individus seront manipulés par un opérateur de croisement qui les choisit selon une probabilité P_{cross}. Leurs résultats peuvent être mutés par un opérateur de mutation avec une probabilité de mutation P_{mut}. Les phases de sélection et de recombinaison (croisement et mutation) permettent de générer une nouvelle population d'individus, qui ont de bonne chances d'être plus forts que ceux de la génération précédente. Les individus issus de la phase de recombinaison seront insérés par une méthode d'insertion dans la nouvelle population, dont nous évaluons la valeur de la fonction objectif de chacun de ses individus. De génération en génération, la force des individus de la population augmente et un test d'arrêt sera effectué pout décider quand arrêter l'algorithme. La figure II.3 présente un schéma de fonctionnement général de l'algorithme génétique. Les différentes étapes de ce dernier sont présentées, en détail, dans les sections suivantes.

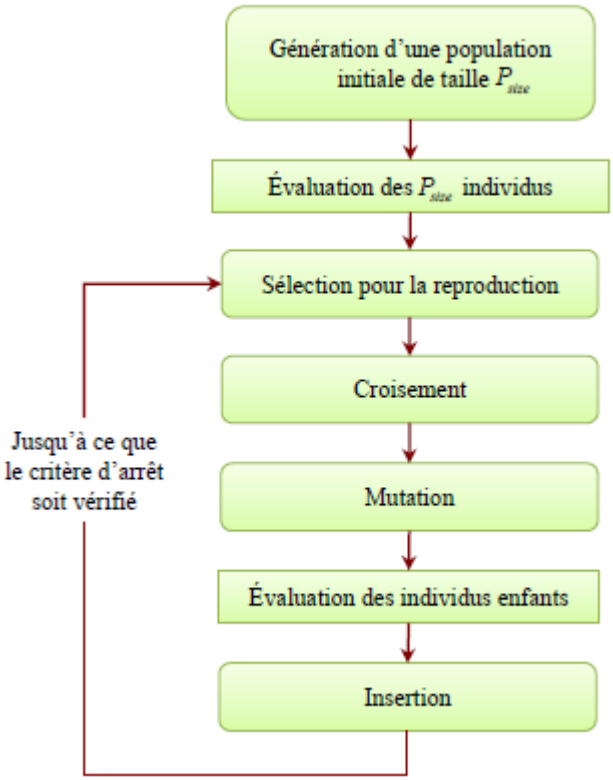


Figure II.3: Fonctionnement général de l'algorithme génétique**.**

II.5.3.a. Codage[31]

Le premier pas dans l'implantation des algorithmes génétiques est de créer une population d'individus initiaux. Chaque individu de la population est codé par un chromosome.

Une population est donc un ensemble de chromosomes. Chaque chromosome code un point de l'espace de recherche. L'efficacité de l'algorithme génétique va donc dépendre du choix du codage d'un chromosome.

Deux types de codages ont été présentés dans la littérature : le codage direct et le codage indirect (Guillaume et al., 2001) **[31]**. Si le chromosome représente implicitement la solution, le codage est direct. Par contre, si le chromosome contient un ensemble d'informations spécifiques à un problème donné et la solution du problème est obtenue après une transformation, le codage est indirect.

Un chromosome est représenté sous forme de chaînes de bits 0-1. Ce codage binaire a permis de résoudre beaucoup de problèmes, mais il s'est avéré que, pour des problèmes d'ordonnancement, il est plus pratique d'utiliser un codage entier des chromosomes. Ce codage permet d'augmenter l'efficacité de l'algorithme génétique.

Il y a trois principaux types de codage utilisables, et on peut passer de l'un à l'autre

relativement facilement :

- **LE CODAGE BINAIRE**

Chaque gène dispose du même alphabet binaire {0, 1}. Un gène est alors représenté par un entier long (32 bits), les chromosomes qui sont des suites de gènes sont représentés par des tableaux de gènes et les individus de notre espace de recherche sont représentés par des tableaux de chromosomes.

- **LE CODAGE REEL**

Cela peut-être utile notamment dans le cas où l'on recherche le maximum d'une fonction réelle.

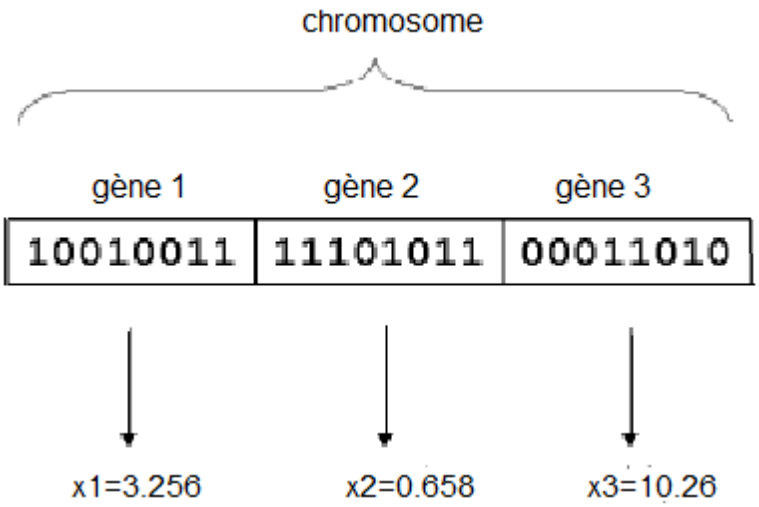


Figure II.4: illustration schématique d'un codage réel.

- **LE CODAGE DE GRAY**

Le codage de Gray est un codage qui a comme propriété qu'entre un élément n et un élément n + 1, donc voisin dans l'espace de recherche, un seul bit diffère. **[32]**

Le Tableau II.1 montre un exemple du code binaire et le code Gray pour des variables entières allant de 0 et 7. On voit que la distance de Hamming est de 1 pour chaque entier dans le code Gray, alors que pour les nombres binaires, pour passer de 3 à 4, la distance de Hamming est de 3. **[29]**

Tableau II.1: Code de Gray et code binaire pour une chaîne à trois bits**.**

Variables entières	Code binaire	Code Gray
0	0 0 0	0 0 0
1	0 0 1	0 0 1
2	0 1 0	0 1 1
3	0 1 1	0 1 0
4	1 0 0	1 1 0
5	1 0 1	1 1 1
6	1 1 0	1 0 1
7	1 1 1	1 0 0

II.5.3.b. Génération de la population initiale

Plusieurs mécanismes de génération de la population initiale sont utilisés dans la littérature (Caux et al., 1995).**[33]** Le problème principal dans cette étape est le choix de la taille de la population. Si la taille de la population est trop grande, le temps de calcul augmente et demande un espace mémoire important. Par contre, une population de taille très petite, la solution obtenue n'est pas satisfaisante. Il faut donc trouver le bon compromis. **[34]**.

II.5.3.c. Evaluation : fitness

Une fonction d'évaluation est utilisée pour mesurer les performances de chaque individu, qui correspond à une solution donnée du problème à résoudre. Cette fonction permet d'évaluer la capacité d'un individu à survivre en lui affectant un poids appelé fitness. La force de chaque chromosome de la population est calculée afin que les plus forts soient retenus dans la phase de sélection, puis modifiés dans la phase de croisement et mutation.

La fonction d'évaluation dépend d'un problème à un autre. Par exemple, dans le cas des problèmes d'ordonnancement, cette fonction peut prendre différents critères (makespan, retard, etc.) **[34]**.

II.5.3.d. Sélection

La sélection a pour objectif d'identifier les individus qui doivent se reproduire. Cet opérateur ne crée pas de nouveaux individus mais identifie les individus sur la base de leur fonction d'adaptation, les individus les mieux adaptés sont sélectionnés alors que les moins bien adaptés sont écartés **[34]**. La sélection doit favoriser les meilleurs éléments selon le

critère à optimiser (minimiser ou maximiser). Ceci permet de donner aux individus dont la valeur est plus grande une probabilité plus élevée de contribuer à la génération suivante (figure II.5).

Il existe plusieurs méthodes de sélection, les plus connues étant la « roue de la fortune » et la « sélection par tournoi » :

La « roue de la fortune » est la plus ancienne, où chaque individu, de la population de taille maximale J_{max}, occupe une section de la roue proportionnellement à sa fonction d'adaptation Fitness(j), la probabilité de sélection d'un individu (j) s'écrit :

$$\text{Prob(j)} = \frac{\text{Fitness(j)}}{\sum_{J=1}^{J\,Max} \text{Fitness(j)}}$$

À chaque fois qu'un individu doit être sélectionné, un tirage à la loterie s'effectue et propose un candidat, les individus possédant une plus grande fonction d'adaptation ayant plus de chance d'être sélectionnés. à chaque fois qu'il faut sélectionner un individu, la « sélection par tournoi » consiste à tirer aléatoirement (k) individus de la population, sans tenir compte de la valeur de leur fonction d'adaptation, et de choisir le meilleur individu parmi les k individus.

Le nombre d'individus sélectionnés a une influence sur la pression de sélection, lorsque k =2, la sélection est dite par «tournoi binaire».

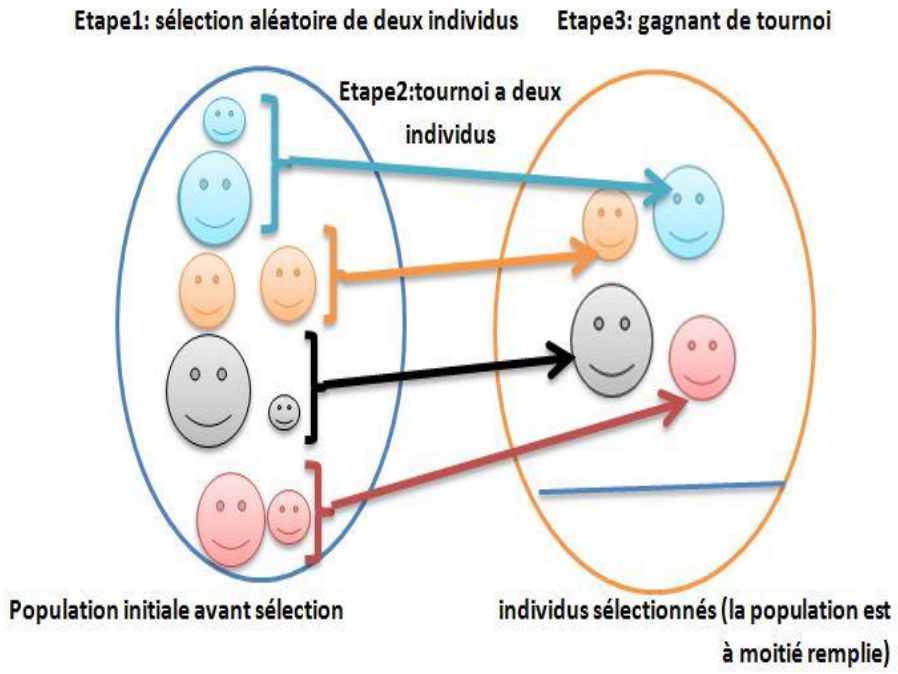


Figure II.5: représentation d'une sélection par tournoi d'individus pour un critère de maximisation (chaque individus représente une solution possible)

II.5.3.e. Croisement

Le croisement permet de créer de nouvelles chaînes en échangeant de l'information entre deux chaînes (figure . II.6). Le croisement s'effectue en deux étapes. D'abord les nouveaux éléments produits par la reproduction sont appariés, ensuite chaque paire de chaînes subit un croisement comme suit : un entier k représentant une position sur la chaîne est choisi aléatoirement entre 1 et la longueur de chaîne (l) moins un (l -1). Deux nouvelles chaînes sont créées en échangeant tous les caractères compris entre les positions k +1 et l inclusivement. **[34]**.

L'exemple suivant (figure II.6) montre deux chaînes (A1 et A2) de longueur l = 5 appartenant à la population initiale. Les deux nouvelles chaînes (A3 et A4) appartenant à la nouvelle population sont obtenues par croisement à la position k = 5 :

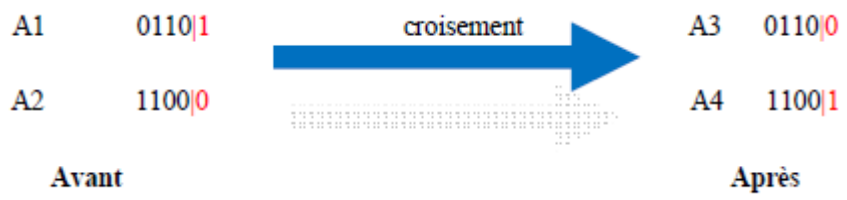


Figure II.6: Représentation d'un croisement en un point de deux chaînes. [34]

II.5.3.f. Mutation

La mutation est exécutée seulement sur une seule chaîne. Elle représente la modification aléatoire et occasionnelle de faible probabilité de la valeur d'un caractère de la chaîne, pour un codage binaire cela revient à changer un 1 en 0 et vice versa (figure .II.7). Cet opérateur introduit de la diversité dans le processus de recherche des solutions et peut aider l'AG à ne pas stagner dans un optimum local. **[34]**

- ✓ **Mutation sur un codage binaire[34]**.

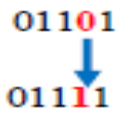


Figure II.7: Représentation d'une mutation de bits dans une chaîne.

- ✓ **. Mutation sur un codage réel[34]**

Un élément tiré avec la probabilité Pm

574907.23

On tire un élément de bruit ε que l'on ajoute

574907.23+ ε

Elément muté

II.6. Processus d'évolution des générations : générationnel, stationnaire et élitiste

Traditionnellement, les AG sont générationnels. Les individus de chaque génération sont testés et une nouvelle population en entier est générée, le nombre de descendants produits est donc égal au nombre d'individus parents.

Les deux populations ne se chevauchent pas **[35]**. La nouvelle population d'individus enfants est formée à chaque génération. Cependant, certains individus enfants peuvent être une copie conforme des parents qui n'ont pas été perturbés ni par un croisement ni par une mutation.

La stratégie de remplacement stationnaire (steady-state) diffère de l'AG générationnel.

Dans cette approche, il y a seulement un ou deux individus qui sont générés à la fois **[36]**. Il peut y avoir différentes façons de sélectionner « l'individu victime » à supprimer de la population. Par exemple, on 11 peut sélectionner un individu aléatoirement ou sélectionner celui qui a la plus petite fonction d'adaptation. Dans ce type d'AG, les nouveaux individus générés sont ajoutés à la population et peuvent immédiatement être sélectionnés comme parents de nouveaux individus **[35]**.

Approche élitiste (élitiste model) .

Les opérateurs de croisement et de mutation peuvent affecter le meilleur individu d'une génération. Le modèle élitiste a pour avantage d'écarter la possibilité de perdre cet individu. Ce modèle copie le meilleur individu de chaque génération dans la population de la génération suivante. Ce modèle peut accélérer la vitesse de domination exercée par ce super individu sur la population **[36]**.

II.7. Opérateurs de croisement[36]

Il existe d'autres opérateurs de croisement :

1- Croisement en un seul point : Dans ce type de croisement, un point de croisement est choisi aléatoirement pour le couple la position de ce point M est définie par:

$$M \in \{1,2,3,\ldots,IS-1\}$$

IS: La longueur de chromosome (nombre de bits dans le chromosome).

Le croisement en un seul point a l'avantage d'être simple et facile à appliquer. De plus, ce type de croisement donne de bons résultats dans des applications où certaines informations importantes sur le problème sont déjà connues. Enfin, pour des problèmes d'optimisation en temps réel ou des problèmes ayant un grand nombre de variables, cette méthode peut donner une convergence rapide vers une solution optimale

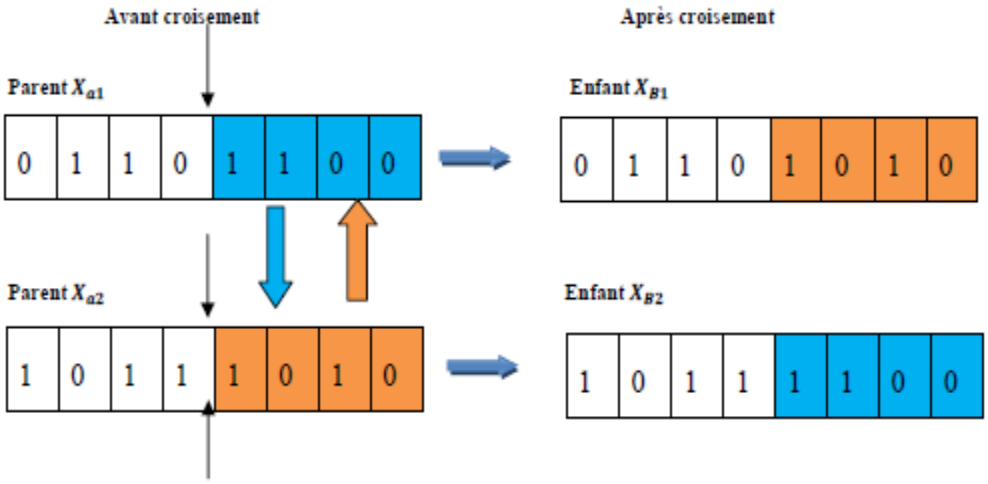


Figure II.8: Croisement en seul point**.**

2- Croisement en deux points : on choisit au hasard deux points de croisement et on échange les parties de chaîne situées entre ces deux points fig. (II.9).

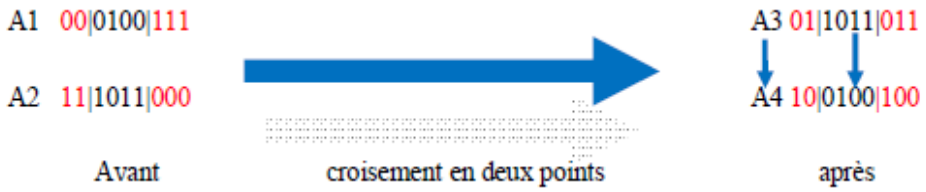


Figure II.9: Représentation d'un croisement en deux points**.**

Exemple

Il consiste à trouver le maximum de la fonction f(x)=4x(1-x) sur l'intervalle [0,1] où x est un entier.

La première étape consiste à coder la fonction. Par exemple, nous utilisons un codage binaire de x, la séquence (chromosome) contenant au maximum 8 bits.

Solution

1- Max de f(x)=4x(1-x) sur l'intervalle [0,1]

2- Tirage d'une population initiale de 4 éléments codés sur 8 bits

3. Evaluation et Sélection des individus:

– les “*meilleurs*” sont “*plutôt*” conservés ou “transformés”,

– les “*mauvais*” sont “*plutôt*” éliminés.

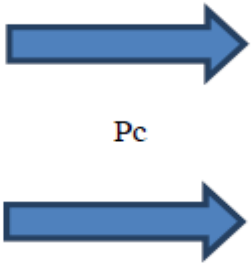
4- Formation d’une nouvelle population de 4 individus

Eléments	*f(x)*	% repr	Cu mul
10111010	0.794678	0.79/2.59=0.31	0.31
11011110	0.460693	0.46/2.59=0.18	0.49
00011010	0.364990	0.36/2.59=0.14	0.63
01101100	0.975586	0.97/2.59=0.37	1.00
	2.59594		

On tire 4 nombres entre 0 et 1: 0.47, 0. 18, 0.89 et 0.75

L’implantation de la sélection peut se faire de plusieurs façons. La plus facile est peut - être la roue de roulette biaisée, ou la probabilité de reproductif on d’un individu dépend de sa valeur par rapport au total des valeurs de la population.

Eléments selection
11011110
10111010
01101100
01101100



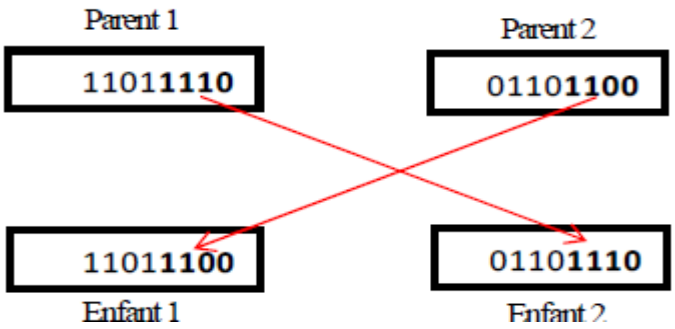
Eléments Choisis pour le croisement

On tire les éléments destinés à se croiser avec la probabilité Pc

Croisement des individus 1 et 3

Les deux éléments issus de la sélection

On tire une position parmi les 8 bits : 4



Population final	f(x)
11011100	0.980225
10111010	0.794678
01101110	0.483398
01101100	0.975586

Meilleur individus

On réitère ensuite la procédure Apres 100 générations (2,5 sec.), le meilleur élément est : x=0,499959. **[36]**

II.8. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté tout d'abord une vue générale sur les algorithmes génétiques, leurs paramètres et les principaux opérations et principe des algorithmes génétiques.

Les méthodes métaheuristiques utilisées montrent leur efficacité en traitant les problèmes complexes et en obtenant une solution approchée pour résoudre le problème de Dispatching Economique. Les résultats obtenus sont acceptables et très proches par comparaison des différentes Méthodes.

Nous pouvons conclure que ceux-ci sont des algorithmes simples de conception et peuvent résoudre des problèmes assez complexes avec une bonne précision. Cependant, ils

présentent certaines limites et des difficultés. Ces difficultés reposent sur le choix des critères d'arrêt : la taille de la population, le nombre de générations, la probabilité de croisement et de mutation et les techniques à utiliser pour les réaliser. Le bon choix de ses paramètres exige une bonne connaissance du système à étudier et le problème à résoudre**.**

Chapitre III

Applications et résultats

III.1. Introduction

Le réseau électrique est une liaison entre les centres de production et les centres de consommation. L'énergie produite sera transportée par des lignes hautes et très haute tension puis par des lignes de la distribution (moyenne tension) et enfin par des lignes basse tension aux consommateurs selon les indices de qualités**[15]**

L'énergie électrique est produite en même temps qu'elle est consommée ; alors en permanence, la production doit s'adapter à la consommation.

Les expériences en intelligence artificielle ont traditionnellement consisté à essayer de reproduire le comportement des êtres humains - les organismes vivants les plus intelligents et leur application au logiciel. Cette approche a eu un certain succès, mais la simulation antérieure du comportement humain était plutôt limitée. Quelques problèmes que la plupart des gens savent à résoudre à l'avance, Les méthodes d'intelligence computationnelle, telles que l'informatique évolutive, donnaient à l'ordinateur la possibilité de résoudre des problèmes complexes sans s'appuyer sur l'expérience humaine, mais tentaient de tirer parti du mécanisme d'évolution (proposé dans la théorie de Darwin) et de le transformer en un modèle informatique à titre d'exemple procédural. Living a pour objectif de s'adapter au milieu environnant pour assurer sa survie et le processus d'évolution évolue sans cesse vers ce qui est optimal.

L'amélioration des performances des systèmes informatiques a rendu les algorithmes génétiques attrayants pour résoudre certains problèmes difficiles à résoudre dans un délai raisonnable en utilisant les méthodes traditionnelles.

Le problème de dispatching économique des puissances joue un rôle très important dans l'exploitation des l'énergie électrique afin de répartir judicieusement les puissances générées par l'ensemble des centrales électriques. En plus de l'aspect économique, la résolution du problème de dispatching économique permet d'assurer la sécurité des limites des générateurs et une bonne transmission des puissances et réduire les pertes et améliorer le coût.

Dans ce but les chercheurs de nos jours ont tendance à utiliser les méthodes de l'intelligence artificielle, à savoir les réseaux de neurones, recuit simulé, tabau search, les algorithmes génétiques ….etc.

En ce qui concerne ce travail on a choisit la méthode des algorithmes génétiques pour sa robustesse et sa fiabilité testée.

Dans ce chapitre nous avons atteint les résultats des recherches précédentes visant à améliorer la valeur des pertes et des coûts sur le réseau électrique, alors que nous cherchons à améliorer ces valeurs en termes de réduction de ces coûts et pertes et de répondre à la demande des clients.

III.2. La méthode utilisée

III.2.1. Algorithmes Génétiques

Les chromosomes constituent un élément fondamental de la génétique biologique. Les chromosomes se croisent entre eux, se mutent et un nouvel ensemble de chromosomes est généré. Sur la base de, leurs convenances certains des chromosomes survivent et d'autres disparaissent. Ce processus est répété pendant de nombreuses générations et finalement le meilleur ensemble de chromosomes basé sur l'exigence imposée survivra. C'est le processus naturel de la génétique biologique.

L'algorithme mathématique équivalent au comportement ci-dessus utilisé comme technique d'optimisation est appelé algorithme génétique artificiel.

Les GA sont des algorithmes de recherche conventionnels dans le sens où ils considèrent simultanément plusieurs points dans l'espace de la recherche. Ils travaillent avec une chaîne de nombres représentant le jeu de paramètres et se basent sur des règles probabilistes pour guider la recherche en considérant de nombreux points de L'espace de recherche pour réduire le risque de convergence vers les minima locaux. Le processus de l'AG suit l'algorithme suivant : **[37].**

1. Une population initiale de solution aléatoire est créée.

2. Chaque membre de la population se voit attribuer une valeur d'aptitude basée sur son évaluation par rapport au problème actuel.

3. Une solution avec une valeur d'aptitude élevée est plus susceptible de générer de nouvelles solutions pendant la reproduction.

4. Le nouvel ensemble de solutions remplace l'ancien, une génération est terminée et le processus se poursuit à partir de l'étape (2).

Considérons le problème pour maximiser la fonction *f(x)* dont la variable *x* varie de "*m*" à "*n*". La fonction *f(x)* s'appelle la fonction fitness. La population initiale de chromosomes est générée de manière aléatoire. C-à-d les valeurs de la variable "*x*" sont sélectionnées de

manière aléatoire dans la plage "*m*" à "*n*". Soient x_1, x_2… ..x_L, où «*L*» est la taille de la population. Notez qu'on les appelle chromosomes dans un contexte biologique .

Les opérations génétiques telles que le croisement et la mutation sont effectuées pour obtenir *« 2L »* chromosomes comme décrit ci-dessous.

Deux chromosomes de la population actuelle sont choisis au hasard (c.-à-d.) sélectionnez deux nombres de la population actuelle. L'opération de croisement génère deux autres nombres y_1 et y_2 en utilisant les nombres sélectionnés.

Soient les nombres choisis au hasard sont x_3 et x_9.

y_1 est calculée comme suit :

$\{ y_1=r.x_3+(1-r).x_9 \}$

y_2 est calculé comme suit :

$\{ y_2=(1-r)x_3+r.x_9 \}$

où '*r*' est une valeur aléatoire générée entre 0 et 1.

La même opération est répétée "*L*" fois pour obtenir "*2L*" chromosomes nouvellement générés. L'opération de mutation est effectuée pour le résultat obtenu pour générer «*2L*» chromosomes mutés. Le nombre « y_1 » généré est muté pour donner z_1 calculé mathématiquement comme suit :

$\{ z_1= r_1*y \}$

où r_1 est un nombre aléatoire généré entre 0 et 1.

Ainsi, le nouvel ensemble de chromosomes après croisement et mutation est $[z_1\ z_2\ z_3 \ldots z_{2L}]$.

Parmi les «*2L*» valeurs générées après les opérations génétiques, *«L»* valeurs sont sélectionnées par la loi de la roulette.

III.2.2. Règle de sélection suivant la loi de la roulette

Considérons la roue divisée en différents secteurs, Laisser le pointeur '*p*' en position fixe et faire pivoter la roue de sorte que la roue puisse tourner librement. C'est la configuration de la roulette. La roue est tournée et laissée

Jusqu'à se qu'elle s'arrête, le secteur pointé par le pointeur est sélectionné. Ainsi, la sélection du secteur particulier parmi les secteurs disponibles est appelé règle de sélection de la roulette.

Dans le flux génétique, les valeurs «L» à partir des valeurs «2L» obtenues après croisement et Les mutations sont sélectionnées en simulant mathématiquement la roue de roulette.

La roulette est formée de *"2L"* secteurs où la surface de chaque secteur est proportionnelle à $f(z_1)$, $f(z_2)$ $f(z_3)$… *et* $f(z_{2L})$ respectivement, où «$f(x)$» est la fonction de fitness comme décrit ci-dessus. Ils sont disposés en rangées pour former le vecteur de mise en forme $[f(z_1), f(z_2)\ f(z_3)\ldots f(z_{2L})]$. Ce vecteur est normalisé pour en fin former le vecteur de fitness normalisé $[f_n(z_1), f_n(z_2)\ f_n(z_3)\ldots f_n(z_{2L})]$, de sorte que la somme des valeurs du vecteur de fitness normalisées deviennent 1.

La valeur normalisée de $f(z_1)$ est calculée comme suit:

$$f_n(z_1) = f(z_1) / [f(z_1) + f(z_2) + f(z_3) + \ldots\ldots f(z_{2L})].$$

La distribution cumulée du vecteur de fitness normalisé obtenu est comme suit:

$$[f_n(z_1) \quad f_n(z_1)+ f_n(z_2) \quad f_n(z_1)+ f_n(z_2)+ f_n(z_3) \ \ldots\ 1].$$

La génération du nombre aléatoire "*r*" simule la rotation de la roulette

Comparez le nombre aléatoire généré avec les éléments du vecteur de distribution cumulatif. Si « $r < f_n(z_1)$» et « $r > 0$», le nombre «z_1» est sélectionné pour la prochaine génération. De même si '$r < f_n(z_1) + f_n(z_2)$ 'et' $r > f$

L'opération ci-dessus définie la simulation de la rotation de la roulette Notez que le nombre correspondant au plus grand secteur a plus de chance pour la sélection.

La meilleure valeur est choisie parmi la dernière génération correspondant à la valeur de fitness la plus pertinente.

III.3. Paramètres et donnés

La charge totale est de 259 MW et le nombre de générateurs est 2.

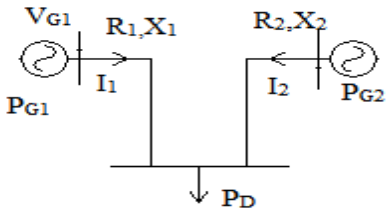


Figure III. 1: Ligne avec deux générateurs**.**

La fonction coût est donnée par la formule suivante :

$$F_T = \sum_{i}^{n} a_i P_{G_i}^2 + b_i P_{G_i} + c_i$$

Dans notre cas

$$F_T = a_1 P_{G_1}^2 + b_1 P_{G_1} + c_1 + a_2 P_{G_2}^2 + b_2 P_{G_2} + c_2 \qquad \text{(III. 1)}$$

Pour les pertes on les a calculés à partir de la formule approximative (B-coefficients)

$$\mathrm{P_L} = \mathrm{B_{11}P_{G1}^2} + \mathrm{B_{22}P_{G2}^2} + \mathrm{B_{12}P_{G1}P_{G2}} \qquad \text{(III.2)}$$

Où: B_{11} = 0,000319; B_{22} = 0,000305; B_{12} = 0,000125

Et en fin l'équation à résoudre est :

$$\mathrm{P_{G1}} + \mathrm{P_{G2}} - 0.000319\mathrm{P_{G1}^2} - 0.000305\mathrm{P_{G2}^2} - 0.00025\mathrm{P_{G1}P_{G2}} - 259 = 0 \text{ (MW)} \qquad \text{(III.3)}$$

Sous les contraintes: (les plages de fonctionnement de l'unité en MW):

$135 \leq P_{G1} \leq 195$;

$70 \leq P_{G2} \leq 145$;

Ces valeurs pour P_{G1} et P_{G2} sont prises au hasard par population et compensées dans l'équation (III. 2)

De plus, dans l'équation (III.3), ces valeurs P_{G2} et P_{G1} doivent satisfaire à l'exigence suivante:

$P_{production}$ - P_L- $P_{Demande}$ = 0 Ensuite, nous prenons les P_{G2} et P_{G1} de la population sélectionnée dans l'équation (III.1) et nous essayons à nouveau d'identifier une gamme de solutions proximales et de passer au processus de croissement qui aide la population à

sélectionner de meilleures valeurs que la précédente. Trouver la meilleure solution et tout ce travail pour parvenir à la réduction de coût souhaitée.

III.5. Discussion des résultats

Expérience 1

Supposons que les valeurs sélectionnées seront déterminées dans les intervalles :

$135 \leq P_{G1} \leq 195$

$70 \leq P_{G2} \leq 145$

1)- Valeur du coût à comparer : 984.5586 ($/h) et la valeur des pertes à comparer : 18.60 MW (valeurs dans la littérature (Naama))

Le critère d'arrêt on l'a fixé à la valeur du coût ≤ 990 ($ / h)

On a trouvé :

P_{G1} = 160.9439 MW

P_{G2} = 115.0419 MW

P_L = 16.92842 MW

$F_1(P_G)$ = 987.5332 ($ / h)

Commentaire

Valeur des pertes $\mathbf{P_L}$ s'est améliorée relativement

16.92842 MW < 18.60 MW

Mais Nous notons que la valeur du coût calculé que nous avons obtenu est encore loin de la valeur coût comparé

987.5332 ($ / h) > 984.5586 ($ / h)

Remarque : Nous prenons en considération les pertes, mais nous nous concentrons beaucoup plus sur le coût.

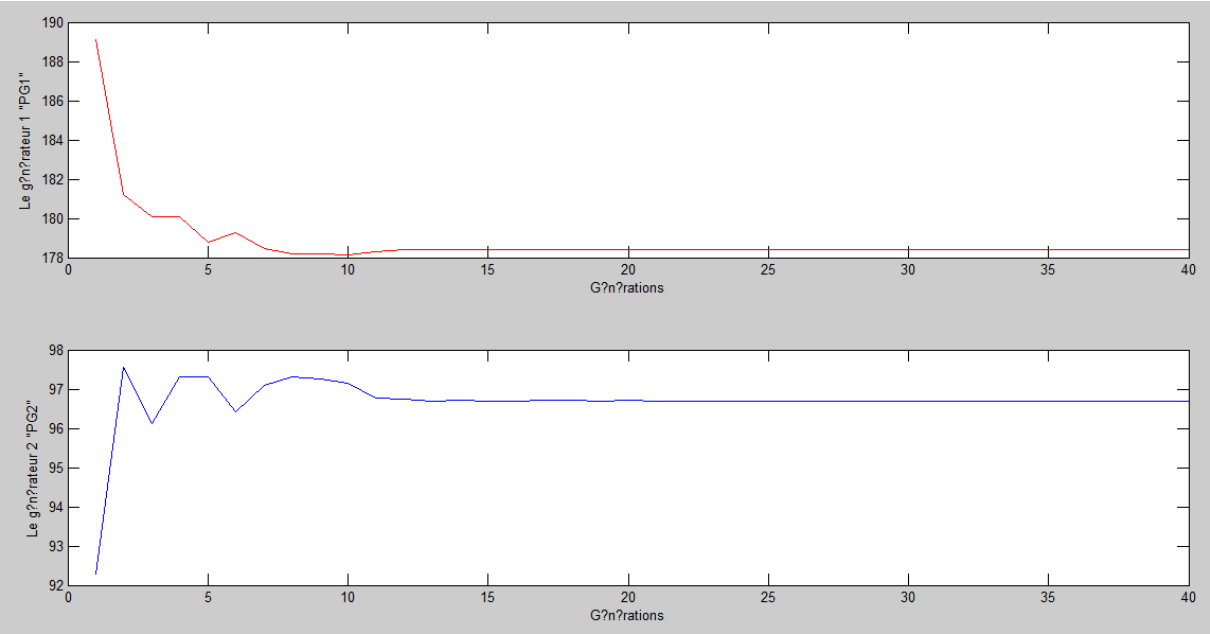


Figure III.1: Variation P_{G1} et P_{G2} en fonction des générations pour l'expérience 1**.**

Nous avons deux courbes: la première courbe représente P_{G1} et La deuxième courbe représente P_{G2} en fonction des générations.

On constate qu'au début P_{G1} et P_{G2} varie beaucoup de telle façon que lorsque P_{G1} diminue P_{G2} augmente et vis-versa et à partir de la 15ème génération ils se stabilisent.

Expérience 2

Dans cette partie nous recommençons le processus en prenant comme référence le résultat précédent

2)- Valeur du coût à comparer : 984.5586 ($/h) et la valeur des pertes à comparer : 18.60 MW

Le critère d'arrêt : la valeur du coût ≤ 984.5586 ($ / h)

On a trouvé :

P_{G1} = 190.8323 MW

P_{G2} = 86.1858 MW

P_L = 17.994308 MW

$F_2(P_G)$ = 982.592359 ($ / h)

Commentaire

La valeur des pertes $\mathbf{P_L}$ s'est améliorée relativement

17.994308 MW < 18.60 MW

Le coût s'est beaucoup amélioré

982.592359 ($ / h) < 984.5586 ($ / h)

Remarque 2

Puisque les résultats se sont relativement améliorés, nous avons donc voulu plus les améliorer.

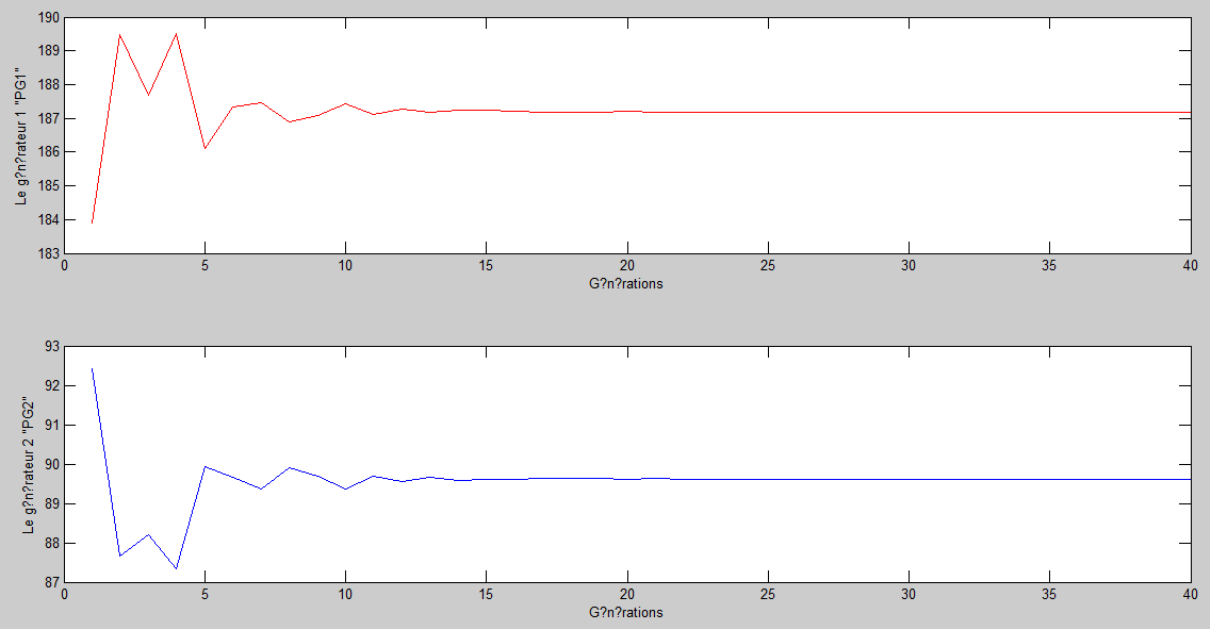


Figure III.2: Variation P_{G1} et P_{G2} en fonction des générations pour l'expérience 2.

Même remarque que précédemment la stabilité se réalise à partir de la 15ème génération.

Expérience 3

3)- Valeur du coût à comparer : 984.5586 ($/h) et la valeur des pertes à comparer : 18.60 MW

Le critère d'arrêt : la valeur du coût ≤ 982.592359 ($ / h)

On a trouvé :

P_{G1} = 187.1709 MW

P_{G2} = 89.5991 MW

P_L = 17.816635 MW

$F_3(P_G)$ = 981.364123 ($ / h)

Commentaire

Les deux valeurs se sont améliorées relativement. 17.816635 MW < 18.60 MW

981. 64123 ($ / h) < 984.5586 ($ / h)

Remarque 3

Vu que les résultats sont en nette progression, nous avons essayé de les améliorer d'avantage.

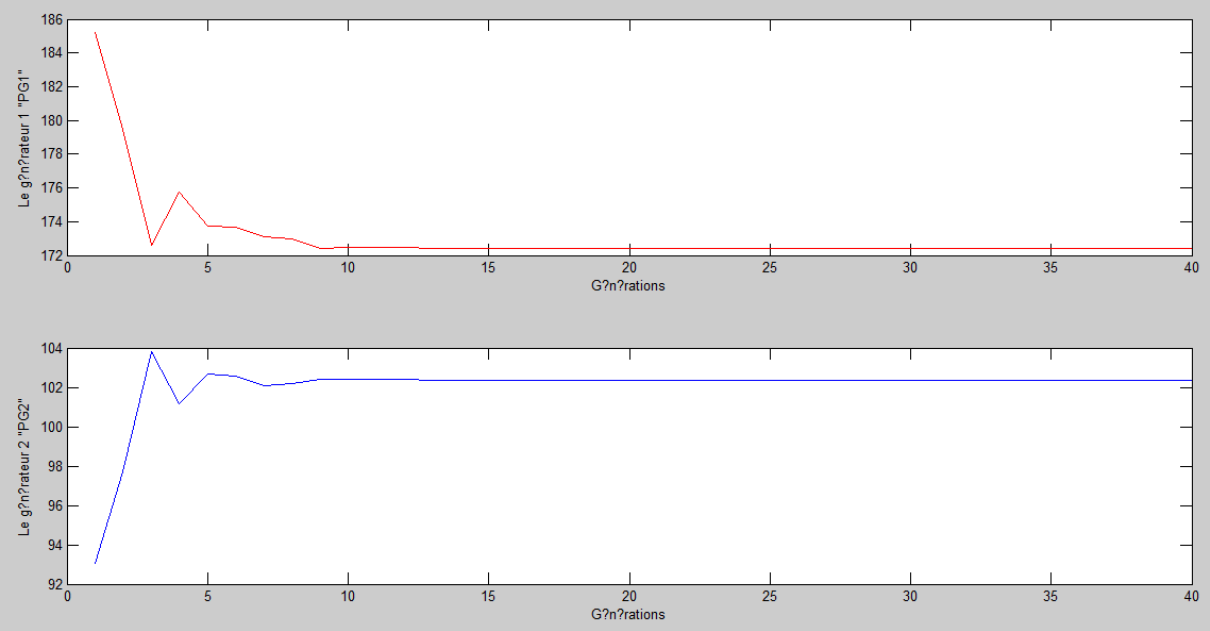


Figure III.3: Variation P_{G1} et P_{G2} en fonction des générations pour l'expérience 3**.**

Toujours même remarque que précédemment mais cette fois ci on constate que la stabilité commence à partir de la 10ème génération.

Expérience 4

4)- Valeur coût comparer = 984.5586 ($ / h) et valeur des pertes comparer = 18.60 MW

Le critère d'arrêt : la valeur du coût ≤ 981. 64123 ($ / h)

P_{G1} = 183.1549 MW

P_{G2} = 93.5428 MW

P_L = 17.653117 MW

$F_4(P_G)$ = 981.198833 ($ / h)

Commentaire

On constate encore une amélioration pour les deux valeurs 17.653117 MW < 18.60 MW

981.198833 ($ / h) < 984.5586 ($ / h)

Remarque 4

Puisque le programme ne cesse de s'améliorer on a essayé d'imposer un critère d'arrêt plus sévère afin d'aboutir à des résultats meilleurs.

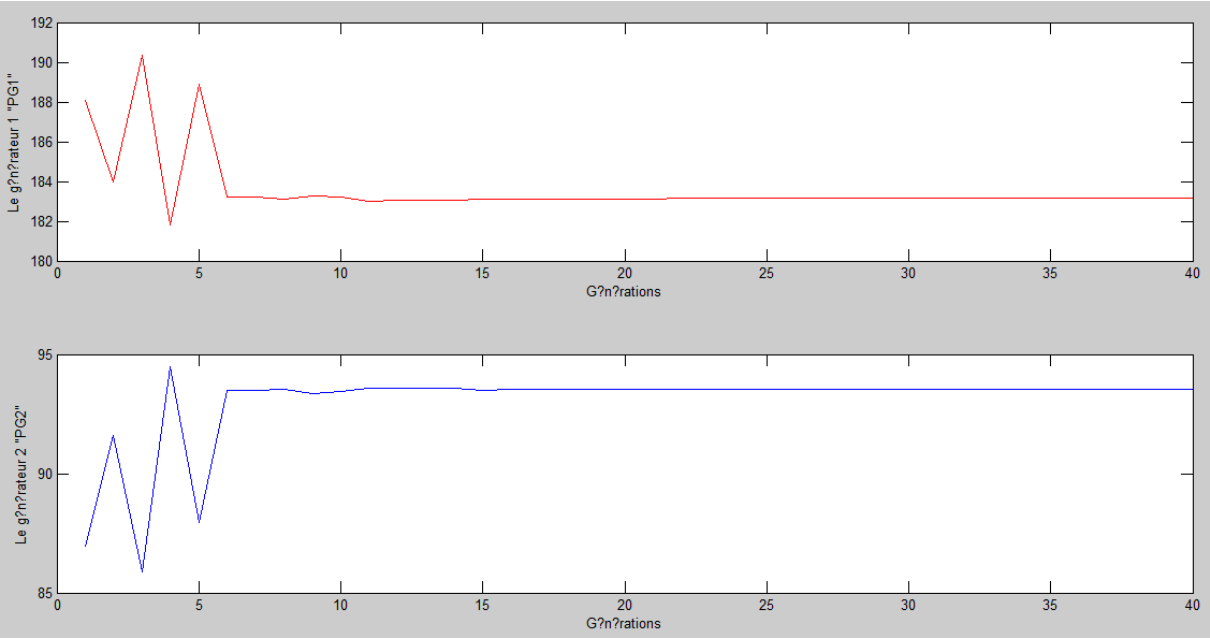


Figure III.4: Variation P_{G1} et P_{G2} en fonction des générations pour l'expérience 4.

Toujours la même remarque mais cette fois la méthode converge rapidement, à partir de la 5ème génération.

Expérience 5

5)-La Valeur du coût à comparer: 984.5586 ($/h) et la valeur des pertes à comparer:

18.60 MW

Le critère d'arrêt : la valeur du coût ≤ 981.198833 ($ / h)

P_{G1} = *185.4472* MW

P_{G2} = 91.2533 MW

P_L = 17.741074 MW

$F_5(P_G)$ = 981.091197 ($ / h)

Commentaire

On constate que le coût s'est encore amélioré mais les pertes se sont un peu augmenté par rapport à l'expérience précédente

17. 741074 MW < 18.60 MW

981. 091197 ($ / h) < 984.5586 ($ / h)

Remarque 5 :

Nous nous attendons à ce que ce résultat soit le meilleur que nous avons atteint .

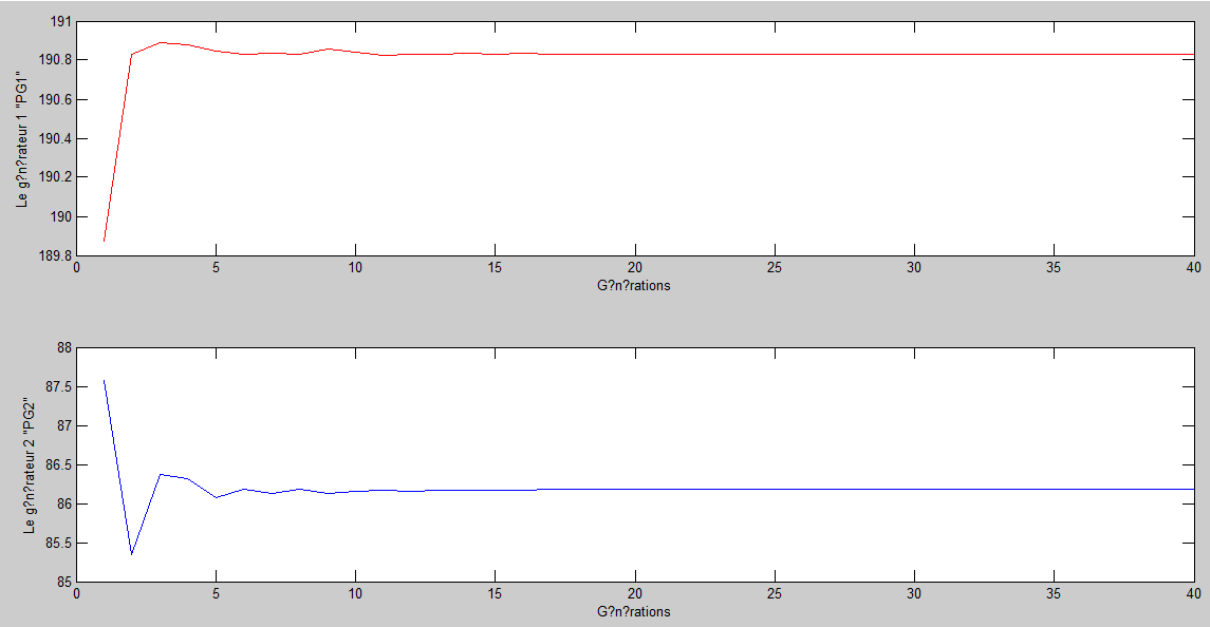


Figure III.5 : Variation P_{G1} et P_{G2} en fonction des générations pour l'expérience 5.

Même remarque que précédemment le programme a convergé à partir de la 10ème génération on peut donc dire que cette méthode est assez rapide

On a essayé après à améliorer les résultats beaucoup plus en imposant des conditions plus sévères mais le programme ne converge pas malgré le grand nombre de tentatives. Nous avons donc décidé de s'arrêter à ce niveau

Tableau III: la compressassions des calcules les pertes et couts. (Tableau récapitulatif)

	Naama Bakhta **[38]**		nos calcules				
	TS	GA	Expér. 1	Expér. 2	Expér. 3	Expér. 4	Expér. 5
P_{G1} (MW)	185,5055	189,3736	160,9439	190,8323	187,1709	183,1549	185,4472
P_{G2} (MW)	90,3114	88,2234	115,0419	86,1858	89,5991	93,5428	91,2533
P_L (MW)	16,8200	18,6000	16,92842	17,994308	17,816635	17,653117	17,741074
P_D (MW)	259,0000	259,0000	259,0573	259,023791	258,953365	259,044583	258,959426
Coût ($/h)	977,7960	984,5586	987,5332	982,592359	981,364123	981,198833	981,091197

Dans le tableau ci-dessus on a regroupé tout les résultats pour mieux les comparer. On remarque que les résultats obtenu par la méthode des algorithmes génétiques sont meilleurs que ceux trouvés dans la littérature par la même méthode mais sont moins bons par rapport à la méthode tabu search qui est apparemment plus adaptée au problème. Nous ce qu'on a conclu que le problème pour la méthode AG se pose pour le choix

III.6. Conclusion

Dans ce travail on a utilisé la méthode des algorithmes génétiques pour résoudre le problème du dispatching économique. Cette méthode a été testée avec succès, les résultats obtenus sont très satisfaisants mais, elle a un petit inconvénient, qui est le choix de la population initiale qui reste un grand handicape.

D'après ce travail on a conclu que si on trouve un moyen de choisir la population initiale adéquate les résultats seront très intéressants.

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. Dans ce présent travail, et après avoir formulé le problème du dispatching économique, nous avons résolus ce problème avec une méthode d′optimisation qui est: les algorithmes génétiques. A travers les résultats du chapitre 3, nous avons remarqué que l'utilisation de L'algorithme génétique GA pour optimiser le problème de dispatching économique donne d′excellents résultats. Et donnent de meilleurs résultats que ceux de la littérature

Aucun réseau au monde n'est exempt de problèmes, et ces problèmes entraînent des pertes économiques pour les sociétés de production, y compris les problèmes de lignes électriques et le coût non économiques.

Dans ce travail, nous avons pris comme référence les résultats du chercheur Naama Bakhta car ils sont fiables puisque ils sont publié dans un journal crédible de ce fait nous voulions les améliorer.

Grâce à la méthode choisie appliquée dans l'environnement Matlab nous avons trouvé des résultats que nous estimons satisfaisants et nous espérons qu'ils soient encore améliorés dans l'avenir.

Bibliographie

[1] L'écoulement de puissance dans les réseaux De distribution
[2] Angar yahia et Allaoua slimane (Minimisation des pertes actives par Algorithme génétique appliquée au réseau électrique Algérien) , Université de Med khider Biskra, Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master en réseaux électriques une. Promotion Juin 2011
[3] Dispatching Economique D'Energie Electrique Par Essaims De Particules Et Algorithmes Génétiques
[4] A. J. Wood, and B. F. Wollenberg. "Power Generation, Operation & Control". New York, John Wiley and Sons, 1994
[5] Goldberg, D., 1989. Genetic algorithm in search, optimisation and machine learning. Addison Wesley.

[6] 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.

[7] 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.
[8] 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.
[9] Operateur du système électrique Algérien**.** http://www.ose.dz**.**
[10] 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 Bejaia.2011**.**
[11] Sihem Bouri « Optimisation de la production et de la structure d'énergie électrique par les colonies de fourmis ». Thèse de Doctorat Université de Jilali Liabès sidi belabess, 2007.
[12] Slimani Linda « Contribution à l'application de l'optimisation par des méthodes métaheuristiques à l'écoulement de puissance optimal dans un environnement de l'électricité dérégulé » Thèse de doctorat université de Batna 12/2009.
[13] Draidi Abd Ellah « Répartition économique de l'énergie électrique utilisant les techniques d'intelligence artificielle». Thèse de magister, département d'électrotechnique université de Constantine ,2010.
[14] F.Benhamida,R .Belhachem, A.Bendaoued ,Y.Ramdani.« Résolution de dispatching optim al en combinant l'écoulement de puissance pour le calculdes pertes ».Acta Electro - echnica ,volume53,number 1,2012.
[15] L.Abdelmalek et M Rahli « Répartition optimale des puissances actives par les méthodes Hessiennes » université d'Oran, Acta Electrotechnica ,volume49,number 2,2008.
[16] F.Benhamida, A.Dahmani, A .Bendaoued ,Y.Ramdani.« un réseau de neurone pour la répartition économique en utilisant le langage G ».Acta Electrotechnica, volume 52, number 3,2011.

[17] A. DRAIDI ; « Répartition économique de l'énergie électrique utilisant les techniques d'intelligence artificielle ». Thèse de Magistère, université Mentouri, Constantine, 2010.

[18] S. TOUATI, M. KHALDI, « Répartition économique des puissances actives utilisant le dispositif TCSC », Mémoire de fin d'étude, Université de Bejaïa, 2012.

[19] Les "Smart Grids" ou "Réseaux Intelligents" http://www.enerzine.com/14/8562+les-smart-grids-ou-reseaux-intelligents+.html, 10/2009

[20] M. T. Haque, A.M. Kashtiban, "Application of neural networks in power systems; a review", World academy of science, Engineering and technology, 6/2005, pp 53-57.

[21] C. Eyquem et A. Montaut, Les Algorithmes Génétiques, 21 juin 2001

[22] Philippe Audebaud TE de fin d'année Tutorat. Soutenu le 21/06/2004.

[23] Goldberg E. D., "Genetic Algorithms in Search Optimization and Machine Learning," Addison-Wesley publishers, 1989.

[24] Michalewicz Z., Deb K., Schmidt M. et Stidsen TH. (1999). "Evolutionary algorithms for engineering applications". pp.73-94. Dans"Evolutionary algorithms in engineering and computer science: recent advances in genetic algorithms, evolution strategies, evolutionary programming, genetic programming and industrial applications". Edité par : Makela M., Miettinen K., Neittaanmaki P. et Periaux J., Chichester; New York: Wiley, 500 p.

[25] Tomassini M. (1999). "Parallel and distributed evolutionaryalgorithms: Review". pp.113-133. Dans : "Evolutionary algorithms in engineering And computer science: recent advances in genetic algorithms, evolution strategies, evolutionary programming, genetic programming and industrial applications". Édité par : Makela M., Miettinen K., Neittaanmaki P. et Periaux J., Chichester; New York: Wiley, 500 p.

[26] Coello Coello, Carlos A.,**Van Veldhuizen D.A.** et **Lamont G.B.** 2002. Evolutionary Algorithms for Solving Multi-Objective Problems. Kluwer Academic Publishers, New York 576 p.

[27] Goldberg D.E., (1994) (1989).. Algorithmes génétiques : exploration, optimisation et apprentissage automatique. Traduction de l'anglai américain) par Vincent Corruble. Éditions Addison-Wesley France, 417 p. Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning. Addison Wesley Longman, 412 p.

[28] Cours de l'enseignant Me. NAIMI Djemai. Université de Biskra 2012

[29] DRDI Leila. Thèse de doctorat de (INRS-ETE, 2005).

[30] d' Un algorithme génétique pour l'ordonnancement robuste: application au problème du flow shop hybride 36 P

[31] Guillaume et al., 2001 une approche basée sur la simulation pour résoudre le problème du job shop périodique à contraintes linéaires. Proceedings d'une Conférence Internationale de Modélisation et de Simulation, Troyes, France, pages 199– 203. 39

[32] Dispatching Economique D'EnergieElectrique Par Essaims De Particules Et Algorithmes Génétiques

[33] Caux, C., H. Pierreval et M. Portmann, 1995. Les algorithmes génétiques et leurs applications aux problèmes d'ordonnancement. Revue d'Automatique de Productique et d'Informatique Industrielle, 29(4-5) :409–443.

[34] Deb K. (2000), (1999).. Introduction to selection.:"Evolutionary computation1 :advanced algorithms and operators". Édité par : Bäck T., Fogel D.B., et Michalewicz Z.; Institute of Physics Publishing, Bristol and Philadelphia, 331 p."Evolutionary Algorithms for Multi-Criterion Optimization in Engineering design", pp. 135-161. Dans : "Evolutionary algorithms in engineering and computer science: recent advances in genetic algorithms, evolution strategies, evolutionary programming, genetic programming and industrial

applications". Édité par : Makela M., Miettinen K., Neittaanmaki P.et Periaux J., Chichester; New York: Wiley, 500 p .

[35] Langdon W.B. (1998). " Genetic programming and data structures:genetic programming + data structures = automatic programming !". Boston: Kluwer Academic Publishers, 278 p.

[36] Ryan C. (2000), (1995). Automatic Re-Engineering of Software using Genetic Programming. Kluwer Academic Publishers, 140 p. . "Niche and species formation in genetic algorithms". Dans :Practical handbook of genetic algorithms: applications, volume 1. Édité par : Lance Chambers, pp. 57-74

[37] Ladd, S.R."Genetic Algorithm in C++", M &T Books, New York, USA 1996.

[38] B. Naama, H. Bouzeboudja, Y. Ramdani, A. Chaker « Hybrid Approach to the Economic Dispatch Problem Using a Genetic and a Quasi-Newton Algorithm». Acta journal, Electrotechnica and Informatica, Vol. 8, N°3, 2008, ISSN 1335-8243

```
clear all, close all
pop=0:0.001:9;
pos=round(rand(1,10)*9000)+1;
pop1=pop(pos);
BEST=[];
for iter=1:1:100
col1=[];
col2=[];
for do=1:1:10
r1=round(rand(1)*9)+1;
r2=round(rand(1)*9)+1 ;
r3=rand;
v1=r3*pop1(r1)+(1-r3)*pop1(r2);
v2=r3*pop1(r2)+(1-r3)*pop1(r1);
col1=[col1 v1 v2];
end
sect=fcn(col1)+abs(min(fcn(col1)));
sect=sect/sum(sect);
[u,v]=min(sect);
c=cumsum(sect);
for i=1:1:10
r=rand;
c1=c-r;
[p,q]=find(c1>=0);
if(length(q)~=0)
col2=[col2 col1(q(1))];
else
col2=[col2 col1(v)];
end
end
pop1=col2;
s=fcn(pop);
plot(pop,s)
[u,v]=max(fcn(pop1));
```

```
BEST=[BEST;pop1(v(1)) fcn(pop1(v(1)))];
hold on
plot(pop1,fcn(pop1),'r.');
M(iter)=getframe;
pause(0.3)
hold off
[iter pop1(v(1)) fcn(pop1(v(1)))]
end
pop1=col2;
s=fcn(pop);
plot(pop,s)
[u,v]=max(fcn(pop1));
BEST=[BEST;pop1(v(1)) fcn(pop1(v(1)))];
hold on
plot(pop1,fcn(pop1),'r.');
M(iter)=getframe;
pause(0.3)
hold off
[iter pop1(v(1)) fcn(pop1(v(1)))]
end
for i=1:1:14
D(:,:,:,i)=M(i).cdata;
end
figure
imshow(M(1).cdata)
figure
imshow(M(4).cdata)
figure
imshow(M(10).cdata)
figure
imshow(M(30).cdata)
```

---

fcn m

```
function [res]=fcn(x)
```

```
res=x+10*sin(5*x)+7*cos(4*x)+sin(x);
```