الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DR. YAHIA FARES DE MEDEA
FACULTE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE

Département du Génie Électrique et de l'Informatique

Projet fin étude

Pour l'obtention du Diplôme Master en Génie Electrique

Option : réseau électrique

THEME

Dispatching optimal par les algorithmes génétique

Proposé et dirigé par

DR. SEBAA KARIM

Préparé et présenté par

M. SKENDER MOHAMED.

M. GUEMANA BRAHIM.

Année Universitaire 2013-2014

Dédicaces

Au nom d'Allah le Miséricordieux le très miséricordieux.

J'ai l'immense honneur de dédier ce mémoire :

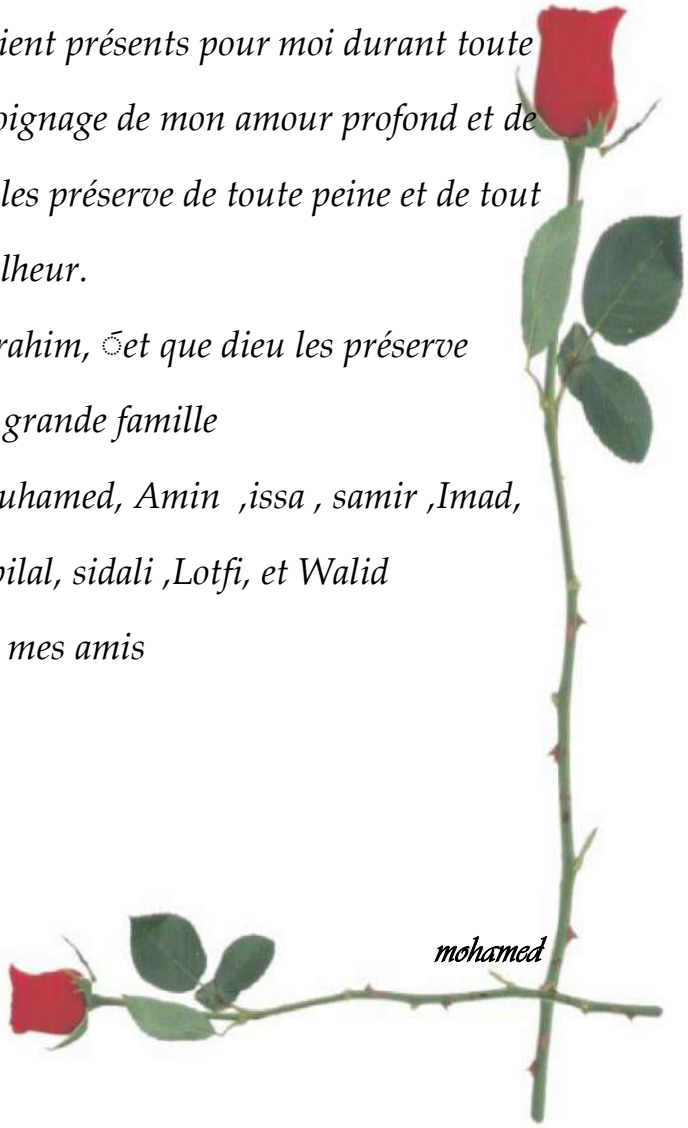
A mes très chers parents qui étaient présents pour moi durant toute ma vie, qu'ils trouvent ici le témoignage de mon amour profond et de ma gratitude certaine. Que Dieu les préserve de toute peine et de tout malheur.

A mes frères housin , bilal,brahim, et que dieu les préserve

A toute ma grande famille

A mes amis brahim,youcef , Mouhamed, Amin ,issa , samir ,Imad, adel, Younes, Farouk, bilal, sidali ,Lotfi, et Walid

et tous mes amis



mohamed

Résumé

La contribution essentielle de ce mémoire est l'application de deux techniques méta-heuristiques à la résolution du problème de dispatching économique, donc plusieurs objectifs ont été envisagés à savoir optimisation de l'écoulement de puissance statique, minimisation du cout de production de l'énergie électrique avec pertes de transmission ,détermination de l'état optimal de chaque générateur interconnecté dans le réseau électrique autrement dit résolution du problème de dispatching économique dynamique tout en traitant dans ce cas plusieurs types de contraintes et fonctions objectifs telles que la fonction de cout quadratique, et les contraintes de limitation inferieures et supérieures des générateurs, notant que ses objectifs sont calculés à la fois avec pertes dont la méthode utilisée pour les calculées est la méthode coefficient B.

Mots Clés :
Dispatching économique, Méthodes d'Optimisation classique, Algorithmes Génétiques.opf

Réseau algérois. Lagrangien .

Abstract :

The main contribution of this thesis is the application of two technical meta-heuristics to solve the problem of economic dispatch, so many goals have been considered namely optimizing the flow of static power, minimizing the cost of producing the power with transmission losses, determining the optimal state of each generator interconnected into the grid ie solving the problem of dynamic economic dispatch while dealing in this case several types of constraints and objective functions such as the quadratic cost function and the constraints of lower and upper limits of generators, noting that its targets are calculated with both losses that the method used for the method is calculated coefficient B.

Key Words :

opf, Economic dispatch, classic Optimization Methods, Algorithms Génétiques. opf Network Algiers. Lagrangian.

Résumé

Dédicace
Remerciements
Résumé
Sommaire……I
Nomenclature……IV
Liste de tableaux……..…...IX

Liste de Figures…….XI

Introduction générale……1

Chapitre I : généralité sur les systèmes énergétique.

I-1 : Introduction……....3

I-2 : Ecoulement de puissance optimal……...…3

I-3 : caractéristique des systèmes électriques…….4

I-3 -1 : Réseau de transport.....…...7

I-3 -2 : la consommation électrique ……...…8

I-3 -3 : Fluctuation de la consommation ……....9

I-3 -4 : Equilibre du système électrique ……...……10

I-3 -5 : limite thermiques des lignes électrique en fonctionnement normal …….11

I-4 : Dispatching Economique …….12

I-5 : caractéristique de coût .....…..14

I-6 : Variantes de la caractéristique du coût de combustible ……...……14

I-7 : caractéristique avec plusieurs types de combustible ……15

I-8 : caractéristique avec des zones de fonctionnement prohibées ……..16

I-9 : Libéralisation de marché de l'électricité ……..17

Conclusion ……...……18

Chapitre II : Solution du problème de dispatching par les méthodes conventionnelle.

II-1 : Introduction ……... …..19

II-2 : Equations de l'écoulement de puissance ……...19
II-2-1 : Structure du réseau électrique ……19
II-2-2 : tenue de tension ……...20
II-3 : Modélisation des composants du réseau électrique ……21
II-3-1 : Générateurs .....…...21
II-3-2 : transformateurs de puissance .....…...21
II-3-3 : Lignes de transmission ……22
II-3-4 : Charges électrique ……22
II-3-5 : Eléments shunt ……...23
II-4 : Formulation des équations de l'écoulement de puissance ……24
II-5 : problème de l'écoulement de puissance ……...26
1- Jeu de barres référence ……27
2- Jeu de barre à tension contrôlée ……...27
II-5-1 : Méthode de résolution du problème de l'écoulement de puissance ……29
II-5-1-1 : Méthode Newton-Raphson ……29
II-5-1-2 : Méthode découplée rapide ……31
II-5-2 : transit et pertes de puissance dans les lignes ……33
II-6 : Méthodes conventionnelles pour résoudre le problème de dispatching économique.....34
II-6-1 : problème du dispatching économique ……..34
II-6-2 : Solution du dispatching économique sans pertes ……35
II-6-2-1 : la méthode de Kuhn-Tucker ……36
II-6-2-2 : la méthode du gardien ……...38
II-6-2-3 : Application au dispatching économique ……...39
II-6-2-4 : La méthode d'itération de Lambda ……..41
II-6-3 : dispatching économique avec pertes ……..42
II-6-3-1 : Première approche (utilisation d'une expression mathématique des pertes) 42
II-6-3-2 : Deuxième approche (utilisation de L'OPF) ……43
a- Organigramme synoptique de l'algorithme ……44
b- Facteur de pénalité ……44
c- Critère de convergence ……46

II-6-4 : Désavantage des méthodes conventionnelles ……46

Conclusion ……47

Chapitre III : Principe des algorithmes génétiques

III.1 : Introduction ……48

III.2 présentation des algorithmes génétique ……49

III.3 description des algorithmes génétique …… 49

III.3.1 Codage et initialisation ……50

Remarques ……... 51

III.3.2.évaluations ……..52

III.3.3.sélection ……...52

III.3.3.1.méthode de la roulette de loterie ……...53

III.3.3.2.méthodes du tournoi …… 53

III.3.4. recombinaison ……54

III.3.4.1 croisement. ……54

III.3.4.2 Mutation. ……... 56

III.3.5 Critère d'arrêt ……57

III.4 réglage des paramètre d'un (AG) …… 57

III.5 exemple d'application …….. 58

III.5.1 Exemple 1 ……..58

Remarque …….. 60

Conclusion ……..…….65

Chapitre IV : programmation st résultat.

Introduction ……66

IV-1. Présentation du réseau algérien ……..66

IV.2 : Formulation du Problème ……67
IV.3 : Forme mathématique ……...67

IV-4. Influence Pc …….. 68

IV-5. Influence p_m ……69

IV-6. Influence de la taille de la population ……71

IV-7. Influence du nombre de génération ……..73

IV-8 Paramètre optimaux ……. 75

Conclusion ……..76

Conclusion générale……77

ANNEX ……78

Bibliographies…….. 83

Nomenclature.

C_t ……cout totale de transmission.

p_{gi} ……..puissance produite par l'unité.

a_i, b_i, c_i …….....coefficient de cout générateur.

$p_g^{\min}$ ……puissance minimale produite le générateur.

$p_g^{\max}$ …… puissance maximale produite le générateur.

p_d ……puissance demandée.

p_{loss} ……pertes de transmission.

ng ……nombre de générateur de production.

B_{ii}, B_{io}, B_{oo} …….facteur de la méthode beta.

a_{ik}, b_{ik}, c_{ik} ..... Coefficient de cout de l'unité i avec le combustible *k.*

$\overline{Z_{km}}$ ..... l'impédance série de la ligne entre les jeux de barres *ket m*

r_{km} ..... La résistance et la résistance série de la ligne entre les jeux de barres *k* et *m*.

x_{km} ..... La résistance et la réactance série de la ligne entre les jeux de barres *k* et *m*.

y_{km} ..... L'admittance shunt par phase.

g_{km} ..... la conductance shunts de la ligne entre les jeux de barres *k* et m.

b_{km} ..... la suspectance shunts de la ligne entre les jeux de barres *k* et m.

z_{ch} ..... L'impédance de la charge.

R_{ch} ..... la résistance de la charge.

x_{ch} ……..la réactance de la charge.

Y_{bus} ……. la matrice admittance nodale

*N*N* du système.

$\overline{Y_{ii}}$ …… L'élément diagonal ii de Y_{bus} .

$\overline{I_i}$ …….. Courant composés injectés aux jeux de barre i.

$\overline{V_m}$ …….. Forme polaire de tension de jeux de barre

e_m ……. la partie réelle de $\overline{V_m}$.

f_m ……. la partie imaginaire de $\overline{V_m}$.

$\overline{Y_{im}}$ ……. l'élément hors diagonale im de Y_{bus}

G_{im} ……. la partie réelle de $\overline{Y_{im}}$

B_{im} ..... la partie imaginaire de $\overline{Y_{im}}$

$\overline{S_i}$ .....la puissance apparente injectée à un jeu de barres i.

P_i ..... l'injection des puissances active au jeu de barres i

Q_i ..... l'injection des puissances réactive au jeu de barres i

P_{Gi} ..... puissances active généré au jeu de barres i

Q_{Gi} ..... puissances réactive généré au jeu de barres i

H,N,G,L ..... les sous matrice de la matrice jacobienne.

H_{ii} ,N_{ii} ,G_{ii} ,L_{ii} ..... Les éléments diagonaux de la matrice jacobienne

H_{im} ,N_{im} ,G_{im} ,L_{im} ..... Les éléments hors diagonaux de la matrice jacobiene.

$V^{(0)}$ ..... valeur initiale de tension au jeux de barre i

$\delta^{(0)}$ ..... valeur initiale de l'angle de déphasage de tension au jeux de barre i

$\Delta\,\delta$ ..... vecteur d'angle.

P^{old} ..... valeur spécifique de la puissance active injecté au jeux de barre i

Q^{old} ..... valeur spécifique de la puissance réactive injecté au jeux de barre i.

Liste de tableau

Chapitre II

Tableau II-1 : données des jeux de barres du réseau électrique 9 bus……28

Tableau II-2 : Données des générateurs du réseau 9 bus……28

Tableau II-3 : Données des lignes du réseau 9 bus……29

Chapitre III

Tableau III.1 : population initiale et résultats de l'évaluation des individus……60

Tableau III.2 : chromosomes de la population intermédiaire……62

Tableau III.3 : Croisement simple à un point……63

Tableau III.4 : population de la génération……64

Chapitre IV

Tableau IV-1 Résultats pour différentes valeurs de croisement ……68

Tableau IV-2 Résultats pour différentes valeurs de mutation .....…...70

Tableau IV-3 Résultats pour différentes valeurs de taille de population……71

Tableau IV-4 Résultats pour différentes valeurs de génération max……..73

Tableau IV-5 résulta pour paramètre optimaux ……..75

Liste de figure

Chapitre I

Figure I.1 : Caractéristique du coût d'un générateur thermique…….....4
Figure I.2 : Courbe de l'accroissement du coût de combustible…….5
Figure I.3 : Topologie d'un réseau électrique moderne……..7
Figure I.4 : Schéma unifilaire d'une ligne électrique ……...8
Figure I.5 : Fluctuation journalière de la charge demandée ……10
Figure I.6 : Limites thermiques, de tension et de stabilité de synchronisme des lignes de transport en fonction du niveau de tension et de leur longueur …….11
Figure I.7 : Schéma unifilaire d'un générateur synchrone alimentant un réseau électrique……...15
Figure I-8 : Courbe de coût du combustible d'une unité thermique avec trois vannes D'admission de vapeur …… 16
Figure I-9 : Courbe de coût du combustible d'une unité thermique avec des zones de fonctionnements prohibées……17

Chapitre II

Figure II.1 : structure de réseau électrique…….20
Figure II.2 : transformateur de puissance avec prise réglable de charge……21
Figure II.3 : modèle en π d'une ligne de transmission……22
Figure II.4 : schéma unifilaire d'une charge électrique……...23
Figure II.5 : schéma unifilaire d'un SVC……23
Figure II.6 : schéma unifilaire d'un réseau électrique IEEE 9 bus……28
Figure II.7 : transit de puissances sur une ligne de transmission……34
Figure II.8 : méthode de gradient……39
Figure II.9 : diagramme synoptique……44

Liste de figure

Chapitre III

Figure III.1 : organigramme d'un algorithme génétique simple……..50

Figure III.2 : le chromosome en codage binaire……..52

Figure III.3 : sélection par la méthode de roue de loterie……53

Figure III.4 : croisement multipoints p=2 en codage binaire……...55

Figure III.5 : croisement uniforme en codage binaire…….56

Figure III.6 : mutation dans le cas d'un codage binaire……..56

Figure III.7 : tracé de la fonction objective…….58

Figure III.8 : représentation des individus de la population initiale sur tracé de la fonction objective……..59

Figure III.9 : l'opération de la sélection par la méthode de la roulette……61

Figure III.10 : sélection des individus pour former la population intermédiaire…….61

Figure III.11 : représentation des individus de la génération 1 sur le tracé de la fonction objective……..64

Figure III.12 : représentation des individus de la dernière génération sur le tracé de la fonction objective……...65

Chapitre IV

Figure IV-1 cout total pour meilleur point de croisement …….. 69

Figure IV-2 cout total pour meilleur point de croisement avec moyenne génération …… 69

Figure IV-3 cout total pour meilleur point de mutation …… 70

Figure IV-4 cout total pour meilleur point de croisement avec moyenne génération …… 71

Liste de figure

Figure IV-5 cout total pour meilleur point de la taille de population …….72

Figure IV-6 cout total pour meilleur point de la taille de population avec moyenne génération ……..72

Figure IV-7 cout total pour meilleur point de la max de génération …….. 74

Figure IV-8 cout total pour meilleur point de la max de génération avec moyenne génération …….74

Figure IV-9 cout total par paramètre optimaux d'algorithme génétique (GA) ……. 75

Figure IV-10 cout total par paramètre optimaux d'algorithme génétique (GA) avec moyenne génération …….. 76

Introduction générale

Le problème de dispatching économique dans ces version statique et dynamique occupe dans nos jours une place déterminante dans la stratégie concurrentielle de l'entreprise, qui se trouve face à face à la libéralisation du secteur d'électricité donc face à une concurrence acharnée, soit pour les nouvelles restrictions liées à l'environnement qu'elle doit les respecter.

Dans cette logique, un faible cout de production représente un challenge pour les sociétés productrices, vue notamment au prix chers de combustibles jours après jours, et les fardeaux supplémentaires liés au traitement des déchets nucléaires qui demande une technologie plus fine.

Dans un autre coté la complexité grandissante du réseau d'aujourd'hui vis-à-vis de sa taille qui comporte des centaines de jeux de barres et de centaines de milliers de kilomètres de lignes de transmission ,vue aussi de sa structure très complexe (réseau interconnecté) ; tous ses facteurs exigent qu'une optimisation de la répartition optimale de puissance active générée constitue une nécessité impérative et un faible cout représente son but primordial.

Notons qu'une optimisation de cette répartition ne doit pas garantir un faible cout de production mais aussi doit accompagne des pertes de transport les plus minimales que possible (dispatching économique avec pertes) vue ces raisons le problème de l'optimisation devient non linaire, et les méthodes conventionnelles (mathématiques ou classiques) se trouvent incapables de le résoudre, car elles se bloquent généralement dans des minimas locaux non global avec un temps de calcul considérable inutile de les appliquées en temps réel (on line).

Les algorithmes évolutionnaires à savoir les algorithmes génétiques (AG), les réseaux de neurones ont une recherche stochastique qui cherchent l'optimum dans une région de l'espace c'est-à-dire chaque fois qu'on teste un point de l'espace avec les points de ses alentours contrairement aux méthodes classiques qui font une recherche

points par points par les operateurs gradient , Hessien qui conduit généralement à un blocage local du processus algorithmique.

Dans ce mémoire on a appliqué les algorithmes génétiques (GA), méthode classique pour la résolution du problème de dispatching économique dynamique tout en envisagent plusieurs critères et objectifs.

Le premier chapitre intitulé généralité sur le système électro-énergétique donne des définitions de base sur la notion de l'ecoulement de puissance optimale, le dispatching économique et fonction objectif, une représentation de la fonction quadratique du cout est montré, quelque définition importantes pour les réseaux électriques, enfin on a terminé par une représentation des différentes variantes de la caractéristique du coût de combustible et leurs modèles mathématiques.

Le deuxième chapitre intitulé solution du problème de dispatching économique par les méthodes conventionnelles traite en détaille les équations de l'écoulement de puissance dans sa première partie. Dans la deuxième partie on a étudié quelques méthodes mathématiques non linaires largement utilisées pour la résolution de notre problème, la méthode de khun- tacker, la méthode de gradient, et la méthode d'itération de lambda sont bien présentées pour solutionner le dispatching économique.

Le troisième chapitre intitulé méthode d'optimisation globale consacré à l'étude des algorithmes génétiques, en effet des définitions de base on été abordées les operateurs de sélection de mutation et de croisement sont bien discutés ainsi le modèle mathématique.

Le quatrième chapitre test est application représente la partie programmation de notre mémoire Il traite en premier lieu d'une manière détaillée le problème de dispatching économique des comparaisons entre les approches proposées sont largement expliquées.

I-1 Introduction

L'exploitation des réseaux électriques pose des nombreux problèmes d'ordre technique et économique. L'exploitant du réseau doit assurer en tout temps et en tout lieu la couverture de l'énergie demandée, de garantir une qualité acceptable de la puissance livrée et de procurer une sécurité d'alimentation élevée avec un coût aussi faible que possible.

L'effondrement du camp socialiste à la fin des années quatre-vingts et l'ouverture du marché concurrentiel d'une part et les prix de plus en plus chers des combustibles d'autre part ont donné au fonctionnement optimal ou économique des systèmes d'énergie électrique une position importante dans la gestion de sociétés productrices. Le problème qui se pose donc est, comment repartir la charge totale du système parmi les unités de générations disponibles de manière à minimiser le coût de production.

Ce chapitre traite le problème du fonctionnement économique des systèmes électro énergétiques, des définitions de base ont été expliquées telles que la fonction objectif, fonction du coût , problème de dispatching économique, différentes types de combustibles utilisés avec leur modélisation .

I-2 Ecoulement de Puissance Optimal.

Un Ecoulement de Puissance Optimal (OPF) est destiné à trouver une solution de l'écoulement de puissance qui optimise une fonction de performance (objectif) comme le coût du combustible, ou les pertes de transmission, tout en veillant à respecter les limites physiques imposées par les équipements du système. Une solution de l'écoulement de puissance est alors obtenue qui, d'une part, est réalisable physiquement, et d'autre part, offre une valeur minimale de la fonction objectif.

I-3 : Caractéristiques des systèmes électriques.

Les caractéristiques technico-économiques des centrales électriques sont déterminantes pour leurs exploitation. Trois types de caractéristiques ont une influence pour l'exploitation d'une centrale électrique à court terme: son coût de production; ses contraintes techniques et sa fiabilité. Le plus important de ces trois caractéristiques est le coût variable de production. Pour les centrales thermiques, il reflète principalement le coût du combustible utilisé et les autres coûts d'exploitation et de maintenance de la centrale. Le coût du combustible est évalué en utilisant des valeurs de consommation spécifiques de chaleur (une quantité d'énergie thermique nécessaire pour produire de l'électricité) de la centrale et le prix du combustible. La valeur de consommation spécifique de chaleur (CSC) est proportionnelle à l'inverse du rendement énergétique: plus la CSC est grande, moins la centrale est performante [1].

La fonction coût a une forme non linéaire qui peut être approximée à une courbe quadratique de type : $a_i + b_i p_{gi} + c_i p^2{}_{gi}$ (I-1)
représentée par la Figure I-1 :

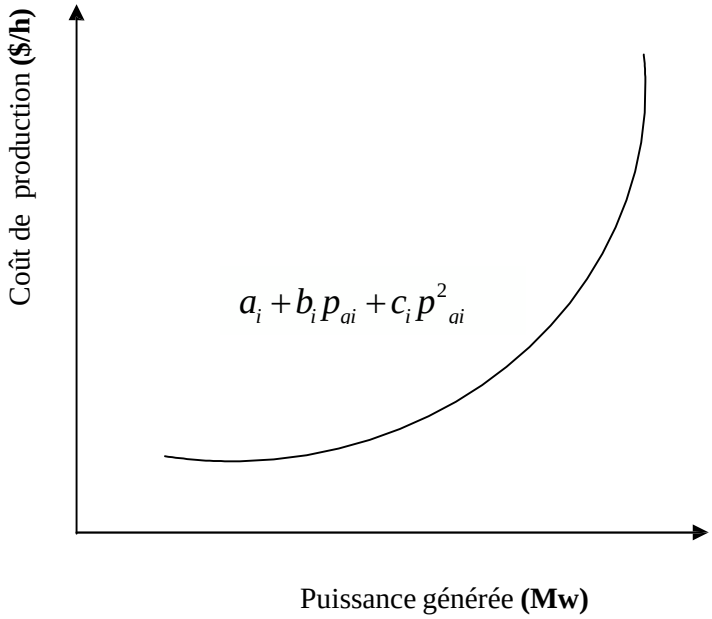
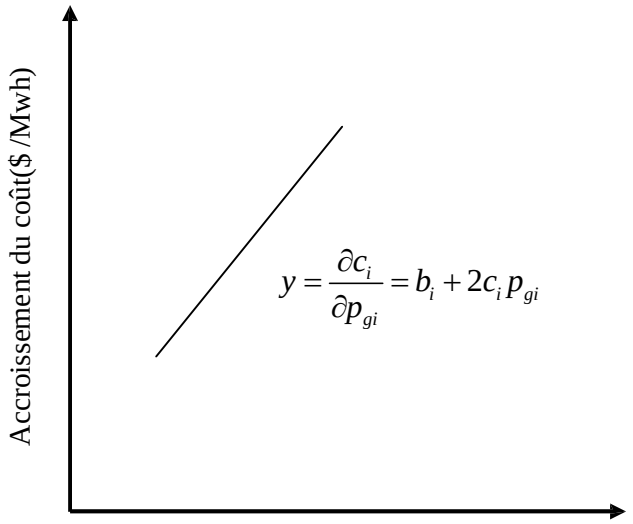


Figure I.1 : Caractéristique du coût d'un générateur thermique

La constante a_i est appelée coût de marche à vide, elle représente le coût pour maintenir la marche d'une unité de production à production nulle. Le coût incrémental (ou marginal) de Production est le coût pour produire une unité supplémentaire

d'énergie. Ce coût est important.

pour prendre les décisions d'exploitation à court terme :



$$y = \frac{\partial c_i}{\partial p_{gi}} = b_i + 2c_i p_{gi} \qquad \text{(I-2)}$$

Figure I.2 : Courbe de l'accroissement du coût de combustible

Outre le coût variable à court terme, d'autres caractéristiques spécifiques sont importantes. à mentionner pour la 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). Par exemple, le coût de démarrage correspond au coût de l'énergie nécessaire pour mettre en fonctionnement toutes les installations 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)[2]. Certaines 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). L'inertie propre des moyens de production limite la vitesse à laquelle les unités de production peuvent changer leur niveau de production.

La vitesse maximale de changement du niveau de production pour une période de temps donné est appelée contrainte de rampe [3]. Il existe aussi un temps minimal pour le démarrage (temps de démarrage).
Enfin, les unités de production présentent différents degrés de fiabilité et d'incertitude. Ce degré de fiabilité peut être interprété comme le degré de précision dans la prévision de la capacité de production d'une centrale. Les erreurs de prévision de capacité peuvent venir du manque de prévision sur la force motrice (par exemple, courant d'eau).

Les erreurs de prévision peuvent venir aussi de la défaillance forcée d'une unité de production ou d'autres facteurs qui l'empêchent d'atteindre leur niveau normal de production. Le cas le plus extrême est quand l'unité n'arrive pas à démarrer comme prévu, ou qu'elle doit être arrêtée complètement pour des problèmes techniques.
Le caractère de flexibilité ou de souplesse de moyens de production à court terme représente la vitesse à laquelle chaque moyen de production peut changer le niveau de sa production après un signal donné. Nous trouvons des moyens de production plus flexibles, comme les centrales hydrauliques (avec réservoir) et les centrales à combustion ou les moteurs diesel (avec des temps de démarrage faibles et des contraintes faibles de rampes).

Par opposition, les centrales nucléaires et les centrales thermiques sont des moyens de production peu flexibles. Il est important de remarquer que cette flexibilité doit être obtenue rapidement après un ordre. Certains moyens de production peuvent avoir un caractère flexible, mais nécessitent plus de temps pour préparer cette vitesse du changement. Par exemple, certaines centrales nucléaires peuvent être programmées la veille pour réaliser des variations assez grandes de production, mais, à une échelle de temps plus proche du temps réel, les variations de production possibles pour ces centrales sont beaucoup moins élevées [4].

I.3.1 Réseau de transport

Le rôle principal du réseau de transport est la liaison entre les grands centres de consommation et les moyens de production. Ce rôle est particulièrement important car on ne peut pas stocker l'énergie électrique à grande échelle à l'heure actuelle. Un réseau de transport doit être exploité d'une manière particulière: il doit être exploité dans les limites de fonctionnement autorisées. Ces limites ou contraintes du réseau sont exprimées par des valeurs maximales ou minimales sur certaines variables du réseau (fréquence, écoulement de puissance sur les lignes ou transformateurs, niveau de tension, etc.). Si ces limites sont dépassées, le réseau risque de devenir instable. Outre les sources classique qui alimentent nos réseaux actuels (centrale thermique, nucléaires, hydrauliques) on trouve les sources renouvelables d'énergie, telles que les centrales solaires, les fermes éoliennes…etc., la Figure I.3 représente une structure topologique d'un réseau moderne [6].

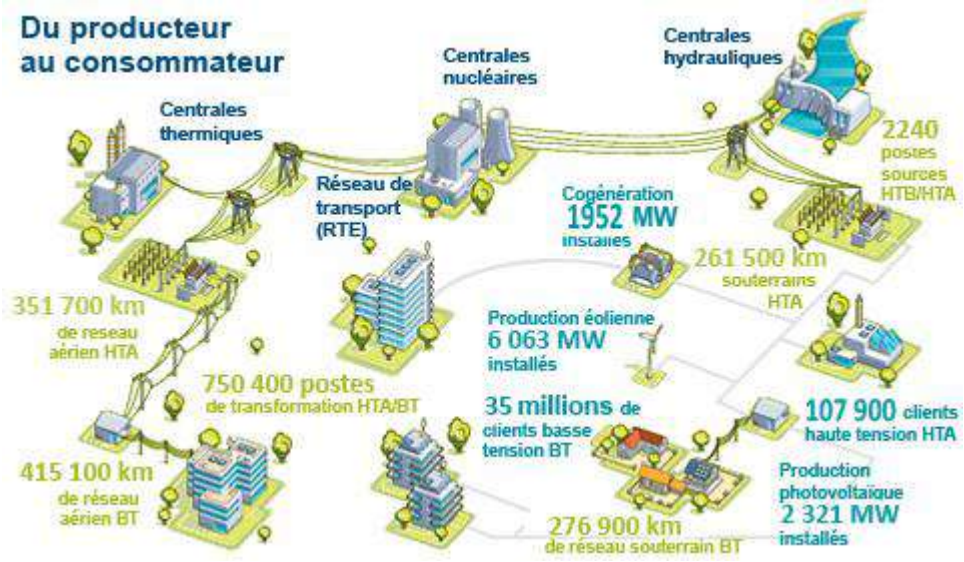


Figure I.3 : Topologie d'un réseau électrique moderne

Les contraintes de capacité de transport sont liées principalement aux flux maximaux de puissance qui peuvent circuler sur chacun des éléments du réseau. Ces contraintes de capacité ont une importance particularité dans les réseaux électriques car les flux d'électricité sont difficiles à contrôler et suivent des chemins gouvernés par les lois de Kirchhoff [7].

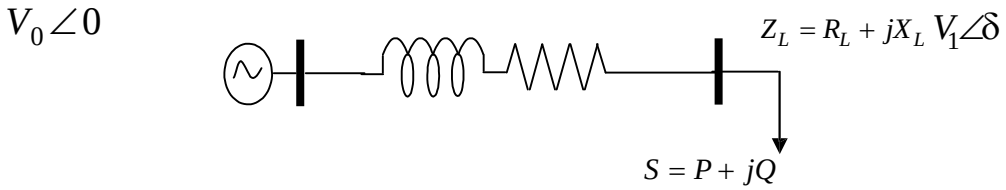


Figure I.4 : Schéma unifilaire d'une ligne électrique

I.3. 2 : La consommation électrique.

Connaître la consommation de l'électricité d'une période future est important pour l'exploitation du système électrique. Pour ce faire, une multitude de variables sont traditionnellement utilisées pour expliquer et prédire le niveau de consommation d'électricité: la température, l'heure de la journée, le jour de la semaine (jour ouvrable, week-end), le prix, etc. L'impact de la plupart de ces variables est lié aux conditions climatiques, aux habitudes de consommation, aux rythmes de vie et au pays considéré.
Naturellement, plus la prévision est réalisée en avance par rapport au moment de la consommation en ce basant sur la courbe historique de consommation moins elle est précise. En effet, les valeurs de ces variables, notamment celles liées aux conditions météorologiques, peuvent se modifier dans ce laps de temps. Une prévision éloignée du temps réel génère des erreurs de prévision, plus ou moins conséquentes. Les prévisions de consommation effectuées plusieurs jours à l'avance se basent principalement sur la combinaison des consommations réelles des jours précédents et la prévision des conditions climatiques. Par exemple, une baisse de la température moyenne de 1° C sur l'ensemble de la France peut entrainer, en hiver, une augmentation de la consommation de plus de 1000 MW (approximativement la taille d'une tranche nucléaire) [8].

Bien que la prévision de la consommation s'affine lorsque l'on s'approche de la période prévue, il existe encore des écarts entre les prévisions faites la veille et la consommation réelle.
Ces écarts, ou erreurs de prévision, peuvent provenir des erreurs de prévision des variables explicatives (Température, nébulosité) ou/et des simplifications de modèle de prévision.

I.3.3 : Fluctuation de la consommation.

La consommation d'électricité varie en permanence: au cours des saisons, au cours d'une journée, en suivant le rythme de l'activité quotidienne et économique et en temps réel en fonction de la météo du moment. Les différentes utilisations individuelles de l'énergie électrique, à chaque moment, se traduisent par de fortes fluctuations de la consommation dans le temps.

Cependant, pour un intervalle de temps d'une demi-heure, ces fluctuations ont un certain caractère cyclique au cours de la journée, de la semaine, et de l'année en créant une saisonnalité.

Il faut savoir aussi que la consommation d'électricité peut fluctuer très rapidement: elle peut changer de plus de 10% de la consommation maximale en seulement 1 heure. Il faut noter Qu'il existe des fluctuations pour des échelles de temps inférieures plus fines qu'une demi- heure. Ces fluctuations ont un caractère aléatoire minute par minute. On ne peut pas assigner une quelconque périodicité à ces fluctuations [9].

La Figure I.5 représente la fluctuation de la charge en fonction de temps pendant un jour et la stratégie de génération adoptée par les compagnie de production pour faire face à cette augmentation aléatoire ,en général des générateurs qui fonctionnent à 100% de leurs capacités pendant 24h, supportent la charge de base (centrales nucléaires) ,des générateurs intermédiaires commandées fonctionnent la plus part des temps, mais pas nécessairement avec leurs charges totales supportent la charge intermédiaire et ce en utilisant des centrales hydrauliques simplement commandée par le control du début de l'eau.

La charge de pointe est supportée par des centrales thermiques dont les générateurs de Production ont des vitesses très grandes qui répondent mieux à cette augmentation, ainsi les systèmes électriques subissent-ils une forte contrainte d'équilibre en temps réel entre les injections et les soutirages.

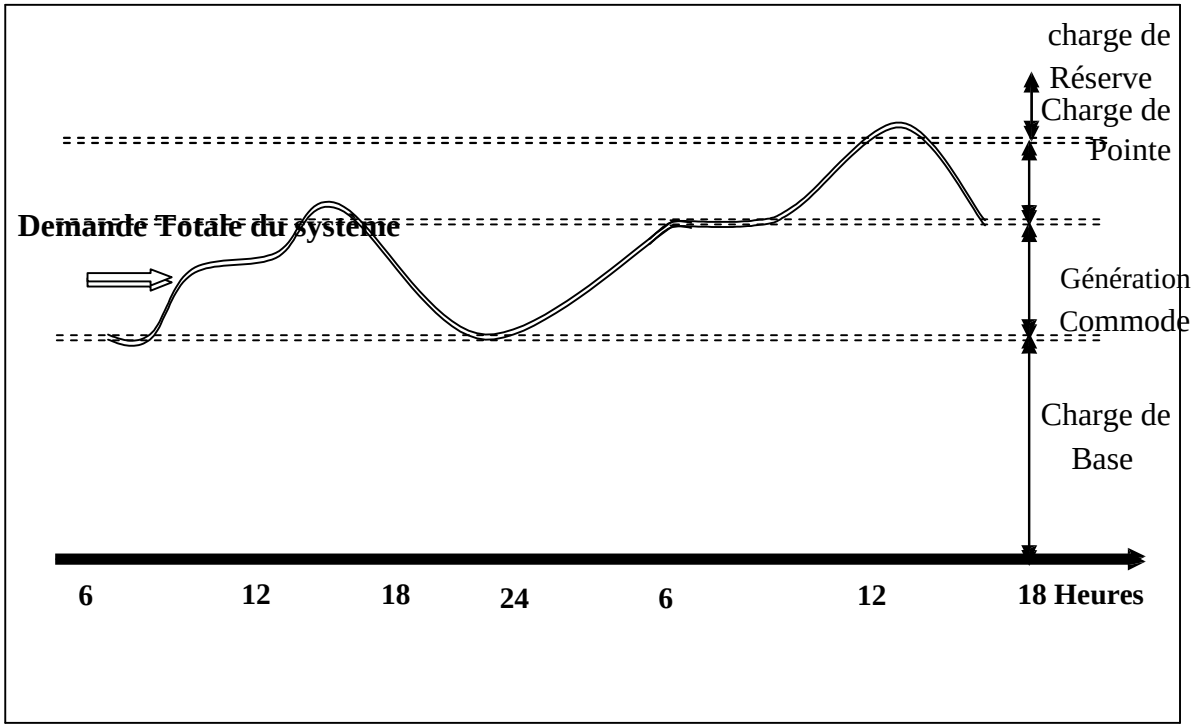


Figure I.5 : Fluctuation journalière de la charge demandée

I.3.4 : Equilibre du système électrique.

Cet équilibre production-consommation est nécessaire tout d'abord car les systèmes électriques à courant alternatif fonctionnent comme une « grande » machine synchronisée. Le fonctionnement de cette machine est très complexe et particulièrement vulnérable aux instabilités. Ces instabilités se produisent principalement quand l'équilibre production consommation n'est pas respecté.
Assurer l'équilibrage continu, même lors des incidents, est un moyen de maintenir la stabilité du système. Le défaut d'une ligne ou d'une unité de production peut provoquer des phénomènes en cascade pouvant se développer rapidement.

Ainsi, des écarts, même mineurs, de la fréquence de référence peuvent déstabiliser ou endommager des éléments du système de transport. Si lors d'un incident, les actions correctives nécessaires ne sont pas effectuées, le système peut défaillir complètement

(black out). Afin de se prémunir contre les ruptures de l'alimentation électrique, une règle fondamentale de sécurité, appelée « règle du N-1 », est appliquée par tous les gestionnaires de réseau. Cette règle consiste à garantir le bon fonctionnement du réseau même en cas de défaillance d'un élément du réseau de transport ou d'une unité de production. Dans ce cas l'électricité doit pouvoir être acheminée par une autre partie du réseau, ou fournie depuis une autre unité de production. Le respect de cette règle ne suffit pas à garantir l'absence totale de coupures, mais permet d'en réduire considérablement le nombre [1].

I.3. 5 : Limite thermiques des lignes électriques en fonctionnement normal.

Les lignes électriques et les transformateurs ont des capacités de transport physiquement limitées. Ces limites sont principalement thermiques. Les limites thermiques sont liées à l'échauffement des lignes lors du passage du courant électrique. L'effet Joule entraîne une transformation de puissance électrique en puissance thermique. Cette énergie thermique provoque une augmentation de la température de la ligne. Ce changement de température modifie les caractéristiques mécaniques de la ligne et provoque une dilatation des conducteurs. L'énergie dégagée par effet Joule augmente avec le courant électrique circulant sur la ligne. Or, à tout instant, on doit garantir que le courant de transit dans les éléments du réseau de transport se situe au dessous du seuil fixé: intensité maximale du courant admissible en régime permanent. En cas de dépassement, on dispose alors d'un temps limité,

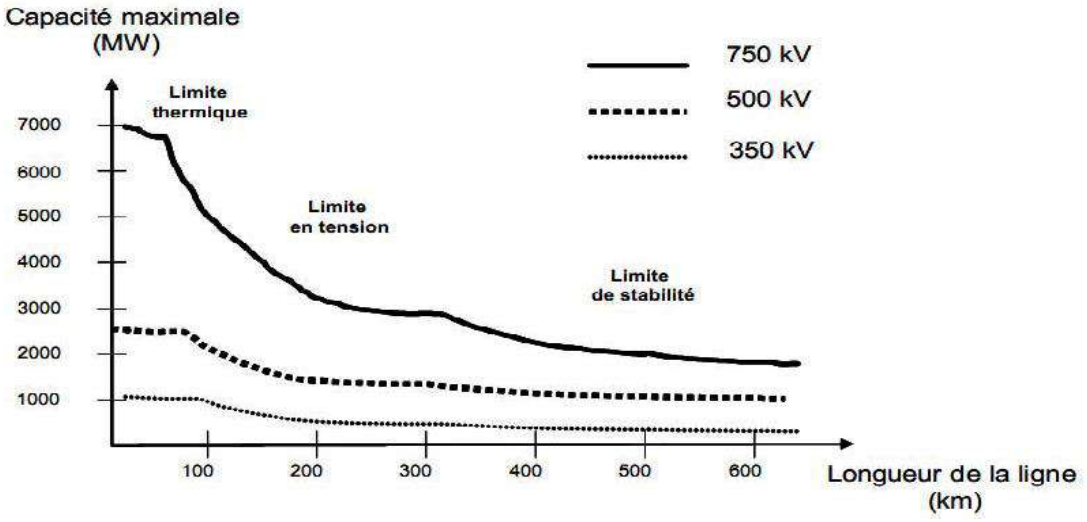


Figure I.6 : Limites thermiques, de tension et de stabilité de synchronisme des lignes de transport en fonction du niveau de tension et de leur longueur

Variable selon l'ampleur du dépassement, pour ramener le flux électrique à une valeur acceptable. Si les actions nécessaires ne sont pas effectuées dans ce temps limité, le mécanisme de protection de surcharge déconnectera l'élément du réseau. En général, les limites physiques (thermiques), peuvent être présentées comme une limite maximale de puissance active (en MW) qui peut transiter sur un élément déterminé du réseau (Figure 1.5). L'exploitation du réseau de transport doit assurer que les écoulements de puissance transitant par les différents éléments respectent toujours ces limites physiques maximales [10].

I-4 : Dispatching Economique.

L'objectif principal du dispatching économique est de trouver la contribution en puissance de chaque groupe de production du système électrique, de sorte que le coût total de production soit minimisé que possible pour n'importe quelle condition de charge tout en respectant les contraintes physiques de ces générateurs [11]. Pour un système électro énergétique avec ng unités de production, le coût total du Combustible est simplement égal à la somme des coûts élémentaires du Combustible des différentes unités, soit :

$$c_t = \sum_{i=1}^{ng} c_i(p_{gi}) \qquad \text{(I-3)}$$

Tel que :

p_{gi} : C'est la puissance active produite par le générateur i

c_t **:** Représente le coût total de production.

$c_i(p_{gi})$: Exprime le coût de production de Ième générateur en ($/h).

$$c_i(p_{gi}) = \sum_{i=1}^{ng} a_i + b_i p_{gi} + c_i p^2{}_{gi} \qquad \text{(I-4)}$$

a_i, b_i, c_i représentent les coefficients de la fonction coût.

Il est évident que la somme de toutes les puissances actives générées, doit être égale à la charge totale du système plus les pertes totales de transmission.

Cette distribution doit en plus respecter les limites admissibles de production de chaque générateur de production $p_g^{\min}$ et $p_g^{\max}$ [12]. Par conséquent, le problème du dispatching économique se formule mathématiquement comme suit :

Min (C_t) (fonction objectif à minimiser) sujet de :

$$\sum_{i=1}^{ng} p_{gi} = p_d + p_{loss} \qquad \text{(I-5)}$$

$$p_{gi}^{\min} \le p_{gi} \le p_{gi}^{\max} \qquad \text{(I-6)}$$

Avec p_d : la puissance demandée.

p_{loss} : Pertes actives de toutes les lignes électriques.

ou: $i = 1 : ng$

Ng : Nombre total de générateurs.

La valeur exacte des pertes de transmission ne peut être obtenue qu'à partir d'une étude de l'écoulement de puissance (voir chapitre II). Néanmoins, dans les études du dispatching économique on exprime souvent les pertes de transmission en fonction des puissances actives générées. Cette technique est communément appelée la méthode des coefficients *B* qu'on a utilisé dans ce mémoire pour estimer ces pertes. Dans cette approche, les pertes sont approximées par la formule de Kron

$$p_{loss} = \sum_{j=1}^{ng} \sum_{i=1}^{ng} B_{ij} p_{gi} p_{gj} + \sum_{i=}^{ng} B_{i0} p_{gi} B_{00} \qquad \text{(I-7)}$$

Tel que les terme, B_{ij} , B_{i0} , B_{00} sont les coefficients *B*.

Notant que ces coefficients ne sont pas constants mais variables suivant les conditions de fonctionnement du système. Cependant, des résultats acceptables peuvent être obtenus si les conditions de fonctionnement actuelles sont relativement proches de

celles pour lesquelles les coefficients *B* ont été calculés. Il existe plusieurs méthodes basées sur l'étude de l'écoulement de puissance qui permettent de calculer les coefficients de pertes [13].

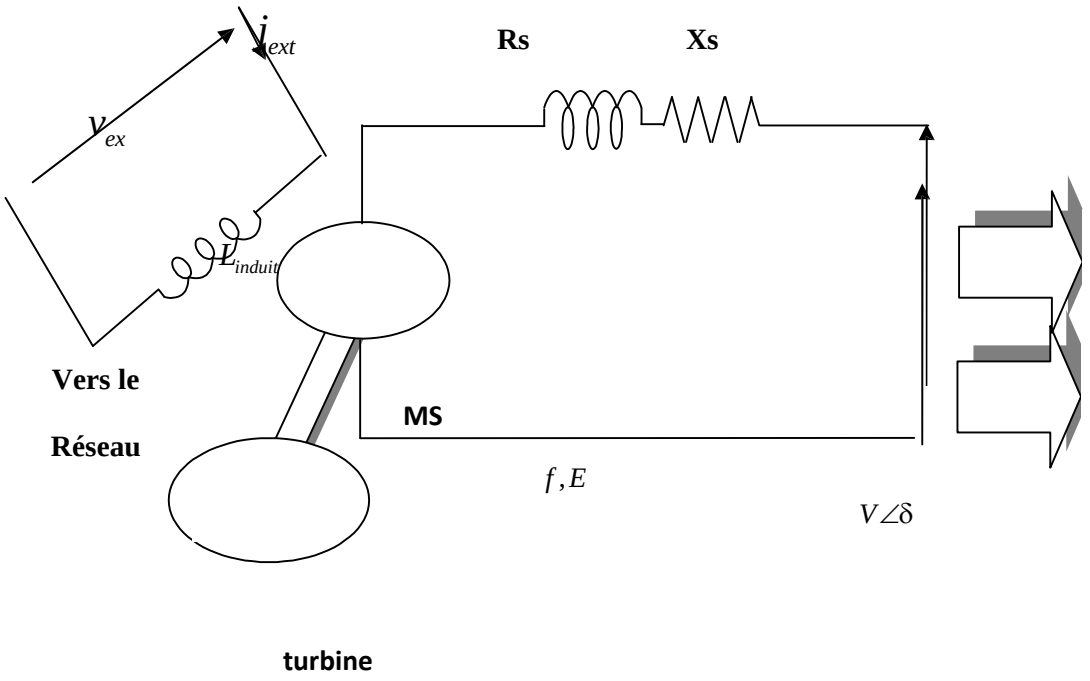
I-5 Caractéristique de coût

Le caractéristique coût d'un générateur thermique est représenté par un graphe qui relie le taux du combustible à l'entrée (en Btu/h) avec la puissance électrique délivrée (en MW) de l'unité. La forme de cette courbe est déterminée sur la base des données collectées à partir des essais effectués sur l'unité génératrice.

Il est souvent usuel d'utiliser le taux du coût de combustible (en $/h) au lieu du taux du combustible (en Btu/h). Cette conversion est accomplie en multipliant le taux du combustible par le prix du combustible (en $/Btu). La caractéristique qui en résulte et que nous montrons dans la Figure I.1, est connue sous le nom de courbe de coût du combustible. Généralement, pour représenter cette dernière caractéristique, on adopte une fonction quadratique comme il est mentionnée par l'équation (I-1) .

I-6 : Variantes de la caractéristique du coût de combustible.

La forme conventionnelle de la caractéristique du coût de combustible des unités thermiques est généralement représentée par un polynôme du 2ème ordre (Conformément à l'équation (I-1). Ce type de fonction possède la propriété avantageuse d'être convexe ce qui simplifie grandement le problème du dispatching économique et augmente le nombre de techniques mathématiques qui peuvent être appliquée à sa résolution. Dans ce cas, il est possible d'aboutir à une solution avec un minimum global en utilisant une technique conventionnelle. Par ailleurs pour certains cas, la représentation quadratique est inadaptée, d'où la nécessité de développer des méthodes plus précises pour aboutir aux meilleurs résultats. En effet, la présence de situations liées au fonctionnement des unités thermiques, tels que l'effet.



Contraintes Mécaniques
Turbine + Alternateur

Figure I.7 : Schéma unifilaire d'un générateur synchrone alimentant un réseau électrique

avec zones de fonctionnement prohibées [18], liée au fonctionnement du couple turbine-générateur (Figure I.6) rend impossible ou non pratique l'adoption du modèle quadratique ce qui rend les méthodes conventionnelles cités au chapitre II inadéquates voire inutilisables car elles ne mènent pas à une solution globale mais elles se bloquent dans des minimas locaux qui ne reflètent pas par conséquence l'optimisation souhaitée ;alors l'application de méthodes méta-heuristiques représente un atout pour résoudre ce problème ce qui représente le sujet de ce mémoire. Dans les chapitres qui suit en essayant d'appliquer les algorithmes génétiques ; l'optimisation par essaims de particules et sa variante modifiée pour résoudre le problème de dispatching économique statique et dynamique tout en envisageant plusieurs fonctions objectifs fortement non linéaires.

I-7 : Caractéristique avec plusieurs types de combustibles

Parfois, les unités thermiques sont capables de fonctionner avec plusieurs types de combustibles. Dans ces conditions, la caractéristique de coût est constituée de

plusieurs morceaux de fonctions quadratiques (Figure. I.7), Le combustible le plus économique est représenté par le morceau le plus inferieur de la courbe. Ce type de fonction est également difficile voire impossible à traiter via lesTechniques standards.

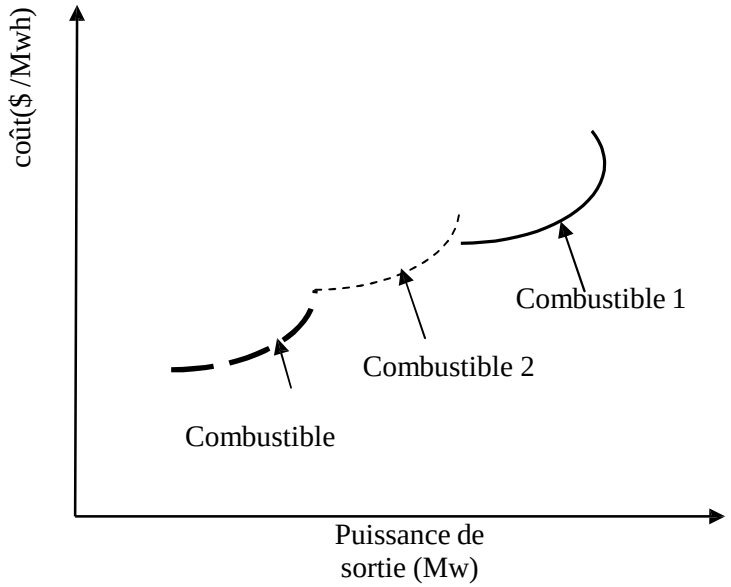


Figure I-8 : Courbe de coût du combustible d'une unité thermique avec trois vannes d'admission de vapeur.

I-8 : Caractéristique avec des zones de fonctionnements prohibées

Généralement, on admet que la puissance fournie par les unités thermiques peut être ajustée d'une manière continue dans le domaine de fonctionnement du générateur $p_{gi}^{\min} \leq p_{gi} \leq p_{gi}^{\max}$ Dans la pratique, les unités thermiques peuvent avoir des régions de fonctionnement indésirables pour des problèmes liés à la stabilité ou des limitations physiques de fonctionnement au niveau des composantes des machines (ensemble turbine rotor de la machine synchrone). Ces régions créent des discontinuités au niveau de la courbe du coût de combustible, étant donné que l'unité doit fonctionner à l'intérieur de certaines plages spécifiées (Fig. I-9). Ce type de fonction est caractérisé par un espace de solution non Convexe.

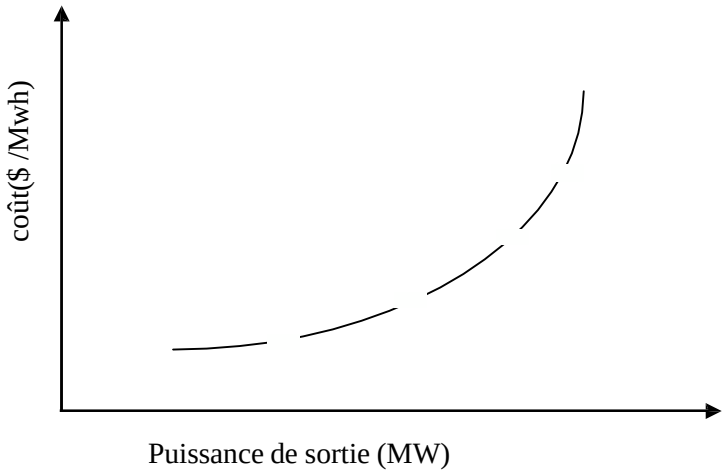


Figure I-9 : Courbe de coût du combustible d'une unité thermique avec des zone de fonctionnements prohibées

Les intervalles de fonctionnement pour une unité thermique avec des zones de fonctionnement prohibées sont donnés par les équations (I-9) :

$$\begin{aligned} & p_{gi}^{\min} \le p_{gi} \le p_{gi.1}^{l} \\ & p_{gi.k=1}^{u} \le p_{gi} \le p_{gi.k}^{l} \qquad \text{(I-8)} \qquad k=2 \ , \ 3 \ \ldots\ldots n\,i \\ & p_{gi.ni}^{u} \le p_{gi} \le p_{gi}^{\max} \end{aligned}$$

Où ni est le nombre de zones prohibées de l'unité i $p_{g\,i.k}^{\,l}$, $p_{g\,i.k}^{\,u}$ sont, respectivement, la borne inferieure et la borne supérieure de la zone de fonctionnement prohibée k.

I-9 : Libéralisation du marché de l'électricité.

La libéralisation du marché de l'électricité s'agit en réalité de l'ouverture du marché de l'énergie électrique. Sur un marché concurrentiel, la vente et la fourniture d'énergie sont dissociées du transport et de la gestion des réseaux. Les activités de fourniture d'énergie sont libéralisées. Cela signifie que nous pouvons acheter notre énergie auprès du fournisseur de notre choix. La libre concurrence vaut pour tous les biens et services et s'applique dès lors aussi au choix d'un fournisseur d'énergie. Progressivement, toutes les entreprises et tous les particuliers peuvent librement choisir leur fournisseur d'électricité .chaque client, chaque entreprise peut ainsi choisir le partenaire énergétique qui répond le mieux à ses besoins .Par ailleurs, la concurrence génère un meilleur service, une plus grande orientation client et des prix répondant à l'offre et à la demande sur le marché [19]. Dans ce marché libre il est important que les sociétés productrices organisent efficacement, leurs opérations, maximisent leurs marges bénéficiaires, et minimisent leurs coûts de production. Le problème de

répartition optimale de puissances générées devient une fois de plus, plus compliqué alors qu'une optimisation par les méthodes méta-heuristiques constitue la pièce maîtresse pour la résolution de ce genre de problèmes.

Conclusion

Dans ce chapitre en a essayé de donner une vu globale sur les définitions et le comportement du réseau électrique, on a commencé par une introduction qui explique les différentes contraintes liées à la répartition optimale de puissance générée en bien expliquant les défis de compagnies productrices modernes, en suite la notion de l'écoulement de puissance est exposée, les différents éléments constituant le réseau de transport sont traités (centrales, lignes de transmission, charges),la formulation du problème de dispatching économique avec ses contraintes est bien présentée, on a terminé ce chapitre par une présentation détaillée de différentes courbes du coût et leur modélisation et une vue totale sur la notion de libéralisation du marché d'électricité et ses impactes sur l'optimisation.

II.1.Introduction

Le problème de l'écoulement de puissance optimal a eu une longue histoire pour son développement. Il y a plus de quarante ans passés, Carpentier introduisit une formulation du problème du dispatching économique comprenant des contraintes sur les tensions et d'autres contraintes de fonctionnement. Dans son approche (connue par la méthode d'injection), il posa le problème du dispatching économique comme un problème d'optimisation non linéaire, et utilisa la technique du gradient réduit généralisé. En 1968, Dommel et Tinney introduiraient un problème d'optimisation comprenant le dispatching économique classique contrôlé par les équations de l'écoulement de puissance et des contraintes de fonctionnement. Utilisé la technique du gradient réduit pour résoudre les conditions d'optimalité de Kuhn Tucker. Cette formulation a été nommée plus tard problème de l'écoulement de puissance optimal. En général, il serait difficile de classer d'une manière précise et approfondie toutes les approches parues dans la littérature, car beaucoup emploient une combinaison de méthodologies spécifiques.

Ce chapitre est devisé en deux partie la première est dédié à étudier les équations de l'écoulement de puissance afin de déterminer, en régime triphasé permanent équilibré, les modules et phases de tensions en tout point du réseau. En utilisant ces valeurs, on peut calculer les puissances actives et réactives transitant par les lignes de transport et les transformateurs ainsi que les pertes de transmission.
La deuxième partie traite les méthodes conventionnelles non-linéaires les plus utilisées pour résoudre le problème de dispatching économique.

II.2. Equations de l'écoulement de puissance

II-2-1 Structure du réseau électrique

Un réseau électrique est un ensemble des éléments (centre de production, transformateurs, charges électriques, relais de protection …etc) reliés entre eux avec diverse topologie (réseau radial, maillé, interconnecté) dont l'objectif est de véhiculer

l'énergie produite au niveau des centre de production au centre de consommation agglomérations urbaines et usines, tout en respectant certaines contraintes nécessaire à la stabilité el le bon fonctionnement de ce dernier tel que un profil de tension et de fréquence acceptable.

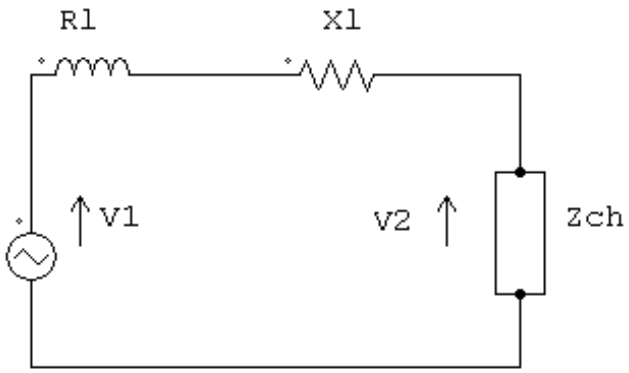


Figure II.1 : Structure du réseau électrique.

II-2-2 tenue de tension

Les limites de tension dans le réseau électrique ne doivent pas être dépassées pour les raisons suivantes:

- Les limites supérieures de tension sont imposées pour tous les niveaux d'exploitation par la tenue diélectrique de matériels, ainsi que par les limites de saturation des transformateurs. En ce qui concerne les réseaux de distribution, la tension est aussi limitée car une tension trop élevée peut réduire la durée de vie des appareils utilisateurs.
- Les limites inferieures de tension sont imposées au niveau des réseaux de distribution par le fonctionnement correct des appareils industriels ou domestiques. Au niveau des réseaux de transport, les limites inferieures de tension sont liées à la sécurité du système électrique dans son ensemble; une tension trop basse aura les conséquences suivantes.
- surcharge des éléments de transport (lignes et transformateurs) par augmentation du courant, et risque de déclenchement des protections associées.
- instabilité de tension pouvant entrainer un écroulement de tension.

- perte des éléments de production (stabilité statique des alternateurs, limites de fonctionnement des groupes et de leurs auxiliaires).

II-3.Modélisation des composants du réseau électrique

Un réseau de transport ou de distribution électrique contient un ensemble de composants qu'on doit modéliser afin d'établir les équations qui gouvernent le système électrique. Dans les sections qui suivent, on va exposer quelques modèles algébriques de base relatifs aux composants du réseau qui sont nécessaires pour le calcul de l'écoulement de puissance.

II-3-1.Générateurs

Dans l'analyse de l'écoulement de puissance, les générateurs sont modélisés comme des injecteurs de courants. Dans l'état stationnaire, un générateur est généralement contrôlé de sorte que la puissance active injectée au jeu de barres et la tension aux bornes de générateurs soient maintenues constantes. La puissance active délivrée par le générateur est réglée à travers le contrôle de la turbine, qui doit être dans les limites de la capacité du système turbine générateur. La tension est liée principalement à l'injection de la puissance réactive au jeu de barres de production, qui est contrôlée par le courant de l'excitation, et comme le générateur doit fonctionner dans les limites de sa courbe de capacité réactive il n'est pas possible de régler la tension.

II-3-2.Transformateurs de puissances

Les transformateurs de puissance jouent plusieurs rôle dans le fonctionnement du réseau électrique ils sont utilisés comme élévateurs de tension et ce au niveau de la source pour transporter l'énergie électriques avec minimum de pertes coté (HT-HT) ,il ont utilisés comme abaisseurs de tension au niveau des stations de transformation et d'interconnexion pour alimenter les réseaux moyenne tension (HT-MT) à titre d'exemple réseau 60Kv, ils assurent aussi le maintient d'une tension fixe quelle que soit la fluctuation du profil de tension au niveau des connexion haute tension. (HT-HT).

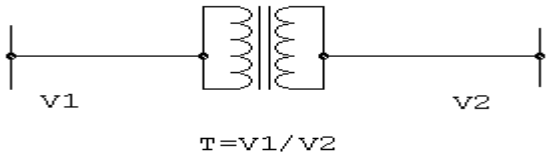


Figure II.2 : Transformateur de puissance avec prise réglable de charge

II-3-3.Lignes de transmission

La ligne de transmission est représentée par le modèle en ® à paramètres Concentrés (Figure II.3). Ces paramètres spécifiques pour des lignes ou des câbles avec une configuration donnée, dépendent de la nature des conducteurs et de leurs géométries. Ce modèle est caractérisé par les paramètres suivants:

L'impédance série par phase $\overline{Z}_{km}(\Omega)$

$$\overline{z_{km}} = r_{km} + jx_{km} \qquad \text{(II-1)}$$

Ou r_{km} , x_{km} sont, respectivement, la conductance et la susceptance shunts de la ligne entre les jeux de barres *k* et *m*.

Dans les études de l'écoulement de puissance, on a souvent besoin de l'admittance série des lignes y_{km} , qui est donnée par :

$$y_{km} = \frac{1}{r_k + jx_{km}} = g_{km} + jb_{km} \qquad \text{(II-2)}$$

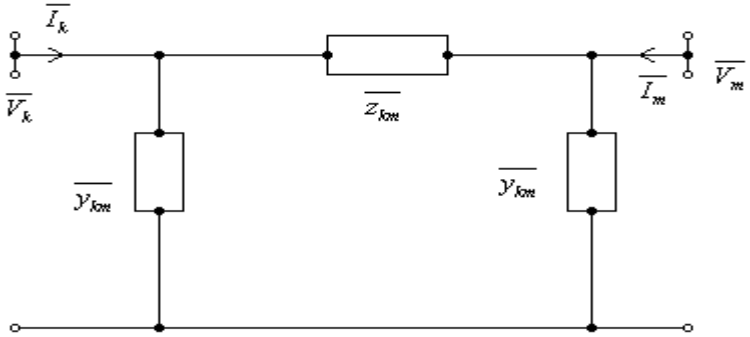


Figure II.3 : Modèle en ® d'une ligne de transmission.

Où g_{km} b_{km} sont, respectivement, la conductance et la susceptance séries de la ligne entre les jeux de barres *k* et *m*. Dans la plupart des cas, la valeur de g_{km}^{zh} est si petite, qu'on peut la négliger.

II-3-4.Charges électriques

Les charges électriques en haute tension reflètent souvent des postes de répartition. (Sous stations) qui alimentent des réseaux de distribution. Ces charges sont connectées au réseau à travers des transformateurs munis de prises réglables en

charge. le niveau de tension de la charge est maintenu pratiquement constant elle s'écrit comme suit :

$$z_{ch} = R_{ch} + jx_{ch} \qquad \text{(II-3)}$$

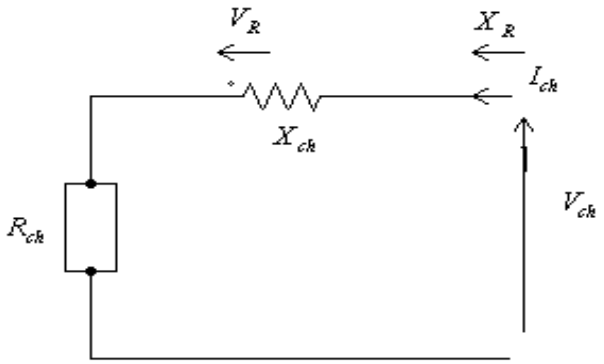


Figure II.4 : Schéma unifilaire d'une charge électrique.

II-3-5. Eléments shunt

Dans la plupart des cas, les éléments shunts sont des dispositifs destinés à la compensation de l'énergie réactive et la tenue de la tension, à savoir : batteries de condensateurs et inductances fixe compensateurs synchrones ou compensateurs statiques, Chaque élément connecté au réseau sera modélisé, suivant le cas, par une admittance équivalente.

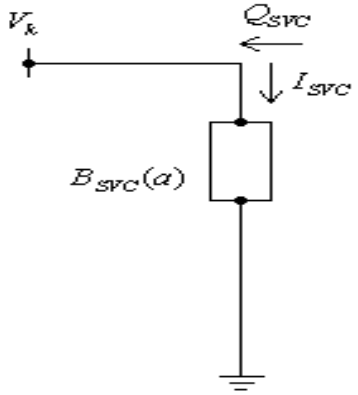


Figure II.5 : Schéma unifilaire d'un SVC

II-4.Formulation des équations de l'écoulement de puissance

Dans cette partie, toute les grandeurs sont exprimées en valeurs relatives (système per unit ou *p.u.*), à partir d'une puissance apparente triphasées de base et de la tension nominale composée de chaque jeu de barre, avec une tension de base par niveau de tension.

Pour un réseau électrique avec *N* jeux de barres, les équations des tensions nodales du système sont exprimées par la relation matricielle :

$$\begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_N \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Y_{11} & Y_{12} & Y_{1N} \\ Y_{21} & Y_{22} & Y_{2N} \\ Y_{N1} & Y_{N2} & Y_{NN} \end{pmatrix} \quad \text{(II-4)}$$

ou encore : $I_{bus} = Y_{bus} V_{bus}$ (II-5)

$I_{bus} = [\overline{I_1} ... \overline{I_N}]^T$ est le vecteur *N*-1 des courants complexes injectés à chaque jeu de barres .

$V_{bus} = [\overline{V_1} ... \overline{V_N}]^T$ est le vecteur *N-1* des tensions complexes de chaque jeu de barre et Y_{bus} est la matrice admittance nodale *N*N* du système.

La matrice admittance nodale est formée sur la base des composants du réseau électrique (lignes de transmission, transformateurs, batteries de condensateurs et réactances), Chaque composant du réseau peut être connecté entre deux jeux de barres *i* et *m*, ou entre un jeu de barre *i* et le jeu de barres de référence (jeu de barre 0). Les éléments de la matrice admittance peuvent être obtenus en fonction des admittances des composants du réseau, en appliquant les règles suivantes :

$\overline{Y}_{ii}$: L'élément diagonal *ii*, est égale à la somme des admittances de tous les composants connectés au jeu de barre *i* soit :

$$\overline{Y}_{ii} = \sum_{m \neq 1, m=0}^{N} \overline{Y}_{im} \quad \text{(II-6)}$$

$\overline{Y}_{im}$, l'élément hors diagonale *im* est égale à la somme négative des admittances de tous les composants connectés entre les jeux de barres *i* et *m*, c'est à dire :

$$\bar{y}_{ii} = -\sum_{m=i}^{N} \bar{y}_{im} \qquad \text{(II-7)}$$

D'après l'équation (II-5) le courant net injecté à un jeu de barre *i*, peut s'écrire

$$\bar{I}_i = \sum_{m=2}^{N} \bar{Y}_{im} \overline{V_m} \qquad \text{(II-8)}$$

tel que: $i = 1, 2,\ldots,N$

Les grandeurs complexes $\overline{V_m}$ et $\bar{Y}_{im}$ sont représentées sous la forme polaire ou rectangulaire suivantes :

$$\overline{V_m} = V_m \cos ¢_m + jV_m \sin ¢_m = e_m + jf_m \qquad \text{(II-9)}$$

$$\overline{Y_{im}} = Y_{im} \cos ¯_{im} + jY_{im} \sin ¯_{im} = G_{im} + jB_{im} \qquad \text{(II-10)}$$

Où $¢_m$ est la phase de la tension au jeu de barres *m* (mesurée par rapport à une certaine référence des phases), $¯_{im}$ est la phase (ou l'argument) de l'élément *im* de la matrice admittance, e_m et f_m sont, respectivement, la partie réelle et la partie imaginaire de

$\overline{V_m}$, G_{im} et B_{im} sont, respectivement, la partie réelle (ou conductance) et la partie imaginaire(ou susceptance) de $\overline{Y_{im}}$.

L'expression de la puissance apparente $\overline{S_i}$ injectée à un jeu de barre *i* s'obtient par :

$$\overline{S_i} = P_i + jQ_i = \overline{V_i}\,\overline{I_i^*} = \overline{V_i} \sum_{m=1}^{N} \overline{Y_{im}^*} V_m^* \qquad \text{(II-11)}$$

$i = 1, 2,\ldots,N$

P_i , Q_i sont, respectivement, l'injection des puissances active et réactive au jeu de barre *i*. En remplaçant l'équation (II-10) et (II-11) dans (II-12) on obtient :

$$P_i = \sum_{m=1}^{N} V_i V_m Y_{im} \cos(¢_i - ¢_m - ¯_{im}) \qquad \text{(II-12)}$$

i = 1, 2,…,N

$$Q_i = \sum_{m=1}^{N} V_i V_m Y_{im} \sin(¢_i - ¢_m - ¯_{im}) \qquad \text{(II-13)}$$

$$i = 1, 2,\ldots,N$$

Cet ensemble de $2N$ équations non linéaires constitue la forme polaire des équations de l'écoulement de puissance, Pour un profil de tension et une topologie du réseau donné, ces équations donnent les injections de la puissance active P_i et la puissance réactive Q_i au niveau d'un jeu de barre i. Ces dernières sont décrites par les relations :

$$P_i = P_{Gi} - P_{Di} \qquad \text{(II-14)}$$

$$i = 1, 2,\ldots,N$$

$$Q_i = Q_{Gi} - Q_{Di} \qquad \text{(II-15)}$$

$$i = 1, 2,\ldots,N$$

P_{Gi} , Q_{Gi} , P_{Di} , Q_{Di} sont, respectivement, la puissance active générée, la puissance active demandée la puissance réactive générée et la puissance réactive demandée au jeu de barres ***i.*** Finalement, les équations d'équilibre de puissance sont de la forme :

$$P_{Gi} = P_{Di} + \sum_{m=1}^{N} V_i V_m Y_{im} \cos(¢_i - ¢_m - ¯_{im}) \qquad \text{(II-16)}$$

$$i = 1, 2,\ldots,N$$

$$Q_{Gi} = Q_{Di} + \sum_{m=1}^{N} V_i V_m Y_{im} \sin(¢_i - ¢_m - ¯_{im}) \qquad \text{(II-17)}$$

$$i = 1, 2,\ldots,N$$

II-5 Problème de l'écoulement de puissance

Il y a quatre grandeurs fondamentales associées à chaque jeu de barre i du réseau, à savoir module de tension V_i, phase de tension $¢_i$, puissance active injectée P_i et puissance réactive injectée Q_i. Pour chaque jeu de barre, deux variables doivent être spécifiées au préalable et les deux autr sont à calculer. Les modules et les phases des tensions inconnues sont appelés *variables d'état*, les puissances active et réactive injectée sont appelées *variables de contrôle*. L'état du système n'est déterminé

qu'après avoir calculer les valeurs des variables d'état .Dans l'analyse de l'écoulement de puissance, les jeux de barres du système sont classés en deux catégories .

1- Jeu de barres référence

Ce jeu de barre connu aussi par le jeu de barre balancier (slak bus), a le rôle de fournir la puissance supplémentaire nécessaire pour compenser les pertes de transmission car celles-ci ne sont pas connues d'avance En plus, ce jeu de barre sert de référence pour les phases des tensions. Par convention, ce jeu de barre est identifié par le jeu de barre N^{o}=1, dont le module et la phase de tension sont toujours spécifiés $V_1 = 1$ p.u. et. $¢_1 = 0$ .Donc les puissances P_s et Q_S sont inconnues du fait que P_{c1} et Q_{c1} ne sont pas spécifiées d'avance. Par conséquent les équations d'équilibre de puissance pour le jeu de barre de référence ne sont pas explicitement incluses dans la formulation du problème de l'écoulement de puissance.est calculées P_s e t Q_S avoir obtenir la solution du problème.

2 - Jeu de barre à tension contrôlée

Chaque jeu de barre du système dont la module de tension est maintenue constant, est considérée comme un jeu de barre à tension contrôlée ou jeu de barre générateur. Ce type de jeux de barres peut inclure des jeux de barres auxquels des générateurs, des batteries de condensateurs, des compensateurs statiques (SVC) ou des transformateurs avec prise réglable sont raccordés. Au niveau de ce jeu de barre, p_i et v_i sont des grandeurs spécifiées. Donc, p_i n'est pas connue à l'avance étant donné que Q_{Gi} est inconnue. Par conséquent, seule l'équation d'équilibre de puissance active est incluse dans la formulation du problème. La valeur correspondante de $¢_i$ est calculée par l'algorithme de l'écoulement de puissance. Une fois la solution du problème est obtenue, Q_i est calculée d'après (II.17).

Un Exemple du Réseau test IEEE 6 jeux de barres est introduit afin d'expliquer les caractéristiques pré-mentionnées

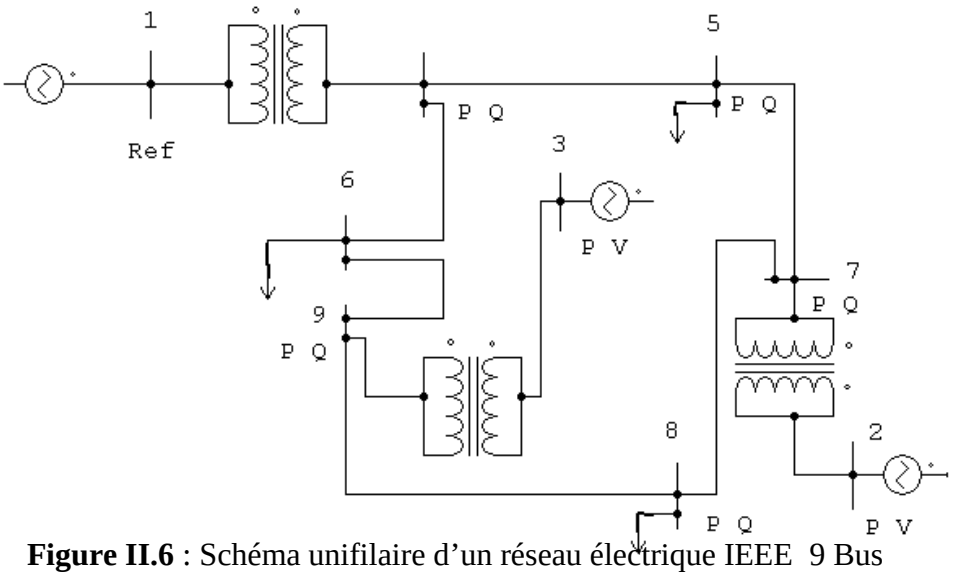


Figure II.6 : Schéma unifilaire d'un réseau électrique IEEE 9 Bus

Tableau II-1 : données des jeux de barres du réseau électrique 9 bus

Bus	Type	Pd (Mw)	Qd Mvar
1	Ref	0.0	0.0
2	PV	0.0	0.0
3	PV	0.0	0.0
4	PQ	0.0	0.0
5	PQ	125.0	50.0
6	PQ	90.0	30.0
7	PQ	0.0	0.0
8	PQ	100.0	35.0
9	PQ	0.0	0.0

Tableau II-2 : Données des générateurs du réseau 9 bus

Bus	Pg	Qg	Qmax	Qmin	Pmax	Pmin	c	b	a
1	0.0	0.0	300.0	-300.0	250.0	10.0	0.1100	5.0	150
2	163.0	0.0	300.0	-300.0	300.0	10.0	0.0850	1.2	600
3	85.0	0.0	300.0	-300.0	270.0	10.0	0.1225	1.0	335

Tableau II-3 : Données des lignes du réseau 9 bus

From	To	r (p.u)	X (p.u)	b (p.u)
1	4	0.0000	0.0576	0.000
4	6	0.0170	0.0920	0.158
6	9	0.0390	0.1700	0.358
3	9	0.0000	0.0586	0.000
8	9	0.0119	0.1008	0.209
7	8	0.0085	0.0720	0.149
7	2	0.0000	0.0625	0.000
5	7	0.0320	0.0000	0.306
4	5	0.0100	0.0850	0.176

II-5-1 : Méthodes de Résolution du problème de l'écoulement de puissance

La méthode initialement utilisée était la méthode de Gauss-Seidel, qui a l'inconvénient de converger en un nombre d'itérations proportionnel à la taille du réseau. Actuellement, la méthode universellement adoptée est la méthode de Newton–Raphson ou la méthode découplée rapide, dont le nombre d'itérations requis pour obtenir une solution est indépendant de la taille du réseau étudié. Ces dernières sont décrites dans les sections suivantes.

II-5-1-1 : Méthode de Newton – Raphson.

Cette méthode implique des résolutions répétées d'un système d'équations linéaires, qui sont une approximation linéaire du système original d'équations non linéaires décrit par (II.16) et (II.17). Cette approximation linéaire est obtenue par un développement en série de Taylor de ces deux expressions .On est ainsi conduit à formuler le système linéaire.

$$\Delta P_i = \sum_{m=1}^{N} \left(\left(\frac{\partial P_i}{\partial ¢_i} \right) \Delta ¢_m + \left(\frac{\partial P_i}{\partial V_m} \right) \Delta V_m \right) \qquad \text{(II-18)}$$

$$i=2,\ldots,N$$

$$\Delta P_i = \sum_{m=1}^{N} \left(\left(\frac{Q_i}{\partial ¢_i} \Delta ¢_m \right) + \left(\frac{Q_i}{\partial V_i} \Delta V_m \right) \right) \qquad \text{(II-19)}$$

$$i=2,\ldots,N.$$

Ou sous forme matriciel :

$$\begin{pmatrix}\Delta P\\ \Delta Q\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}H & N\\ G & L\end{pmatrix}\begin{pmatrix}\Delta ¢\\ \Delta V\end{pmatrix} \quad \text{(II-20)}$$

H ,N,G,L , sont, respectivement, des sous matrices de dimension (N-1)*(N1),(N-NG-1),(N-NG-1)*(N-1),(N-NG-1)*(N-NG-1).

Ces sous matrices forment la matrice ***Jacobienne*** du système.

Les éléments diagonaux de la matrice ***Jacobienne*** sont calculés par:

$$N_{ii}=\frac{\partial P_i}{\partial ¢_i}=2V_iY_{ii}\cos(\bar{}_{ii})+\sum_{m=1,m\neq i}^{N}V_mY_{im}\cos(¢_m-¢_1+\bar{}_{im}) \quad \text{(II-21)}$$

$$H_{ii}=\frac{\partial P_i}{\partial ¢_i}=\sum_{m=1}^{N}V_iV_mY_{im}\sin(¢_m-¢_i+¢_{im}) \quad \text{(II-22)}$$

$$J_{ii}=\frac{\partial Q_i}{\partial ¢_i}=\sum_{m=1,m\neq i}^{N}V_mY_{im}\,\mathrm{V}_i\cos(¢_m-¢_i+¢_{im}) \quad \text{(II-23)}$$

$$L_{ii}=\frac{\partial Q_i}{\partial V_i}=-2V_iY_{ii}\sin(\bar{}_{ii})-\sum_{m=1,m\neq i}^{N}V_mY_{im}\sin(¢_m-¢_1+\bar{}_{im}) \quad \text{(II-24)}$$

De la même manière, les éléments hors diagonaux de la matrice ***Jacobienne*** sont :

$$H_{im}=\frac{\partial P_i}{\partial ¢_m}=-V_mY_{im}\,\mathrm{V}_i\sin(¢_m-¢_i+\bar{}_{im}) \quad \text{(II-25)}$$

$$\mathrm{N}_{im}=\frac{\partial P_i}{\partial V_m}=Y_{im}\,\mathrm{V}_i\cos(¢_m-¢_i+\bar{}_{im}) \quad \text{(II-26)}$$

$$J_{im}=\frac{\partial Q_i}{\partial ¢_m}=-V_mY_{im}\,\mathrm{V}_i\cos(¢_m-¢_i+\bar{}_{im}) \quad \text{(II-27)}$$

$$L_{im}=\frac{\partial Q_i}{\partial V_m}=-Y_{im}\,\mathrm{V}_i\sin(¢_m-¢_i+\bar{}_{im}) \quad \text{(II-28)}$$

Pour calcul de l'écoulement de puissance en utilisant la méthode de ***Newton – Raphson*** .

1- Initialiser le compteur d'itération, k=0.

2- Affecter des valeurs initiales aux modules et phases des tensions, $V_i^{(0)}$, $¢_i^{(0)}$

Les valeurs initiales sont : $V^{(0)} = 1_{pu}$ $¢^{(0)} = 1_{pu}$

3- Calculer le vecteur des écarts de puissances : $\Delta P_i^{(k)}, \Delta Q_i^{(k)}$.

On a :

$$\Delta P_i^{(k)} = P_i^{old} - P_i^{(k)} \quad \text{(II-29)}$$

$$\Delta Q_i^{(k)} = Q_i^{old} V_i^{(0)} - Q_i^{(k)} \quad \text{(II-30)}$$

4- Vérifier la convergence. Si le vecteur des écarts de puissance est inferieur à une certaine précision $\left|\Delta P_i^{(k)}\right| \leq £ \quad \left|\Delta Q_i^{(k)}\right| \leq £$

Alors la condition vérifie, continu les calcules.

5- Calculer les éléments de la matrice ***Jacobienne H ,N,G,L***

6- Résoudre la matrice ***Jacobienne*** par rapport. $\begin{bmatrix} \Delta ¢ \\ \Delta V \end{bmatrix}$ par l'inversion directe de la matrice r_{km} / x_{km} **jacobienne** ou par la technique de factorisation triangulaire et l'élimination gaussienne

7- Calculer les nouvelles estimations des variables d'états :

$$V_i^{(k+1)} = V_i^{(k)} + \Delta V_i^{(k)} \quad \text{(II-31)}$$

$$¢_i^{(k+1)} = ¢_i^{(k)} + \Delta ¢_i^{(k)} \quad \text{(II-32)}$$

8- Incrémenter *k* de 1 et retourner à l'étape 3.

Il faut noter que si la puissance réactive générée au niveau d'un jeu de barre à tension contrôlée dépasse sa limite minimale ou maximale, celui-ci change de type et sera considéré.

Comme un jeu de barre de charge. La puissance réactive générée est assignée à la limite dépassée et le module de la tension devient alors une inconnue qui doit être calculée.

II-5-1-2 : Méthode découplée rapide

La méthode de Newton–Raphson converge localement, c'est-à-dire que le point de départ de l'algorithme $V_i^{(0)}$ et $¢_i^{(0)}$ doit se trouver suffisamment proche de la

solution. Son intérêt réside dans sa grande précision et sa vitesse de convergence qui est quadratique. Par contre, lecalcul du Jacobien et sa factorisation à chaque itération peuvent demander un temps important sur ordinateur. Diverses techniques ont été mises en œuvre pour réduire cet inconvénient. L'une de ces approches largement utilisées, connue sous le nom de méthode découplée rapide, a été proposée par **Stott** et **Alsac** en 1974 [1]. Cette méthode est extrêmement rapide, puisqu'elle réduit considérablement les efforts de calcul, sans pour autant affecter la précision de calcul. Cette méthode est une variante simplifiée de **Newton–Raphson**, et elle est basée sur quelques approximations qui sont souvent valides sur le plan pratique.

En pratique, les puissances actives dépendent peu des modules des tensions et les puissances réactives dépendent peu des phases des tensions. Ceci est d'autant plus vrai que les phases restent petites (réseau peu chargé), et les rapports r_{km} / x_{km} faibles (réseaux à haute tension). Dans ces conditions, on peut négliger les sous matrices **N** et **J,** ce qui conduit à remplacer larésolution du système linéaire (II.21) par celle de deux systèmes linéaires découplés :

$$\Delta P = H \Delta ¢ \qquad \text{(II-33)}$$

$$\Delta Q = L \Delta V \qquad \text{(II-34)}$$

On admet les hypothèses suivantes dans la suite du développement [3]:

$$B_{im} \geq G_{im} \qquad \text{(II-35)}$$

$$¢_i - ¢_m \approx 0 \qquad \text{(II-36)}$$

$$V_i V_m = V_i \qquad \text{(II-37)}$$

$$Q_i \leq B_{ii} V_i^2 \qquad \text{(II-38)}$$

Avec ces approximations, les éléments de ***H*** et de ***L*** peuvent être simplifiées et deviennent :

$$H_{im} = -V_i B_{im} \qquad \text{(II-39)}$$

$$H_{ii} = -V_i B_{ii} \qquad \text{(II-40)}$$

$$L_{im} = -V_i B_{im} \qquad \text{(II-41)}$$

$$L_{ii=} - V_i B_{im} \qquad \text{(II-42)}$$

Dans ces conditions, les systèmes d'équations (II.34) et (II.35) s'écrivent :

$$\frac{\Delta P}{V} = -B' \Delta ¢ \qquad \text{(II-44)}$$

$$\frac{\Delta Q}{V} = -B''\Delta V \qquad \text{(II-43)}$$

Ou B', B'' sont des matrices constantes et réelles, représentant les parties imaginaires de la matrice admittance nodale Y_{bus}

Les équations (II.44) et (II.45) sont résolues successivement et le processus itératif est arrêté.

Lorsque les écarts des puissances sont dans la tolérance spécifiée. Pour converger, la technique découplée rapide nécessite plus d'itérations que celle de **Newton–Raphson**. Par contre, la solution est rapidement obtenue, étant donné qu'elle exige moins de temps de calcul par itération. Il est cependant à noter que la convergence de la méthode découplée rapide est linéaire et elle n'est pas garantie, surtout pour les systèmes dont la résistance des lignes est non négligeable devant la réactance (R / X faible).

II-5-2 : Transits et pertes de puissance dans les lignes

Le calcul des transits de puissance et les pertes au niveau des lignes, constitue la dernière étape dans l'analyse de l'écoulement de puissance. Pour cela on considère le modèle en π d'une ligne reliant les jeux de barres *k* et *m*, montré dans la Figure II.3 Le courant de ligne. I_{km} mesuré au jeu de barres *K*,et m définit positif de *K* vers m, est obtenu par :

$$\overline{I_{km}} = -\overline{I_i} + \overline{I_{k0}} = (\overline{V_K} - \overline{V_m})\overline{y_{km}} + \overline{V_k}\,\overline{y_{k0}} \qquad \text{(II-45)}$$

De même, Le courant de ligne I_{km}, mesuré au jeu de barre *m*, définit positif de *m* vers *k*, s'écrit :

$$\overline{\mathrm{I}_{mk}} = -\overline{I_i} + \overline{I_{m0}} = (\overline{V_m} - \overline{V_k})\overline{y_{km}} + \overline{V_m}\,\overline{y_{m0}} \qquad \text{(II-46)}$$

Les puissances appa $\overline{S_{km}}$ rentes s'écoulant du jeu de barre *k* vers *m*, et ci $\overline{S_{km}}$ rculant du jeu de barres *m* vers *k*, sont :

$$\overline{S_{km}} = \overline{V_k}\,\overline{I_{km}^*} = (\overline{V_k^*} - \overline{V_m^*})\overline{y_{km}^*} + V_k^2\,\overline{y_{k0}^*} \qquad \text{(II-47)}$$

$$\overline{S_{mk}} = \overline{V_m}\,\overline{I_{mk}^*} = (\overline{V_m^*} - \overline{V_{mk}^*})\overline{y_{km}^*} + V_m^2\,\overline{y_{m0}^*} \qquad \text{(II-48)}$$

La puissance complexe $\Delta\overline{S_{km}}$ perdue dans la ligne $k-m$ due à la transmission est obtenue en faisant la somme algébrique des écoulements de puissances déterminés par les équations (II.48) et (II.49), soit :

$$\overline{\Delta S_{km}} = \overline{S_{km}} + \overline{S_{mk}} \qquad \text{(II-49)}$$

Tel que :

$$\overline{S_{km}} = P_{km} + jQ_{km} \qquad \text{(II-50)}$$

Avec P_{km}, Q_{km} représentent respectivement la puissance active et réactive perdues dans la ligne.

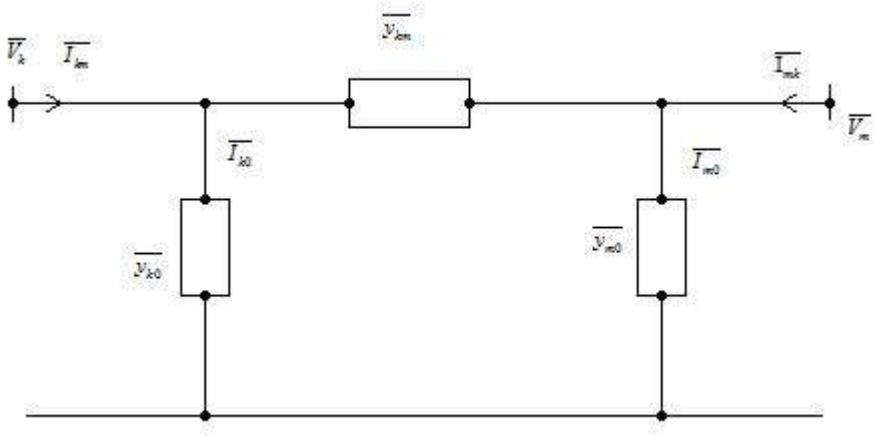


Figure II.7 : Transit de puissances sur une ligne de transmission.

II-6 : Méthodes conventionnelles pour résoudre le problème de dispatching économique.

II-6-1 : Problème du dispatching économique

Le dispatching économique est un problème d'optimisation (off line) 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 comme nous avons vu déjà au premier chapitre, cette distribution doit évidemment respecter les limites de Production des centrales. La variable à optimiser est donc le *coût de production*.

Le problème du dispatching économique statique sans perte est peu complexe car le seul paramètre qui influence le coût est la puissance active générée par la centrale (sans

tenir compte de la puissance perdue dans les lignes lors des transits de puissance entre les centrales et les charges) dont la résolution est faite pour un instant précis.

Notant que les générateurs à 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 .

Cependant ces pertes varient en fonction de la répartition des puissances entre les centrales et la charge. Ainsi, contrairement à celui sans perte, le dispatching économique avec perte tient compte de la topologie du réseau. Pour pénaliser les centrales qui produisent de la puissance dont le transit provoque d'importantes pertes, nous multiplions leur coût incrémental par un facteur de pénalité. La justification physique de ce facteur de pénalité s'explique par le fait qu'à cause des pertes.

Le dispatching économique avec perte est un procédé itératif qui doit converger vers la solution optimale. Si on prend en considération les pertes de puissance constantes, on doit évaluer celles-ci et les inclues dans la demande.

Lorsque le problème prend une dimension dynamique il faut demande évolue dans un intervalle de temps donné (24 heures),plus la complexité de l'algorithme qui présente une demande variable dans le temps,une autre complexité s'ajoute à ce problème car il faut tenir compte dans ce cas les états des centrales ainsi que les contraintes Rampes des générateurs

II-6-2 : Solution du dispatching économique sans pertes .

La solution du dispatching économique est obtenue à l'aide de deux types de méthodes d'optimisation, le premier type utilise le gradient (fonction de Lagrange) comme : La méthode de Kuhn-Tucker et la méthode de gradient. Le deuxième type utilise les itérations (minimisation sans gradient) : la méthode d'itération de Lambda.

Dans certains cas on peut considérer le problème de dispatching comme linéaire par parties, si on considère le problème du dispatching comme un problème linéaire on utilise la programmation linéaire.

II-6-2-1 : La méthode de Kuhn-Tucker .

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

$$\sum_{i=1}^{ng} P_{gi} = P_d \qquad \text{(II-51)}$$

$$P_{gi}^{\min} \le P_{gi} \le P_{gi}^{\max} \qquad \text{(II-52)}$$

Avec P_d : la puissance commende.

i: design le nombre de générateur.

ng : nombre de générateur.

$P_{gi}^{\min}, P_{gi}^{\max}$: Les puissances maximale inferieure et supérieure du générateur. La méthode de« **Kuhn-Tucker** » consiste à construire le ***Lagrangien*** qui tient compte des contraintes d'égalité et :

$$L(x, \text{a}, \quad) = f(x) + \text{a}\, h(x) + \sum_{i}^{ng} {}_i g_i(x) \qquad \text{(II-53)}$$

$$L(P_{gi}, \text{a}) = C + \text{a}\,(P_a - \sum_{i} P_{gi}) \qquad \text{(II-54)}$$

Où $f(x) = C'$ est la *fonction à optimiser*,

$$h(x) = P_d - \sum_{i=1}^{ng} P_{gi} \qquad \text{(II-55)}$$

est la *contrainte d'égalité* mis sous la forme $h(x) = 0, g(x)$ sont les *contraintes d'inégalité* (équation II.52) mis sous la forme $g(x) \le 0$ Notre fonction à optimiser est bien entendue *le coût total* défini par :

$$C_i = \sum_{i=1}^{ng} (C_i P_{gi}) \qquad \text{(II-56)}$$

$$C_i(P_{gi}) = \sum_{i=1}^{ng} a_i + b_i P_{gi} + c_i P_{gi}^2 \qquad \text{(II-57)}$$

Pour ensuite atteindre l'optimum, il suffit pour commencer de l'évaluer en négligeant les contraintes d'inégalité $_i = 0$, Si cet optimum vérifie les contraintes d'inégalité, il s'agit de la solution recherchée, dans le cas contraire, on transforme certaines inégalités non-vérifiées en égalités (pour imposer ces inégalités à leurs limites) et on recalcule un nouvel optimum en tenant compte de ces nouvelles égalités. L'optimum sera atteint dès que toutes les contraintes d'inégalités seront vérifiées.

En effet, pour trouver le premier optimum des P_{gi} (en négligeant donc les contraintes d'inégalité), il faut dériver notre Lagrangien en fonction des P_{gi} et du coefficient de Lagrange , et annuler ces dérivées de sorte à obtenir les conditions sur l'optimum suivant :

$$\frac{\partial L}{\partial P_{gi}} = \frac{\partial C_i}{\partial P_{gi}} - \mathsf{a} = 0 \qquad \text{(II-58)}$$

$$\frac{\partial L}{\partial \mathsf{a}} = P_d - \sum_{i=1}^{ng} P_{gi} = 0 \qquad \text{(II-59)}$$

$\frac{\partial C_i}{\partial P_{gi}}$:c'est le « coût incrémental »

Si on reprend la première condition, on peut calculer :

$$\mathsf{a} = \frac{\partial C_i}{\partial P_{gi}} = b_i + 2c_i P_{gi} \qquad \text{(II-60)}$$

$$P_{gi} = \frac{(\mathsf{a} - b_i)}{2c_i} \qquad \text{(II-61)}$$

En reprenant ensuite la seconde condition, on a :

$$P_d = \sum_{i=1}^{ng} P_{gi} = \sum_{i=1}^{ng} \frac{(\mathsf{a} - b_i)}{2c_i} \qquad \text{(II-62)}$$

$$P_{gi} = \frac{1}{2C_i}\left(\left(\frac{1}{\sum_{i}^{ng}\frac{1}{2C_i}}\right)\left(P_d + \sum_{i}^{ng}\frac{b_i}{2C_i}\right) - b_i\right) \qquad \text{(II-63)}$$

L'expression (II.59) nous donne donc l'ensemble des P_{gi} minimisant le coût total (contraintes d'inégalité négligées) et constituant notre premier optimum, n'est pas calculable dans le cas ou C_i est nul. Or ce coefficient pourrait être nul pour quelques centrales. Nous arrivons donc à la conclusion que la méthode d'optimisation de « **Kuhn-Tucker** » n'est pas adaptée à tous les problèmes.

II-6-2-2 : La méthode du gardien .

Le problème consiste donc à trouver un minimum global de la fonction erreur *E* entre la fonction *f(t)* et les points « *target* ». La méthode du gradient est l'une des principales méthodes pour déterminer cette région d'optimisation.

En effet, afin de minimiser une fonction à partir d'une solution approchée, le plus simple est de suivre la ligne de plus grande pente. D'un point de vue mathématique, la pente d'une fonction correspond à la dérivée de cette dernière. Si l'on se place dans le cadre d'une fonction ayant plusieurs paramètres, la dérivée devient un vecteur : *le gradient de la fonction*. Chaque élément de ce vecteur correspond alors à la dérivée partielle de la fonction selon l'un de ses paramètres.

Soit f une fonction (suffisamment dérivable) dont on recherche un minimum. La méthode du gradient construit une suite x_n qui doit en principe s'approcher du minimum.

$$x_{n+1} = x_n - \circ f'(x_n) \qquad \text{(II-64)}$$

Ou $\circ$ est une valeur "bien" choisie réelle non nulle

$f(x_{n+1}) = f(x_n) - \circ f'(x_n) \approx f(x_n) - \circ (f''(x_n)^2)$ d'après le théorème des approximations finies si $\circ f'(x_n)$ est "suffisamment" petit.

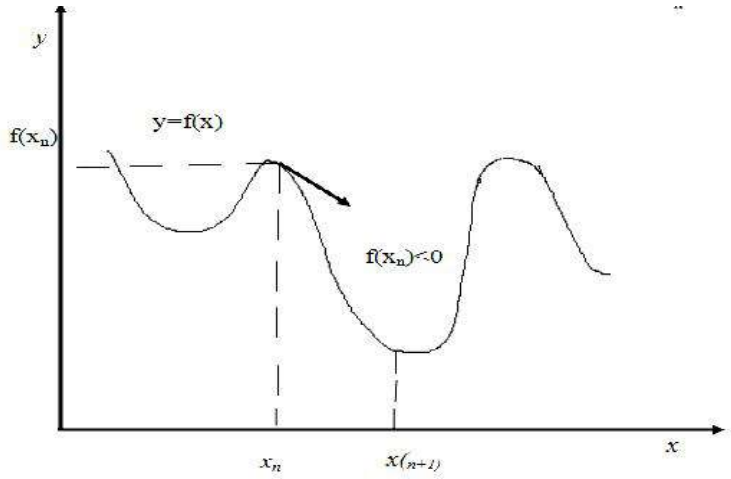


Figure II-8 : Méthode de gradient.

On remarque que x_{n+1} est d'autant plus éloigné de x_n que la pente de la courbe en x_n est grande. On peut décider d'arrêter l'itération lorsque cette pente est suffisamment faible (en dimension 2 par exemple, un minimum correspond à une *pente nulle*).

II-6-2-3 : Application au dispatching économique .

Appliquant la méthode du gradient au dispatching économique, la fonction à optimiser est :

$$P_d = \sum_{i=1}^{ng} P_{gi} \qquad \text{(II-65)}$$

Premièrement, on doit construire la fonction de Lagrange :

$$L = F + \text{a}(P_d - \sum_{i=1}^{ng} P_{gi}) = \sum_{i=1}^{ng} f_i(\mathrm{P}_{gi}) + \text{a}(P_d) - \sum_{i=1}^{ng} P_{gi} \qquad \text{(II-66)}$$

Le gradient de la fonction de Lagrange est :

$$\nabla L = \begin{pmatrix} \frac{\partial L}{\partial P_{g^2}} \\ \frac{\partial L}{\partial P_{g^2}} \\ \vdots \\ \frac{\partial L}{\partial P_{g^n}} \\ \frac{\partial L}{\partial \mathrm{a}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{\partial P_{g^1}}{\partial P_{gn}} - \mathrm{a} \\ \frac{\partial P_{g2}}{\partial P_{gn}} - \mathrm{a} \\ \vdots \\ \frac{\partial f P_{g^n}}{\partial P_{g^n}} - \mathrm{a} \\ P_d - \sum_{i=1}^{ng} P_{gi} \end{pmatrix} \qquad (\text{II- } 67)$$

Pour utiliser le gradient ∇L pour la solution du dispatching économique, les valeurs initiales, $P_{g1}{}^0, P_{g2}^0, P_{gn}^0, \mathrm{a}^0$, doivent être données. Les nouvelles valeurs seront calculées avec les équations suivantes :

$$x^1 = x^0 - £\nabla L \qquad (\text{II-}68)$$

où les vecteurs x^1, x^0 sont :

$$x^0 = \begin{pmatrix} P_{g1}^0 \\ P_{g1}^0 \\ \vdots \\ P_{gn}^0 \\ \mathrm{a}^0 \end{pmatrix} \qquad (\text{II-}69)$$

$$x^1 = \begin{pmatrix} P_{g1}^1 \\ P_{g1}^1 \\ \vdots \\ P_{gn}^1 \\ \mathrm{a}^1 \end{pmatrix} \qquad (\text{II-}70)$$

L'expression générale de la recherche du gradient est :

$$x^n = x^{n-1} - £\nabla L \qquad \text{(II-71)}$$

où *n* est le nombre d'itérations :

II-6-2-4 : La méthode d'itération de Lambda.

La méthode d'itération de Lambda est l'une des méthodes utilisées pour trouver la valeur de Lambda du système et trouver le dispatching économique optimal des générateurs. Contrairement aux autres méthodes d'itération, comme : Gausse-Seidel et Newton –Raphson, la méthode d'itération de Lambda n'utilise pas la valeur précédente de l'inconnue pour trouver la valeur suivante c'est-à-dire il n'y a pas une équation qui calcule la valeur suivante en fonction de la valeur précédente. La valeur suivante est prédéfinie par *intuition*, elle est projetée avec interpolation de la bonne valeur possible jusqu'à ce que le décalage spécifié soit obtenu.

On va maintenant discuter comment trouver le dispatching économique optimal utilisant cette dernière.

1- la méthode exige qu'il y ait une correspondance entre une valeur lambda et l'output (en MW) de chaque générateur.

2- la méthode commence avec des valeurs de lambda en-dessous et en-dessus de la valeur optimale (qui est inconnue), puis par itération limite la valeur optimale.

on choisi a^H , a^L telque:

$$P_{gi}(a^L) - P_d \prec 0 \qquad \text{(II-72)}$$

$$P_{gi}(a^M) - P_d \prec 0 \qquad \text{(II-73)}$$

On pose :

$$a^M = \frac{(a^H + a^H)}{2} \qquad \text{(II-74)}$$

$$\sum_{i=1}^{m} P_{gi}(a^M) - P_d \succ 0 \qquad \text{(II-75)}$$

On pose :

$$a^l = a^h \qquad \text{(II-76)}$$

$$\sum_{i=1}^{m} p_{gi}(\alpha^{m}) - p_d \langle 0 \qquad \text{(II-77)}$$

On si pose :

$$\alpha^{l} = \alpha^{m} \qquad \text{(II-78)}$$

On refait le calcul jusqu's a :

$$\left|\alpha^{l} = \alpha^{m}\right| \succ £ \qquad \text{(II-79)}$$

D'où £ est la tolérance de convergence.

II-6-3 : dispatching économique avec pertes

Deux approches sont essentiellement utilisées pour la solution de dispatching économique avec pertes [20], le premier est le développement d'une expression mathématique des pertes en fonction des puissances de sortie de chaque unité de production (comme celle de beta coefficient) [21]. La deuxième approche consiste à utiliser les équations de l'écoulement de puissances optimal (optimal power flow)

II-6-3-1 : Première approche (utilisation d'une expression mathématique des pertes)

La fonction à optimiser reste la même, cependant, les pertes de transmission doivent être ajoutées aux contraintes d'égalité tel que :

$$p_d + p_{loss} - \sum_{i=1}^{ng} p_{gi} = 0 \qquad \text{(II-80)}$$

Avec :

p_{loss} : Pertes actives de transmission.

La fonction de Lagrange pour ce nouveau cas est donnée par :

$$l(p_{gi}, \alpha) = c + \alpha(p_d + p_{loss} - \sum_i p_{gi}) \qquad \text{(II-81)}$$

Les dérivées de la fonction de Lagrange par rapport aux variables indépendantes nous donne :

$$\frac{\partial l}{\partial p_{gi}} = \frac{dc(p_{gi})}{dp_{gi}} - a(1 - \frac{\partial p_{loss}}{\partial p_{gi}}) = 0$$

$$\frac{dc_i(p_{gi})}{dp_{gi}} - a\frac{\partial p_{loss}}{\partial p_{gi}} = a$$

$$a = \frac{dc_i(p_{gi})}{dp_{gi}}(\frac{1}{1 - \frac{\partial p_{loss}}{\partial p_{gi}}})$$

$$\frac{\partial l}{\partial a} = p_d + p_{loss} - \sum_i p_{gi} = 0 \qquad \text{(II-82)}$$

Les équations (II.81) et (II.82) sont des conditions nécessaires pour résoudre le problème de dispatching avec pertes. Il faut noter que dans la pratique la fonction de pertes n'est pas donnée directement donc on doit l'extraire à l'aide des équations de l'écoulement de puissances.

II-6-3-2 : Deuxième approche (utilisation de L'OPF).

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 inclues dans la demande. Elles varient en fonction de la répartition des puissances entre les centrales et de la consommation locale de puissance. Ainsi, contrairement à celui sans pertes, le dispatching économique avec pertes tient compte de la topographie du réseau. Pour pénaliser les centrales qui produisent de la puissance dont le transit provoque d'importantes pertes, nous multiplions leur coût incrémental par un ***facteur de pénalité*** comme indique le paragraphe (II.2.1). Pour l'appliquer au dispatching économique avec perte, il nous faut :

- ✓ Calculer les pertes.
- ✓ Calculer le facteur de pénalité.
- ✓ Déterminer un critère de convergence.

a- Organigramme synoptique de l'algorithme

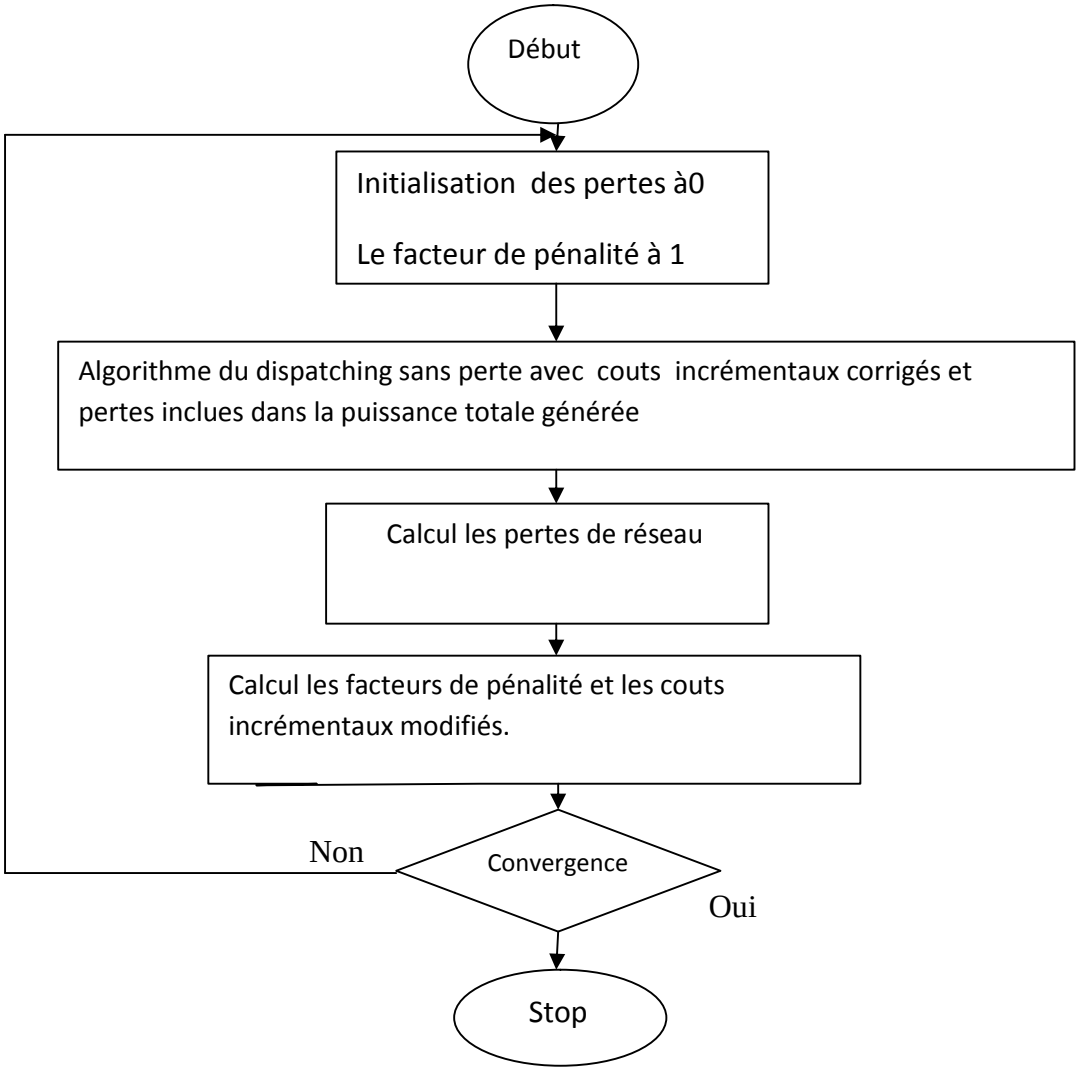


Figure II-9 : Diagramme synoptique.

b-Facteur de pénalité.

Soit, la puissance p_{gi} générée par la centrale i, le coût C_t de production, p_{ci} la partie de la puissance générée par la centrale i qui est réellement consommée par les charges, p_{lossi} la partie de la puissance générée qui est perdue dans les lignes. Nous Savons que :

$$\frac{¢c_i}{¢p_{gi}} = b_i + 2c_i p_{gi} \qquad \text{(II-83)}$$

Et que : $p_{gi} = p_{ci} + p_{lossi}$

Donc : $dc = b_i dp_{gi} + 2c_i p_{gi} dp_{gi}$

$$dc = b_i(dp_{ci} + dp_{lossi}) + 2c_i p_{gi}(p_{lossi} + dp_{lossi})$$

Ce qui implique :

$$\frac{¢c_i}{¢p_{ci}} = (b_i + 2c_i p_{gi})(1 + \frac{dp_{lossi}}{dp_{ci}})$$

$$\frac{¢c_i}{¢p_{ci}} = (b_i + 2c_i p_{gi})(\frac{dp_{ci} + dp_{lossi}}{dp_{ci}})$$

$$\frac{¢c_i}{¢p_{ci}} = (b_i + 2c_i p_{gi})(\frac{dp_{gi}}{dp_{ci}})$$

$$\frac{¢c_i}{¢p_{ci}} = (b_i + 2c_i p_{gi})(\frac{dp_{ci}}{dp_{gi}})^{-1} \quad \frac{¢c_i}{¢p_{ci}} = (b_i + 2c_i p_{gi})(\frac{dp_{gi} - dp_{lossi}}{dp_{gi}})^{-1}$$

$$\frac{¢c_i}{¢p_{ci}} = (b_i + 2c_i p_{gi})(1 - \frac{dp_{loss}}{dp_{gi}})^{-1} \qquad \text{(II-84)}$$

Puisque :

$$\frac{dp_{lossi}}{dp_{gi}} = \frac{dp_{loss}}{dp_{gi}}$$

$$\frac{¢c_i}{¢p_{ci}} = (b_i + 2c_i p_{gi})(1 - \frac{dp_{loss}}{dp_{gi}})^{-1} \qquad \text{(II-85)}$$

On obtient :

$$\frac{¢c_i}{¢p_{ci}} = (b_i' + 2c_i' p_{gi}) \qquad \text{(II-86)}$$

Avec : $b_i' = b_i f_i$, et : $c_i' = c_i f_i$

Ainsi : $f_i = (1 - \frac{dp_{loss}}{dp_{gi}})^{-1}$

$\frac{¢ c_i}{¢ p_{gi}}$: représente l'accroissement du coût de production pour une augmentation de la puissance consommée par les charges. Cette valeur est plus intéressante pour nous que le coût incrémental défini précédemment car il tient compte des pertes. Ainsi, le critère pour la distribution des paquets de puissance sera dorénavant trouver le coût incrémental corrigé le plus faible.

C. Critère de convergence .

Si : $p_{gi} - p_d - p_{loss} \leq £$, le système a convergé.

II-6-4 : Désavantage des méthodes conventionnelles .

Après avoir étudier quelques méthodes mathématiques non linéaires les plus réputées et utilisées dans le domaine de l'optimisation notamment à la résolution du problème de répartition optimale de puissances active générée, elles constituent ainsi un atout mathématique puissant dans la recherche de l'optimum global minima ou maxima des fonctions quadratiques selon la nature du problème de l'optimisation (minimisation ou maximisation d'un tel critère).

Néanmoins ces méthodes présentent des inconvénients majeurs lorsque le problème devient :

1-de plus en plus fortement non linaire.

2- la fonction à optimiser n'est pas différentiable.

3- la fonction à optimiser a plusieurs objectifs à optimiser simultanément (optimisation multi-objectifs).

Leurs désavantages présentent dans les principales raisons suivantes :

- leurs convergences vers des optimums locaux .

- difficulté majeure confrontée lors de leur programmation et de mise en œuvre.

Les chercheurs ont vécu, lors des récentes dernières décennies la naissance de plusieurs méthodes globales d'optimisation ayant l'aspect stochastique probabiliste tel que les algorithmes génétiques [22], , Algorithme d'optimisation par colonie de Fourmies [23], …etc. Ces méthodes sont proposées dont l'objectif est de remplacer les méthodes conventionnelles qui sont inadéquates, voire inutilisables dans les problèmes mathématiques de grande complexité mathématique.

Le futur chapitre aborde d'une manière détaillée des définitions de base, les mécanismes de recherche stochastique ainsi les modèles mathématiques de méthode globales d'optimisation que nous avons utilisé pour la résolution du problème de dispatching économique à savoir :

- les algorithmes génétiques (GA).

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons analysé le problème de l'écoulement de puissance d'une manière détaillée dans sa première partie, toutes les équations de l'écoulement de puissance sont ainsi abordées, des schémas unifilaires simplificatrices ont été introduites afin de mieux représenter l'ensemble des éléments de notre réseau électrique (lignes, transformateurs impédances ,charges électriques…etc.), dans la deuxième partie, la solution du dispatching économique par utilisation des méthodes classiques les plus répondues ont été étudiées avec et sans considération de pertes .

Introduction

Les algorithmes génétique (AG) sont des technique de recherche et d'optimisation stochastiques dérivées de la génétique et des mécanismes de la sélection naturelle et de l'évolution .leurs champs d'application sont très vastes : économie, fiance, optimisation de fonction, dispatching, et bien d'autre domaines.la raison de ce grand nombre d'application est claire : simplicité et efficacité.

Les premiers travaux sur les algorithmes génétiques ont commencé dans les années cinquante, lorsque plusieurs biologistes américaine ont simulé des structures biologique sur ordinateur .puis, entre 1960 et 1970 **John Holland [23]**, sur la base des travaux précédents développe les principes fondamentaux des algorithmes génétiques dans le cadre de l'optimisation mathématique.

A cette époque ,l'informatique n'avait pas encore connu de développement et ses travaux n'ont pas pu être appliqués sur des problèmes réels de grand taille, la parution en 1989 de l'ouvrage de référence écrit par GOLDBERG [24],qui décrit l'utilisation de ces algorithmes dans le cadre de résolution de problèmes concerts ,a permis de mieux faire connaitre ces derniers dans la communauté scientifique et a marqué le début d'un nouvel intérêt pour cette technique d'optimisation .

Une population de solution candidates ou *individus,* est maintenue, et les individus rivalisent les un avec les autres pour survivre.une fois évaluer , les individus les plus forts ont une plus grande chance a contribuer a la production de nouveaux individus (descendants) par apport à ceux plus faibles, lesquels peuvent ne pas contribuer de tous. Les descendants sont produits à travers une recombinaison par laquelle ils héritent des caractéristiques génétiques de chacun de leurs parents.et également à travers la mutation qui peut en conférer quelques – unes des caractéristiques certainement innovatrices .une nouvelle population est alors générée à partir des individus crées récemment ,et de certains et de certains individus appartenant à l'ancienne population .c'est la procédure de réinsertion.

Dans les prochaines étapes de sélection, les descendent sont aussi amenés à rivaliser les uns avec les autres, et probablement avec leurs parents. L'amélioration dans la population survient comme une conséquence de la procédure de sélection répétée des meilleur parents, qui sont par la suit plus rassurants produire de bons descendants, et l'élimination conséquente des mauvais éléments.la solution la finale du problème est représentée par le meilleur individu de la dernière population.

Ce chapitre sera divisé en deux parties.la première partie concède la présentation de quelque concepts fondamentaux sur les algorithmes génétique .la deuxième partie traitera, étape par étape, des exemples d'application simples afin de mieux comprendre le déroulement d'un algorithme génétique.

III.2 présentation des algorithmes génétique.

D'une manière globale, un algorithme génétique manipule la solution potentielles d'un problème donné afin d'atteindre la solution optimale ou une solution jugée satisfaisante l'algorithme est organisé en plusieurs étape et fonctionne de manière .itérative.la (figure III.1) représente l'algorithme génétique le plus simple introduit par Holland[23] celui-ci met en œuvre différents opérateurs qui seront décrits dans la section suivante. Mais avant, il est nécessaire de définir quelques termes de base rencontrés dans la littérature :

- ***Individu*** : solution potentielle du problème.
- ***Chromosome*** : solution potentielle du problème sous une forme codé, c à-d une suit (chaine) de caractères.
- ***Population*** : ensemble fini d'individus de solution.
- ***Gène*** : partie élémentaire (caractère) non divisible d'un chromosome.
- ***Fitness*** : terme anglo-saxon qui désigne la fonction d'évaluation d'un individu. Cette fonction est liée à la fonction optimiser et permet de définir le degré de performance d'un individu (donc d'une solution) vis-à-vis du problème.

III.3 : description des algorithmes génétique.

Dans ce qui suit, nous décrire plus en détail les différentes étapes du simple algorithme génétique de la figure(**III.1**).

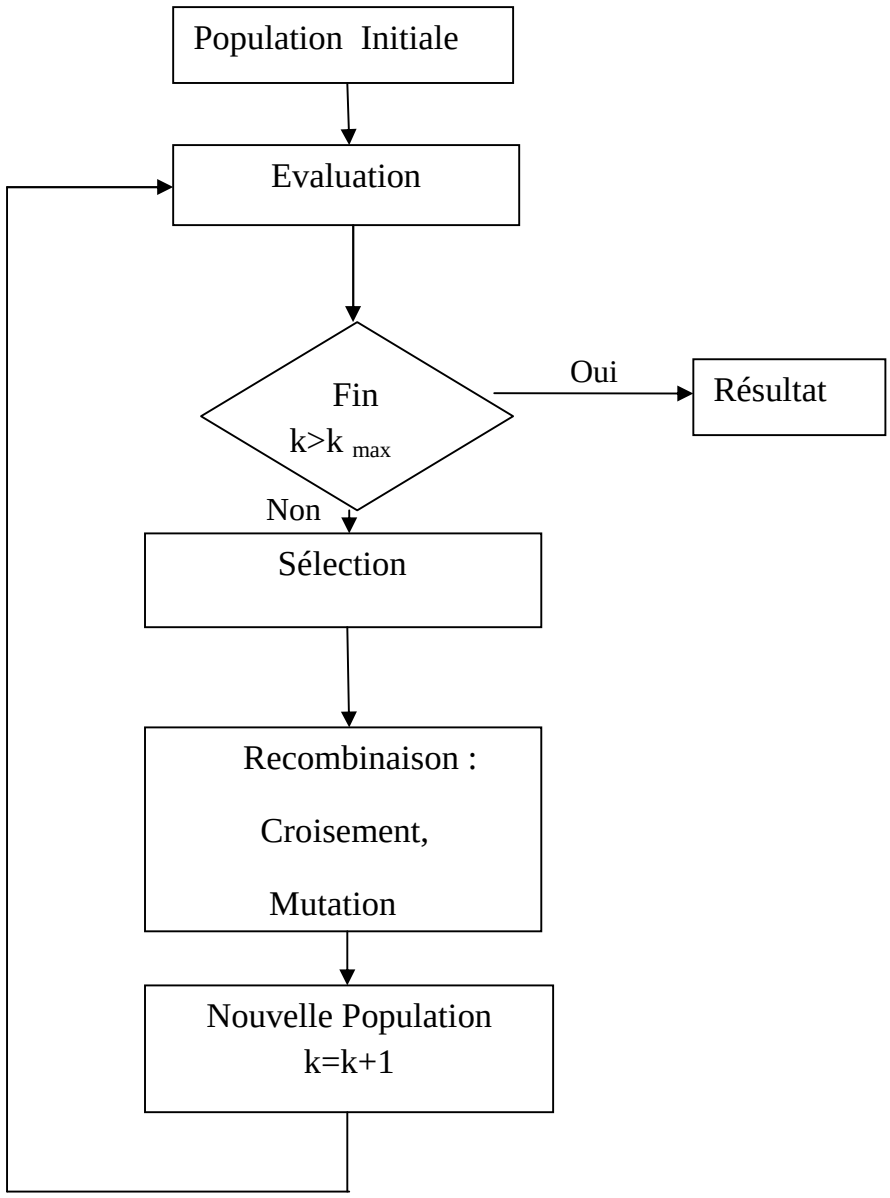


Figure III-1 : organigramme d'un algorithme génétique simple

III.3.1 : Codage et initialisation.

La première étape dans la procédure d'un algorithme génétique est le codage des paramètres du problème afin de constituer les chromosomes. Le type de codage le plus utilisé est le codage binaire , mais d'autres types peuvent être utilisés [25],par exemple le codage ternaire ,entier, réel etc. le passage de la représentation réelle à la représentation codée se fait grâce à des fonctions de codage et décodage .

Par exemple, dans le cas d'un codage binaire d'un variable réelle x définie dans un intervalle $[x_{\min}, x_{\max}]$,on discrétise l'espace de recherche en $g_{\max} = 2^{n-1}$ valeurs discrètes ou représente le nombre de bit sur lequel la variable est codée. Ensuite, on associe à la variable x l'entier défini par :

$$g = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} g_{\max} \qquad \text{(III-1)}$$

Il suffit de convertir l'entier g en binaire pour trouver la valeur binaire du paramètre x .pour revenir à la représentation réelle, il faut d'abord convertir la représentation binaire en décimale, on calculer x par la formule suivante :

$$x = x_{\min}(x_{\max} - x_{\min})\frac{g}{g_{\max}} \qquad \text{(III-2)}$$

Tout les paramètres du problème sont codés de la même manière puis associés pour former un chromosome comme le montre la figure III.2 est annoter que les paramètres n'ont pas, obligatoirement le même nombre de gènes.

Une fois les fonctions de codage et décodage établies, on initialise la population de départ de l'algorithme .cette population est formée par un nombre fixe d'individus (chromosome).le choix de ces individus se fait sur la base d'une connaissance à priori, sinon ils sont générés aléatoirement.

Remarques

- Dans la figure(III.2), nous avons défini un formé par un seul bit, ce qui est le cas dans de nombreux travaux .cela veut dire que tous le bit peuvent être manipulés indépendamment .cependant, on peut définir un gène par un ensemble de bit et c'est cet ensemble qui sera manipulé par l'algorithme Negnevitsky.
- La fonction de codage est inutile dans le cas ou la population est initialisée aléatoirement .en effet, on peut tirer au hasard les individus directement dans leur représentation codée .par contre la fonction de décodage est nécessaire pour l'évaluation de ces individus.

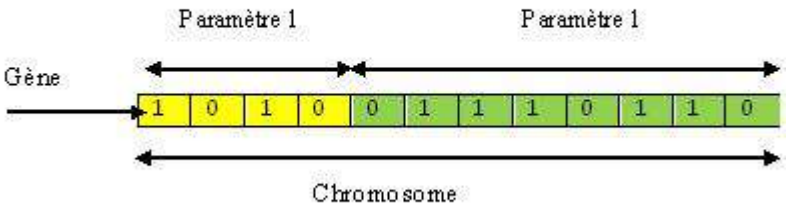


Figure III.2 : le chromosome en codage binaire.

III.3.2 : évaluations.

L'évaluation consiste à mesurer la performance de chaque individu de la population. On utilise pour cela une fonction directement liée à la fonction objective si fonction à optimiser est appelée fonction fitness .c 'est une fonction réelle positive qui reflète la force de l'individu. Un individu ayant une grande valeur fitness représente une bonne solution au problème, alors qu'un individu ayant une faible valeur fitness représente une solution médiocre .Ainsi quel que soit le problème traité, l'algorithme génétique tend à maximiser la fonction fitness des individus. Dans le cas d'un problème de minimisation, la fonction fitness peut être obtenue en utilisant une des manières suivantes :

$Fit(x) = N - F_{obj}(x)$ *si* $F_{obj}(x) \geq N$ si $non\,Fit(x) = 0$ (N est une constante positive).

$$Fit(x) = \frac{1}{F_{obj}(x)}$$

$$Fit(x) = -F_{obj}(x)$$

Contrairement aux méthodes d'optimisation classiques, aucune condition liée à la dérivabilité, à la continuité et à la convexité ou à la concavité n'est requise pour la fonction objective. Il suffit juste qu'un fournisse une valeur numérique finie pour chaque individu. Cela donne aux algorithmes génétique un caractère très attrayant pour la résolution de problèmes dont les propriétés mathématique sont méconnues ou très délicates à déterminer.

III.3.3 : Sélection.

La sélection dans les algorithmes génétique, joue le même rôle que la sélection naturelle. Elle suit le principe Darwinien sur la survie des individus les plus adaptés [**25**]. Elle décide en quelque sorte, quels sont les individus qui survivent et quels sont ceux qui disparaissent en se basant sur leurs fonction fitness.une population dite intermédiaire est alors formée par les individus sélectionnés. Il existe plusieurs méthodes de sélection nous ne citerons que deux des plus connues.

III.3.3.1 : méthode de la roulette de loterie.

C'est une méthode classique de sélection qui consiste à dupliquer chaque individu de la population proportionnellement à sa fonction d'adaptation. Son principe est d'associer à chaque individu une portion d'une roue dont la surface dépend uniquement de sa valeur fitness [***25***]. Un individu présentant une valeur fitness nulle ne sera pas représenté sur la roue. Il n'aura donc aucune chance d'être sélectionné. Les individus ayant grande valeur fitness auront une grosse portion et auront, par de chance sélectionnés.

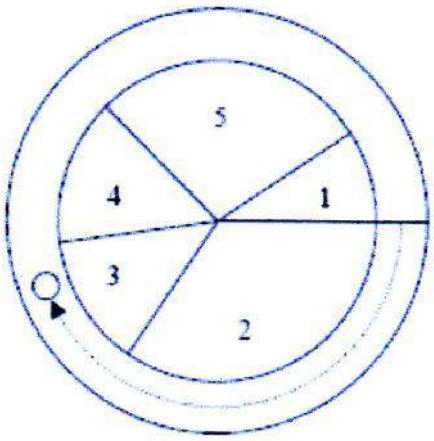


Figure III.3: sélection par la méthode de la roue de loterie.

Pour réaliser sélection, il suffit de faire tourner la roue autant de fois que le nombre d'idividus.la figure **(III.3)** illustre un exemple de roue de loterie. Les numéros de 1à5 représentent les numéros des individus.

III.3.3.2 : méthodes du tournoi

le principe de cette méthode est de tirer aléatoirement un groupe de *k* individus parmi la population, et de sélectionner le meilleur d'entre eux. Ce processus est répété jusqu'à ce que le nombre d'individus de la population intermédiaire soit égal au nombre total d'individus formant la population initiale. Nous avons trouvé dans la littérature deux versions différentes de cette méthode, notamment au niveau de la façon dont les groupes sont formés.

Selon Coello ,1996, la population est divisée en groupes de *k* individus. Ensuit, on sélectionne le meilleur de chaque groupe.il faut *k* itérations pour remplir la population intermédiaire parce qu'à chaque fois *m* individus sont sélectionnés ou *m* est défini par :

$$m = \frac{taille \quad de \quad la \quad population}{k} \qquad \text{(III.3)}$$

Solon blickle et Luke ,2000, la procédure est la suivant : on tire *k* fois un individu avec replacement chaque tirage inclut tout les individus *y* compris ceux déjà sélectionnés. Ensuit, on sélectionne celui qui présente la plus grande valeur fitness pour le placer dans population intermédiaire. Si N est le nombre total d'individus formant la population alors il faut N itération pour remplir la population intermédiaire.

La seule différence que nous pu constater, c'est que la deuxième version ne fait pas obligatoirement participer tout les individus, et par conséquent, elle n'assure pas que le meilleur individu soit présent dans la population intermédiaire.

III.3.4. recombinaison.

La recombinaison agie directement sur la structure des chromosomes en modifiant leurs génes pour obtenir les nouveaux chromosomes d'une nouvelle population. On dira alors, qu'une nouvelle génération d'individus est née. Lors du passage d'une génération à l'autre, le meilleur individu est supposé évoluer afin d'atteindre l'optimum recherché correspondant à une très bonne solution à notre probléme.il existe deux catégories d'opérateurs de recombinaison l'opérateur de croisement et l'opérateur de mutation.

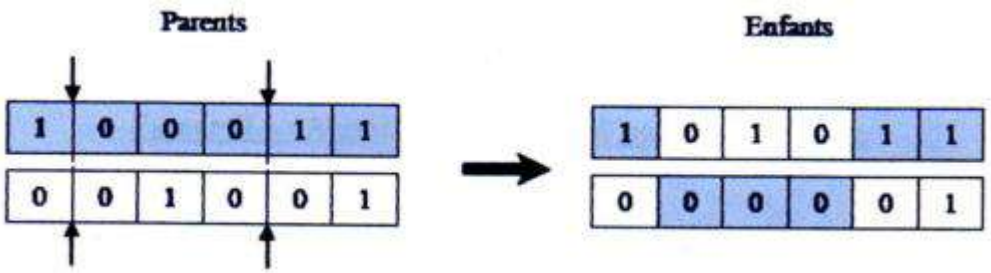
III.3.4.1 croisement.

le croisement permet à un couple d'individus, parmi ceux qui sont sélectionnés, d'échanger leurs informations génétiques c.-à-d. leurs génes.son principe est simple deux individus sont

pris au hasard et sont appelés parents, ensuit, on tire aléatoirement un nombre P dans l'intervalle [0,1] qu'on compare à une certaine probabilité croisement P_c.

- Si $P \succ P_c$ le croisement n'aura pas lieu et les parents sont recopiés dans la nouvelle génération.
- Si $P \leq P_c$ le croisement se produit et les chromosomes des parents sont croisés pour donner deux enfants qui remplacement leurs parents dans la nouvelle génération. Il existe différents types de croisement, les plus connus sont le croisement multipoints, et le croisement uniforme.
  - **le croisement multipoints.**

On p la position de croisement avec $p \in [1,2,...,l-1]$ ou l représente la taille du chromosome, sont choisies aléatoirement pour chaque couple. Ensuite, les gènes entre deux points de croisement successifs sont échanges entre les deux parents produisant deux nouveaux individus appelés enfants .les valeurs typique de p sont : 1 croisement à 1 point et 2 croisement à2 points.



Figure(III.4): croisement multipoints p=2 en codage binaire.

- **Le croisement uniforme.**

Une généralisation du croisement multipoints, chaque gène du chromosome peut constituer un point de croisement. Un chromosome nommé masque, de taille identique à celle des parents, est créé aléatoirement et la valeur des gènes du masque indique de quel parent l'enfant recevra-t-il son gène [***24***].

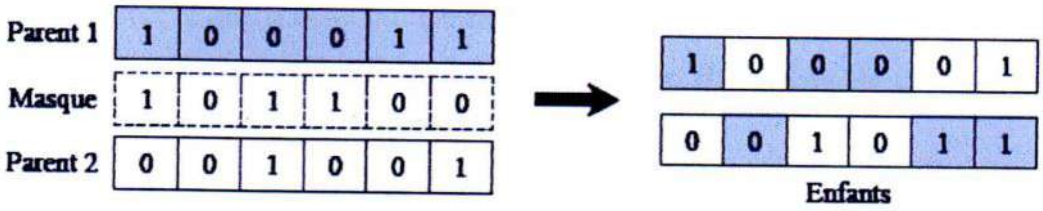


Figure III.5 : croisement uniforme en codage binaire.

III.3.4.2 : Mutation.

L'opérateur de mutation permet d'explorer de nouveaux points dans l'espace de recherche.et il assure la possibilité de quitter les optimums locaux, la mutation s'applique sur chaque gène de chaque individu avec une probabilité de mutation P_m en suivant le même principe que pour le croisement.

- Si $P \succ P_m$ la mutation n'aura pas lieu et le gène tel qu'il est.
- Si $P \leq P_m$ la mutation se produit et le gêne sera remplace par un autre gène tire aléatoirement parmi les déférentes valeurs possibles. Dans le cas d'en codage binaire, cela revient tout simplement à remplace en 0 par 1 et vice seras si comme le montré la figure III.6.

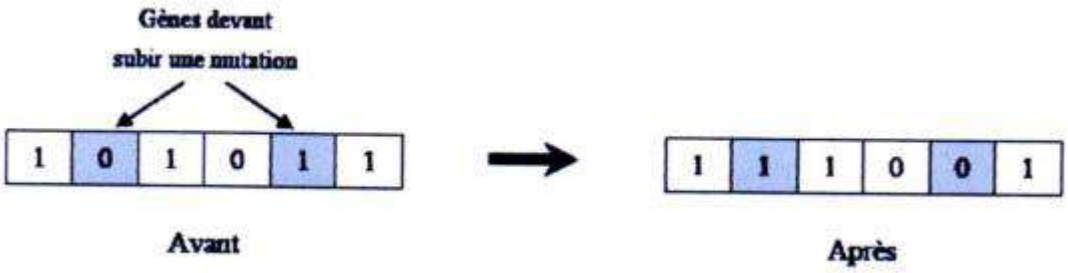


Figure III.6 : mutation dans le cas d'un codage binaire.

Contrairement à l'opérateur de croisement la mutation est souvent comme secondaire ayant pour rôle de restaurer des informations génétiques per dans Srinivas et lerman Par exemple, si tous les chromosomes d'un population convergent vers un 0 à un

emplacement donné, et que la solution optimale possède un l à cet emplacement, l'opérateur de croisement ne pourra pas faire apparaitre le 1 , par contre il est possible que l'opérateur de mutation le fasse .

III.3.5 : Critère d'arrêt.

Comme dans tout algorithme itératif, il faut définir un critère d'arrêt. Celui-ci peut être formulé de différentes façons parmi lesquelles nous pouvons citer :

- Arrêt de l'algorithme lorsque le résultat atteint une solution satisfaisante.
- Arrêt s'il n'y a pas d'amélioration pendant un certain nombre de génération.
- Arrêt si un certain nombre de générations est dépassé.

III.4 : réglage des paramètres d'un (AG).

L'élaboration d'un algorithme génétique nécessite le réglage de certains paramètres. Ce réglage a une influence sur la convergence de l'algorithme et les résultats obtenus. Cependant, il n'existe pas de règle spécifique pour ajuster les paramètres d'un AG, et ils sont souvent choisis de manière empirique.

Quelques remarques sont alors à soulever :

- **Probabilité de croisement** : la probabilité de croisement a une influence considérable sur la vitesse de convergence d'un algorithme génétique. Plus elle est grand et plus elle favoris la recombinaison la recombinaison des individus tout en favorisant de tombre dans un optimum local . Les valeurs classiques pour ce paramètre varient de 0.6 à 0.95.
- **Probabilité de mutation** : elle doit être assez faible par rapport à celle du croisement de manière à ne pas perturber l'évolution de l'algorithme. Une valeur très faible rendra impossible l'extraction des optimums locaux. les valeurs classiques pour ce paramètre varient de 0.001 à 0.2.
- **Taille de la population :** augmenter la taille de la population permet d' augmenter sa diversité et réduit la probabilité d'une convergence prématurée vers un optimum local , mais en même temps elle augmente le temps nécessaire pour converger vers les régions optimales de l'espace de recherche [Srinivas].

III.5 : exemple d'application.

Un exemple d'application simple semble être la meilleure façon de comprendre les concepts de base des algorithmes génétiques. Nous avons vu précédemment. Qu'implémenter un AG revient à évaluer des individus et à manipuler des chromosomes. Dans ce qui suit, nous allons suivre étape par étape le déroulement d'un AG, à traves trois exemples.

III.5.1 : Exemple 1

Pour ce premier exemple, nous avons considéré le cas simple d'une à une variable x appartenant à l'ensemble des entiers naturels. La figure **III.7** représente l'allure de cette fonction. Le problème peut être formulé de la manière suivante :

Maximiser : $F_{obj} = 15x - x^2$ (III.4)

Sujet à $0 \le x \le 15$ (III .5)

- **Codage et initialisation**

Le codage choisi est un codage binaire sur 4 bits. L'espace de recherche est alors discrétisé en valeurs discrètes. Autrement dit, en recherche l'entier x dans l'intervalle [0.15] qui maximise la fonction objective. le chromosome lié à x = 0 est {0,0,0,0} et celui lié à x = 15 est {1,1,1,1} . Toute autre combinaison décodée donnera une valeur de x dans l'espace de recherche considéré.

Par exemple, le chromosome {0,1,1,1} décodé donne x = 7.

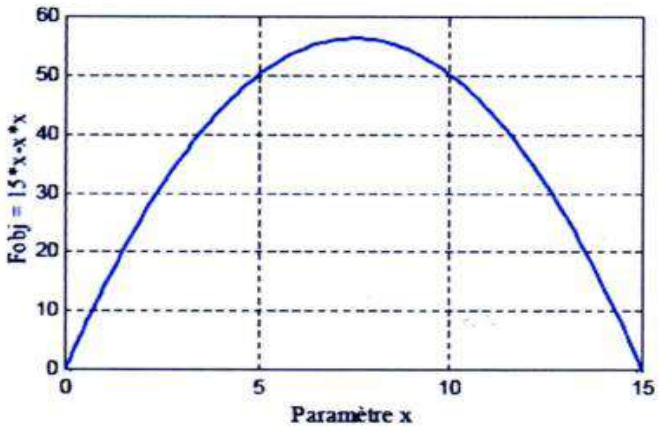


Figure III-7 : tracé de la fonction objective.

Ensuite, on doit décider du nombre d'individus qui formeront la population initiale.

Généralement, le nombre d'individus varie entre 30 et 100, mais pour simplifier nous avons pris une population réduite à 6 individus. Un générateur de nombres aléatoires est utilisé pour assigner un 0 ou un 1 à chaque gène de chacun des individus.

- **Evaluation**

Après initialisation de la population, les individus sont évalués à travers la fonction fitness. Etant donné que la problème est un problème de maximisation d'une fonction positive, alors c'est la fonction objective qui constituera la fonction fitness. Il suffit donc de décoder les chromosomes et de résoudre l'équation (III.4)

La figure II.8 met en évidence les individus de la population initial après évaluation .Les résultats numériques sont donnés par le tableau II.1.

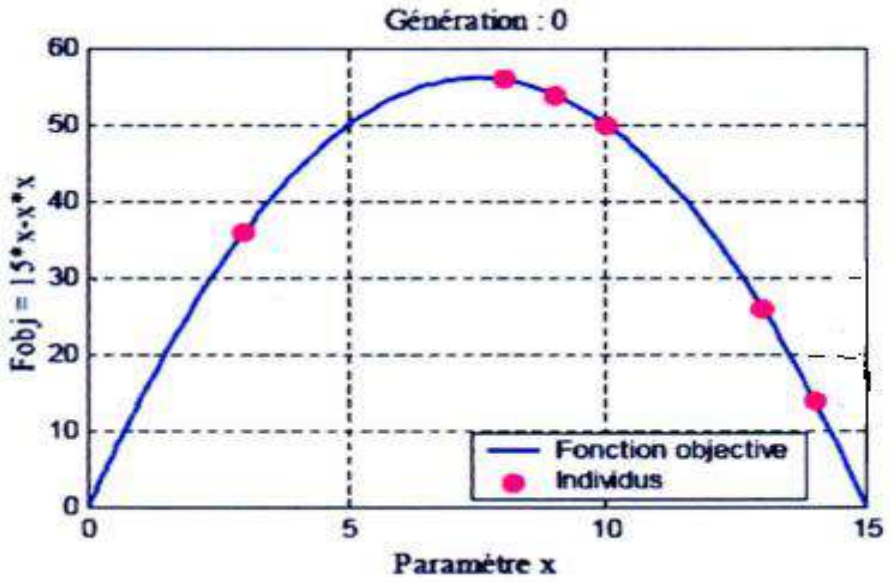


Figure III.8 : représentation des individus de la population initiale sur la tracé de la fonction objective.

- **Sélection**

La sélection consiste à former une nouvelle population (la population intermédiaire) à partir des individus de la population actuelle, en se basent sur leur fonction fitness. Pour cet exemple nous avons utilisé la méthode de la roulette de loterie. La première étape de la

méthode de la roulette est de normaliser la fonction fitness, puis calculer la somme cumulée des valeurs de fitness, comme le montre le tableau III.1.

Tableau III.1 : population initiale et résultats de l'évaluation des individus**.**

N° individus	Chromosome	X	Fitness	fit_{norm}	fit_{cum}
1	1 1 0 1	13	26	0.1102	0.1102
2	1 0 0 1	9	54	0.2288	0.3390
3	1 0 1 0	10	50	0.2119	0.5508
4	1 1 1 0	14	14	0.0593	0.6102
5	0 0 1 1	3	36	0.1525	0.7627
6	1 0 0 0	8	56	0.2373	1.0000

La fonction fitness normalisée d'un individu i est calculée par la formule :

$$fit_{norm}(i) = \frac{fitness(i)}{\sum_{j=1}^{Nind} fitness(j)}$$

$Nind$: Nombre d'individus (III.6)

La somme des valeurs fitness du tableau III.1 donne : 236.

Pour l'individu N° 1 , par exemple , la valeur fitness normalisée est : $\frac{26}{236} = 0.1102.$

Remarque

La somme des valeurs fitness normalisées des individus est toujours égal a 1.

La fonction fitness cumulée correspondant à l'individu i est calculée par :

$$\begin{cases} fit_{cum}(i) = fit_{cum}(i-1) + fit_{norm}(i) \\ fit_{cum}(0) = 0 \end{cases}$$

i=1,2,3……..Nind (III.7)

A partir du tableau, nous pouvons représenter les individus de la population initiale sur la roulette de la figure III.9. D'après cette figure, nous remarquons que les individus qui ont une grande valeur fitness (en l'occurrence les individus 2,3 et 6) ont une portion plus importante que les autres.

La sélection se fait en tournant la roulette autant de fois que le nombre d'individus, c.-à-d. 6 fois. Cette tâche est effectuée en générant 6 nombre aléatoire entre 0 et 1, si un nombre se trouve entre 0 et 0.1102, l'individu 1 est sélectionné .si un autre se trouve entre 0.1102et 0.3390, l'individu 2 est sélectionné, et ainsi de suit.

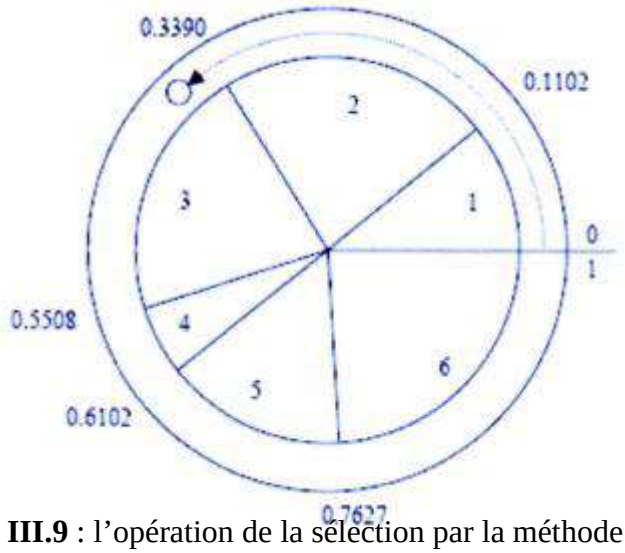


Figure III.9 : l'opération de la sélection par la méthode de la roulette.

La figure III.10 et le tableau III.2 montrent les individus qui sont sélectionnées pour former la population intermédiaire. Certains ont été sélectionnées fois alors que d'autre n'ont pas du tout été sélectionnées. Notons la présence du meilleur individu et du mauvais individu. En effet ,la méthode de la roulette est basée sur des règle probabilites.il est donc possible, bien que peu probable, que la population intermédiaire contient uniquement les mauvais individus.il est aussi possible qu'elle ne contient que les meilleur individus.ces deux cas de figure ne sont pas souhaitables dans un GA, au cntraire,la diversité de la population est ce qu'on recherche .

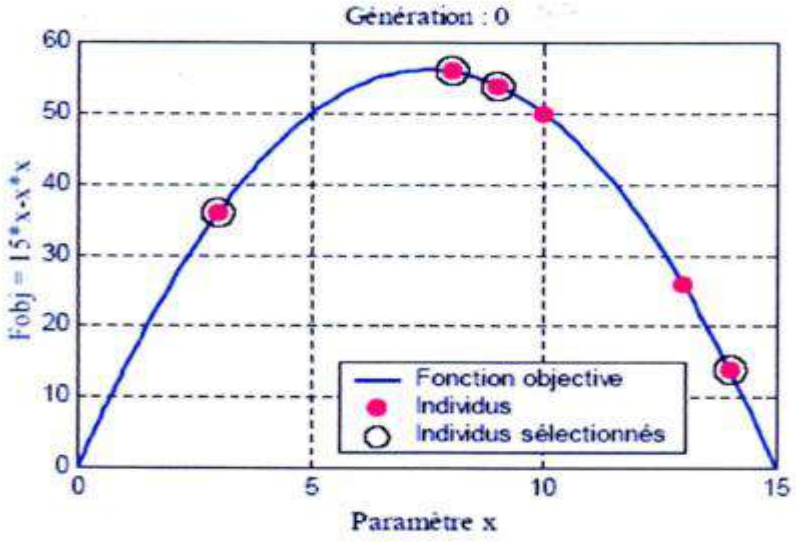


Figure III.10 : sélection des individus pour former la population intermédiaire.

Tableau III.2 : chromosomes de la population intermédiaire.

N° individu	chromosome	*x*	*fitness*
6	1 0 0 0	8	56
2	1 0 0 1	9	54
6	1 0 0 0	8	56
6	1 0 0 0	8	56
4	1 1 1 0	14	14
5	0 0 1 1	3	36

- **Croisement.**

Après la sélection vient l'opération de croisement. Ce processus ns e tient compte que des chromosomes issus de la population intermédiaire. Pour cet exemple nous avons utilisé un croisement simple avec une probabilité de croisement P_c =0.7.

D'bord, les individus sont mélangés l'ordre de tableau III.2 devient(4,6,2,6,6,5).puis deux individus successifs forment un paire de parents, cèle donne les couples suivant :{(4,6),(2,6),(6,5)}.Ensuite , pour chaque paire un nombre aléatoire entre 0 et 1 est généré et comparé à la probabilité de croisement P_c .Si ce nombre est supérieur à P_c la paire ne subit pas de croisement. S'il est inférieur le croisement est appliqué.

Pour déterminer la position du point de croisement, un nombre entier aléatoire entre 1 et 3 est généré. Les gênes se trouvant après le point de croisement sont échangé entre les deux parents. Le tableau III.3 résume la procédure de croisement.

Tableau III.3 : Croisement simple à un point.

	Parents		Enfant
	N°individus	2	
Paire 1	4	1 0 1 0	1 1 0 0
	6	1 0 0 0	1 0 1 0
		Pas de croisement	
Paire 2	2	1 0 0 1	1 0 0 1
	6	1 0 0 0	1 0 0 0
		Pas de croisement	
paire 3	6	1 0 0 0	1 0 0 0
	5	0 0 1 1	0 0 1 1

- **Mutation**

Le dernier opérateur dans un AG simple est l'opérateur de mutation .pour cet exemple, la mutation ne s'est pas produite lors de la génération initiale,

Les chromosomes obtenus forment la population de la génération 1. Les individus de cette nouvelle population sont à leur tour numérotés et évalués le tableau III.4 et la figure III.11 montrent les résultats de l'évaluation .notons que, des la première génération l'objectif a été atteint grâce aux individus N°4etN°5 .il n'est donc pas nécessaire de continuer l'exécution de l'algorithme.

Cependant, l'algorithmes est programmé pour s'arrêter après un certain nombre de génération .il ne s'arrêtera alors que lorsque il arrive à la dernière génération qui, dans cet exemple, est égale à 10.

Tableau III.4 : population de la génération.

N°individus	Chromosome	X	Fitness
1	1 1 0 0	12	36
2	1 0 1 0	10	50
3	1 0 0 1	9	54
4	1 0 0 0	8	56
5	1 0 0 0	8	56
6	0 0 1 1	3	36

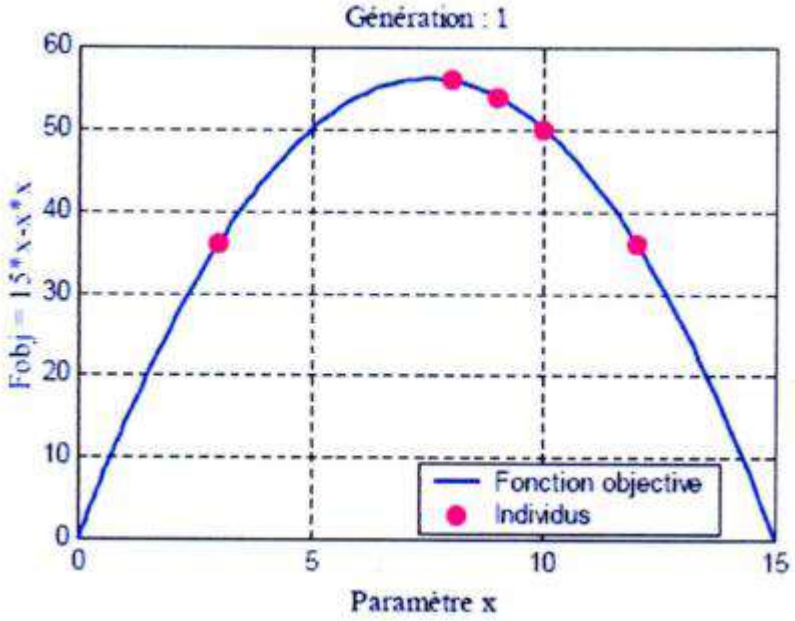


Figure III.11 : représentation des individus de la génération 1 sur le tracé de la fonction objective

- **Convergence des AG**

  La convergence des AG est caractérisée par une uniformisation croissante de la population après un certain nombre de génération, une concentration nette des individus est observée autour de la meilleure solution, comme le montre la figure III.12.

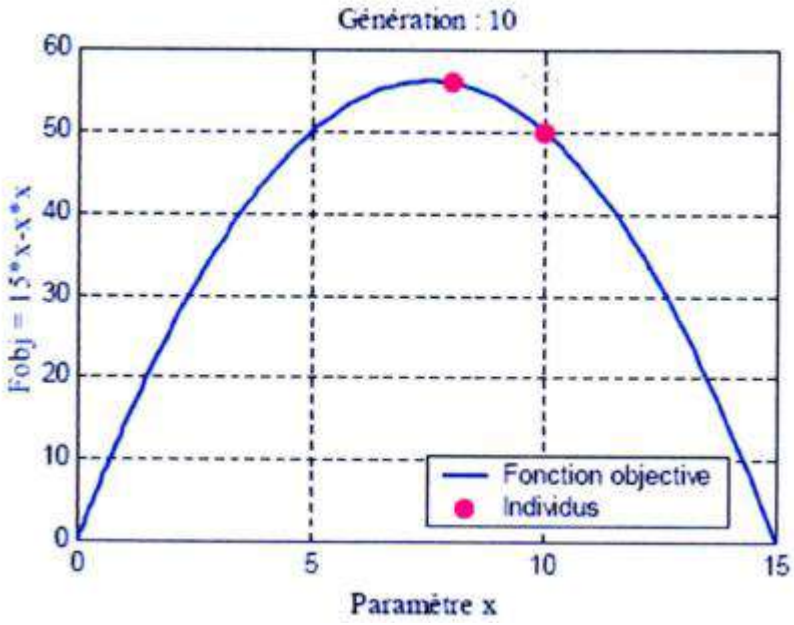


Figure III.12 : représentation des individus de la dernière génération sur le tracé de la fonction objective

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté quelque technique de base pour réaliser un algorithme génétique simple .résoudre un problème en utilisant les AG se rêvaient à représenter les solutions sous forme de chromosomes, définir une fonction fitness pour évaluer la performance d'un chromosome et appliquer les opérateurs de sélection, de croisement et de mutation.

Comme nous avons dit précédemment, les algorithmes génétiques sont des outils efficaces pour une classe de problème très large. De plus, ils permettent de traiter des problèmes ou la fonction à optimiser ne présente aucune propriété de continuité ou de dérivabilité, par exemple.

Les contextes dans lequel se développent les algorithmes génétiques fait qu'ils sont en constante évolution. Ainsi, à l'heure actuelle, il existe une énorme gamme de variantes de l'algorithme génétique de base, en particulier en ce qui concerne les opérateurs génétiques. Leur énumération complète s'avérerait ici fastidieuse et sans lieu direct l'objet de notre étude.

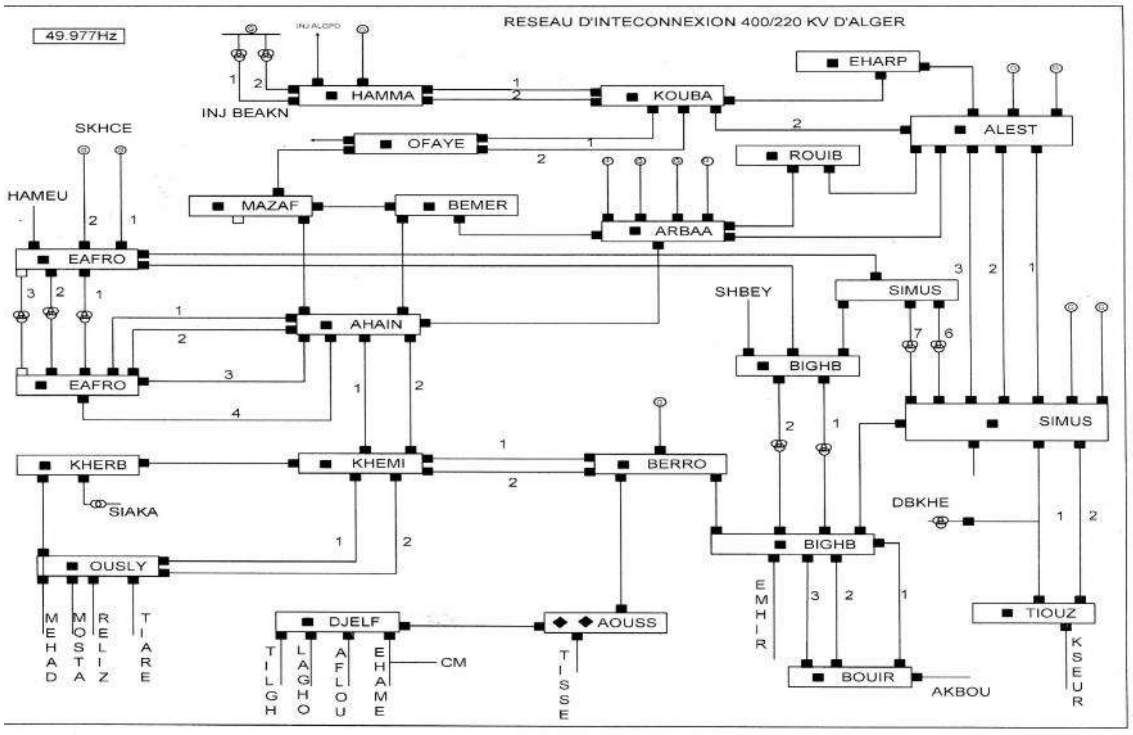
Introduction

Dans ce chapitre, nous présentons le réseau objet d'étude, puis nous exposons les résultats issus de la méthode classique, basé sur les multiplicateurs de Lagrange, et ceux issus des Algorithmes Génétiques.

Aussi, une analyse des paramètres des algorithmes génétiques sera donnée pour aboutir aux bons paramètres, (Probabilité de croissement, mutation, la taille de population, et le nombre de génération).

IV-1. Présentation du réseau algérien

le réseau d'interconnections régional Alger 400/220 kV sont composé par les caractéristiques suivantes, Nombre de jeux de barres 27 , nombre de générateurs 07 tension de jeu de barre de référence 1.02 pu. Jeux de barres de contrôle [1, 2, 5, 8, 19 ,23 ,26], Nombre de linge 47 , les données de ce système sont données et assignées en annexe**.** Le schéma unifilaire du réseau régional Alger (27 bus) schématisé comme suit :



IV.2 : Formulation du Problème

Dans cette partie, on présente le problème posé par l'industriel et comment on le modélise, et on lui donne une forme mathématique (un polynôme du deuxième degré), en tenant compte des contraintes. Après, on développe l'algorithme génétique. Enfin, nous programmé le fonctionnement de notre réseau avec les deux méthodes, puis nous faisons une comparaison entre les deux méthodes.

IV.3 : Forme mathématique

Le problème de dispatching économique consiste à minimiser la fonction objective du coût total de production, qui est donnée par l'équation suivante :

$$c_i(p_{gi}) = \sum_{i=1}^{ng} a_i + b_i p_{gi} + c_i p^2_{gi} \qquad \text{(IV.1)}$$

ng: nombre de générateurs.

a_i, b_i, c_i représentent les coefficients de la fonction coût.

Cette optimisation doit respecter certaine contraintes d'égalité et d'inégalité : La contrainte d'égalité est :

$$\sum_{i=1}^{ng} p_{gi} = p_d + p_{loss} \qquad \text{(IV.2)}$$

Avec p_d : la puissance demandée.

p_{loss} : Pertes actives de toutes les lignes électriques.

Contraintes d'inégalités.

$$p_{gi}^{\min} \le p_{gi} \le p_{gi}^{\max} \qquad \text{(IV.3)}$$

Avec : ng nombre de générateur

Les coefficients du coût de générateurs de production, ainsi les limites inferieures et supérieures de générateurs de production, la puissance demandée vaut 1777MW, sont mentionnées à annexe

Toutes les approches proposées dans ce mémoire ont été développé sous environnement MATLAB 7.9, chaque programme a une procédure pour le calcul de l'écoulement de puissance par la méthode de *NEWTHON-RAPHSON* décrite au deuxième chapitre. La tolérance de l'écoulement de puissance a été fixée 10^{-4} p.u que nous jugeons suffisante. Pour le développement d'algorithme génétique (GA).le nombre de bits .nous avons préféré d'avoir une précision er= 10^{-6}.

$$BIT = \log_2[\frac{x_{\min} - x_{\max}}{er}] \quad \text{(IV.4)}$$

$$= entier(\log_2[\frac{x_{\min} - x_{\max}}{er}]) + 1 \quad \text{(IV-5)}$$

IV-4. Influence Pc : afin d obtenir la valeur de probabilité de croissement optimal nous fessons venir Pc entre 0-1 nous remarquons que Pc=0.80donne des bonnes performances.

Tab IV-1 Résultats pour différentes valeurs de croisement
(Pop=20,max géné. =400,Pm=0,04,)

	Croisement								Class
	0,30	**0,40**	**0,50**	**0,60**	**0,70**	**0,80**	**0,90**	**0,95**	
P_{g1}	199,66	199,64	199,05	199,31	199,81	199,44	198,06	198,93	200,00
P_{g2}	229,41	266,72	277,08	280,12	250,22	269,56	281,59	251,67	273,20
P_{g3}	266,07	252,46	224,51	244,83	284,14	263,19	297,56	233,14	254,27
P_{g4}	258,67	236,74	266,82	283,53	256,58	255,44	263,50	259,32	267,39
P_{g5}	266,98	284,11	256,49	284,04	286,00	263,74	247,43	272,89	265,60
P_{g6}	317,42	268,98	272,95	242,85	255,30	272,77	236,52	293,24	266,70
P_{g7}	250,85	280,35	292,21	254,36	256,95	265,02	264,76	279,76	264,25
P_{loss}	12,07	11,99	12,12	12,05	12,00	12,15	12,42	11,95	12,41
C_t DA/h	**3667173,27**	**3644511,11**	**3648042,92**	**3644343,79**	**3647474,34**	**3635954,92**	**3658797,28**	**3648006,57**	**3634352,18**

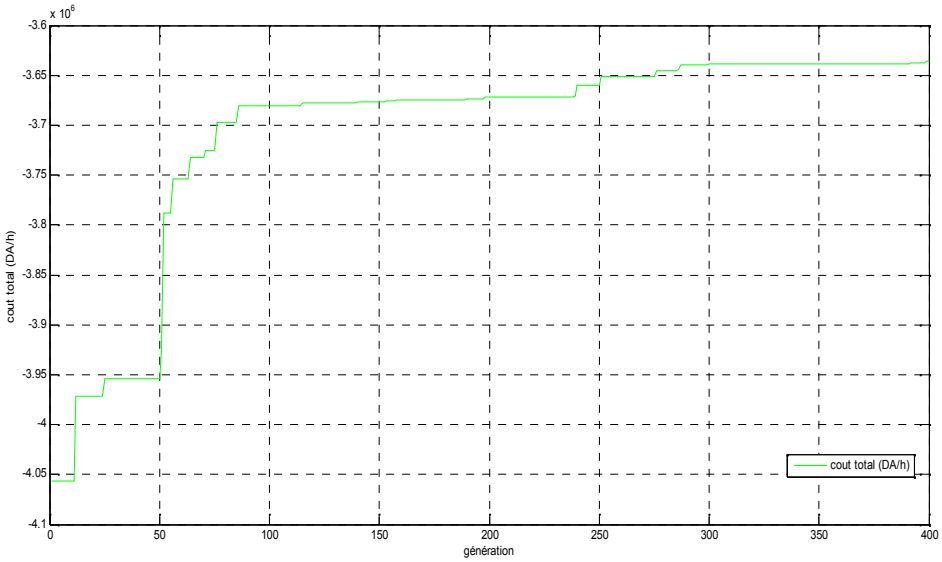


Figure IV-1 cout total pour meilleur point de croisement

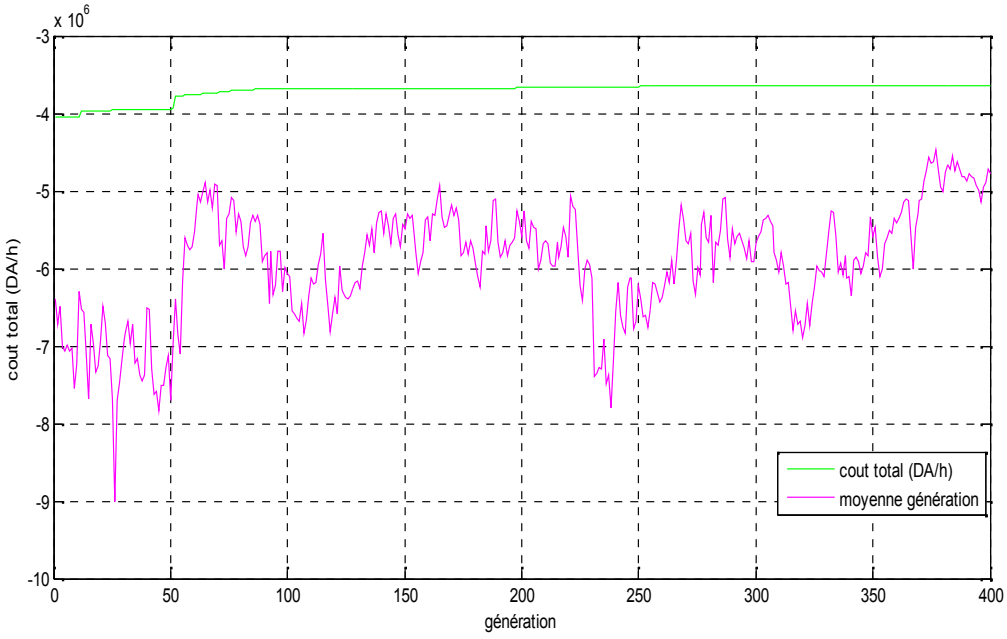


Figure IV-2 cout total pour meilleur point de croisement avec moyenne génération

IV-5. Influence p_m :afin d obtenir la valeur de probabilité de mutation optimal nous fessons venir Pc entre 0-1 nous remarquons que Pm=0.04donne des bonnes performances.

Tab IV-2 Résultats pour différentes valeurs de mutation
(Pop=20,Pc=0, 4,max géné =400,)

	mutation								Class
	0,04	**0,06**	**0,09**	**0,20**	**0,50**	**0,70**	**0,80**	**0,90**	
P_{g1}	199,97	200,00	199,95	196,86	192,56	194,58	199,03	199,44	200,00
P_{g2}	269,95	269,48	275,35	255,92	269,13	243,14	258,37	267,52	273,20
P_{g3}	253,04	243,66	258,23	253,46	278,98	283,13	260,86	269,36	254,27
P_{g4}	259,74	266,49	251,00	246,72	281,04	312,32	308,03	284,53	267,39
P_{g5}	274,39	263,83	257,82	278,07	298,85	267,49	283,57	277,41	265,60
P_{g6}	264,79	281,35	267,84	278,07	257,03	227,27	218,54	275,00	266,70
P_{g7}	267,17	264,31	279,00	259,74	211,47	261,30	260,74	215,91	264,25
P_{loss}	12,05	12,11	12,19	8,15	12,06	12,24	12,15	12,17	12,41
C_t DA /h	**3634421,33**	**3636223,46**	**3637737,36**	**3649513,60**	**3675073,0**	**3675870,5**	**3666323,63**	**3656312,6**	**3634352,18**

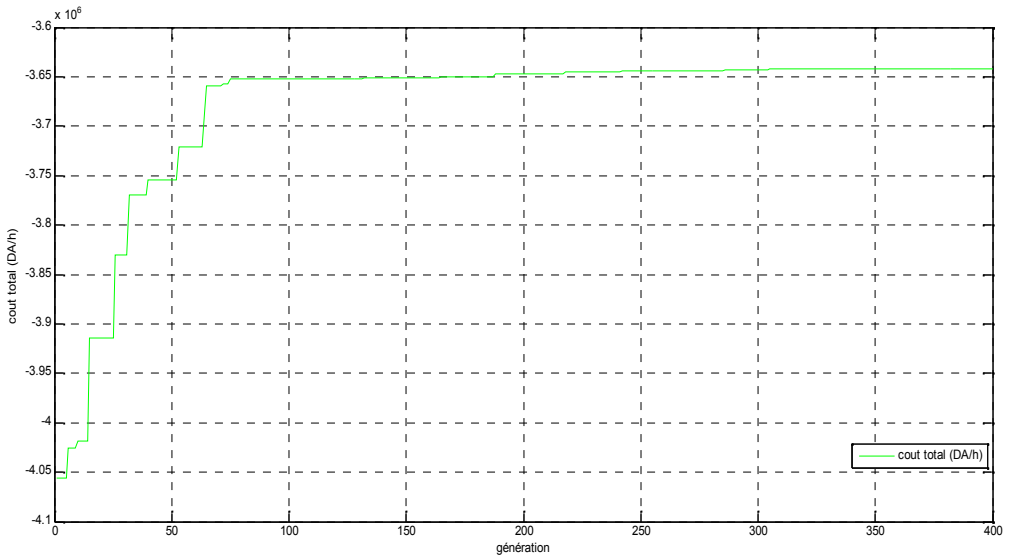


Figure IV-3 cout total pour meilleur point de mutation

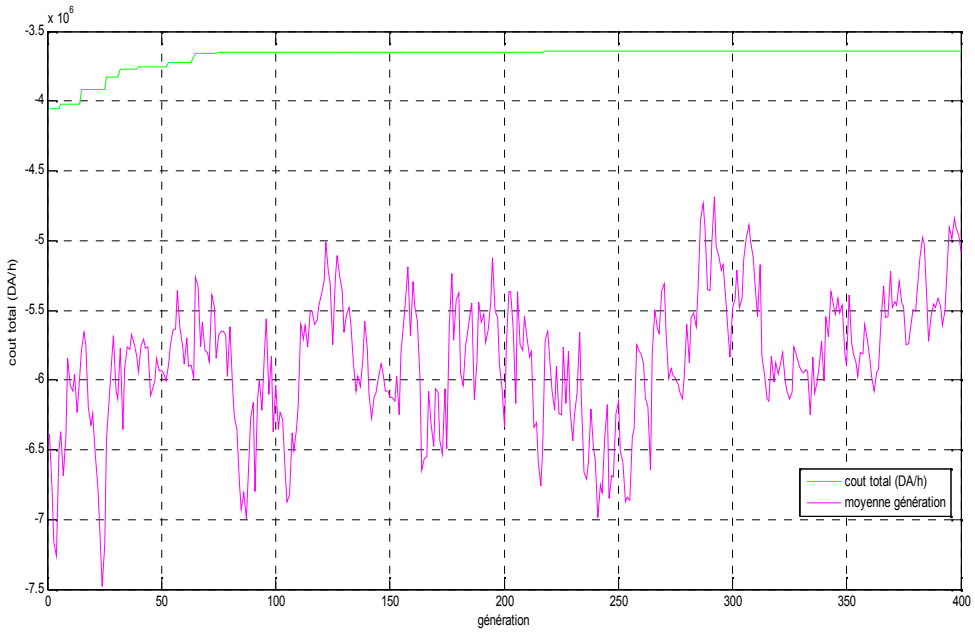


Figure IV-4 cout total pour meilleur point de croisement avec moyenne génération

IV-6. Influence de la taille de la population

afin d obtenir la valeur de probabilité de taille de la population optimal nous fessons venir P entre 30-200 nous remarquons que P=50 donne des bonnes performances.

Tab IV-3 Résultats pour différentes valeurs de taille de population

(max géné=1200,Pc=0, 8,Pm=0,04,)

	Taille de population							Class
	30,00	**50,00**	**80,00**	**100,00**	**120,00**	**150,00**	**200,00**	
P_{g1}	199,45	199,60	175,26	197,54	198,25	191,30	199,10	200,00
P_{g2}	256,51	275,34	248,07	285,37	302,41	276,99	256,03	273,20
P_{g3}	255,86	282,06	202,98	280,61	258,04	223,90	241,58	254,27
P_{g4}	257,26	275,58	317,17	178,87	297,02	251,44	213,85	267,39
P_{g5}	251,13	258,58	242,28	261,01	249,35	270,98	272,60	265,60
P_{g6}	298,50	242,18	265,45	302,32	233,76	252,17	330,18	266,70
P_{g7}	269,99	255,94	337,98	283,74	250,63	322,21	275,74	264,25
P_{loss}	11,70	12,28	12,19	12,45	12,46	11,98	12,09	12,41
C_t DA/h	**3645453,12**	**3645176,36**	**3746019,36**	**3710365.27**	**3660276.96**	**3676513.63**	**3687709,28**	**3634352,18**

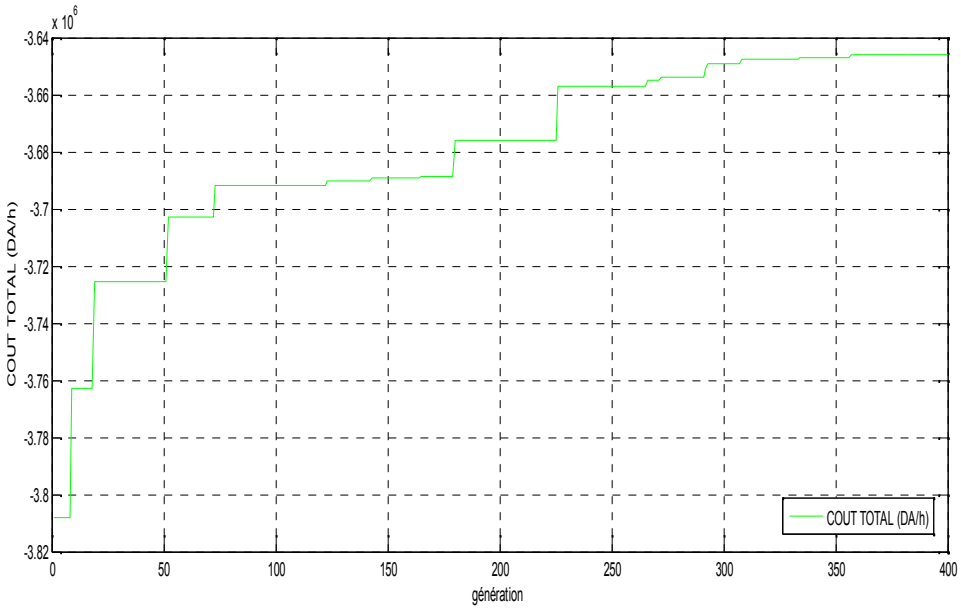


Figure IV-5 cout total pour meilleur point de la taille de population

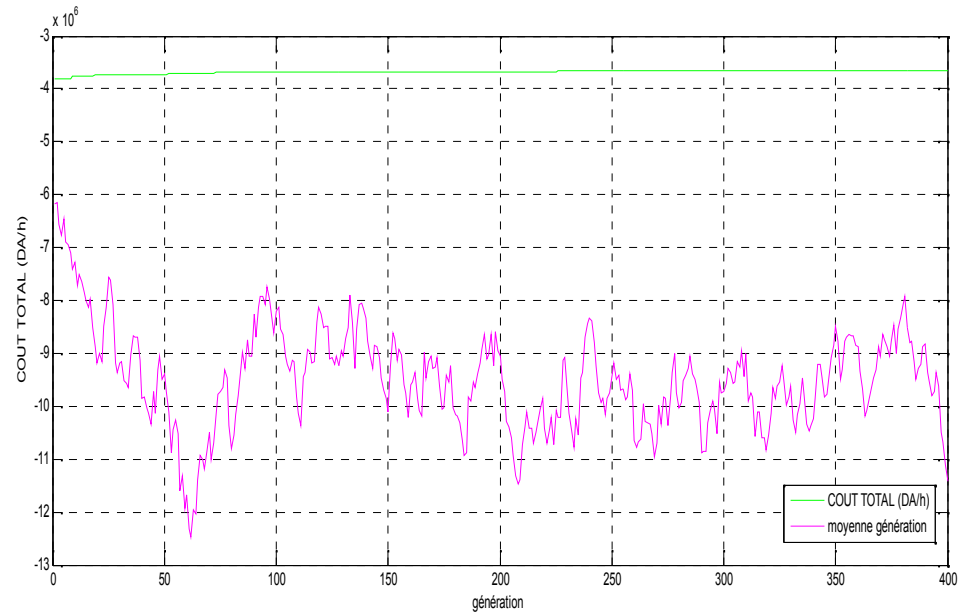


Figure IV-6 cout total pour meilleur point de la taille de population avec moyenne génération

IV-7. Influence du nombre de génération

Afin d obtenir la valeur de probabilité de nombre génération optimal nous fessons venir Pc entre 50-1200 nous remarquons que Pg=1200 donne des bonnes performances.

Tab IV-4 Résultats pour différentes valeurs de génération max
(Pop=20,Pc=0,4,Pm=0,04)

	Génération							Class.
	50	100	150	250	300	600	1200	
P_{g1}	148,18	199,44	199,25	199,63	199,63	199,92	199,97	200,00
P_{g2}	311,62	274,06	278,39	266,72	260,40	260,55	269,94	273,19
P_{g3}	270,93	228,72	228,73	252,45	252,46	257,55	253,04	254,27
P_{g4}	203,23	239,78	239,80	236,73	242,83	249,94	259,74	267,39
P_{g5}	291,11	294,06	284,69	284,11	284,69	274,36	274,38	265,60
P_{g6}	274,79	270,89	272,85	268,97	268,97	267,60	264,79	266,70
P_{g7}	289,14	281,93	285,25	280,35	279,94	279,05	267,16	264,24
P_{loss}	12,04	11,92	11,97	11,98	11,95	12,02	12,05	12,41
C_T DA/h	3754781,71	3652196,189	3650726,63	3644511.10	3642771,16	3638229,04	3634421,33	3634352,18

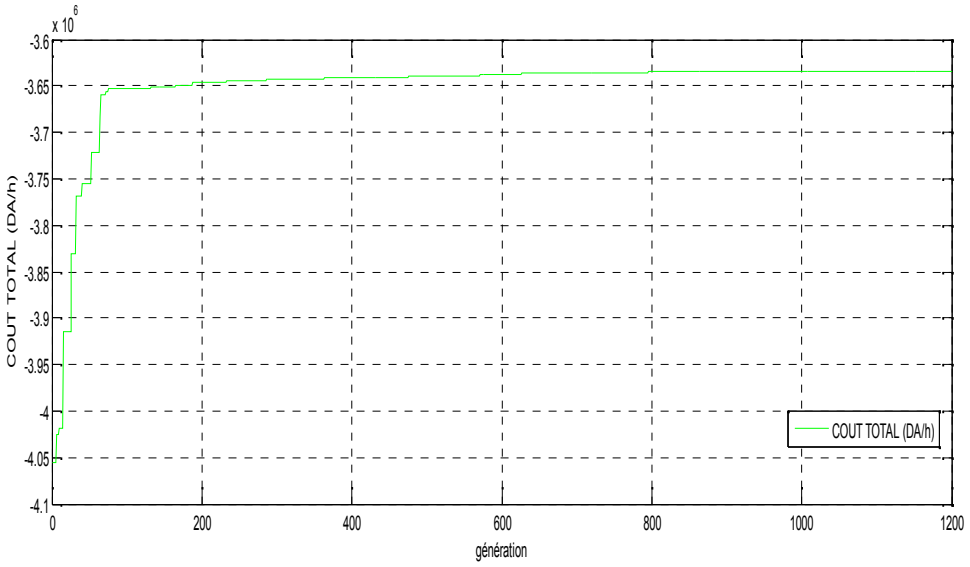


Figure IV-7 cout total pour meilleur point de la max de génération

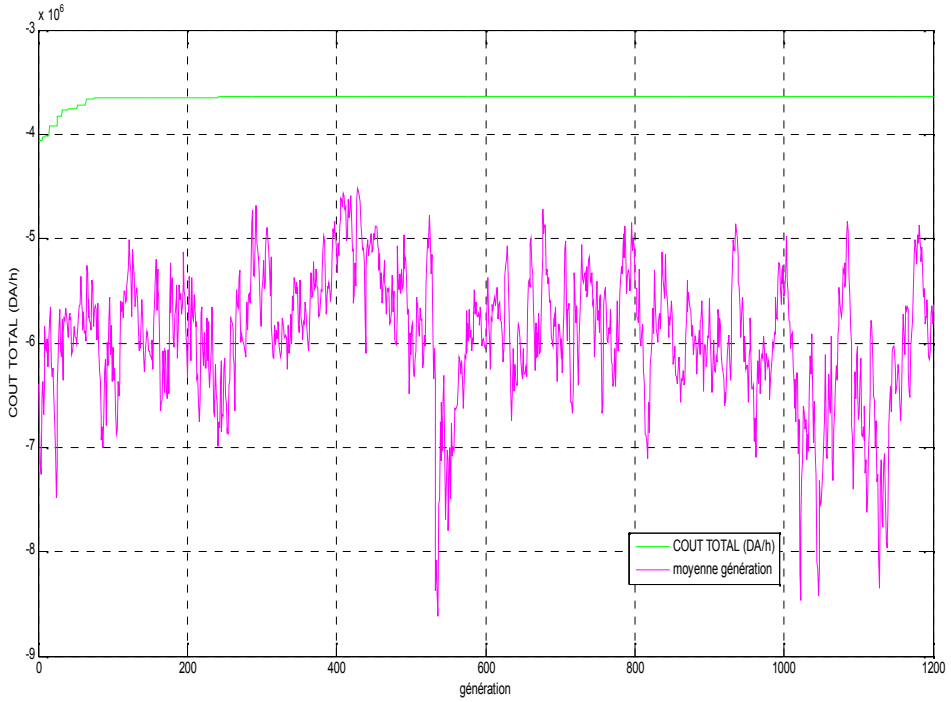


Figure IV-8 cout total pour meilleur point de la max de génération avec moyenne génération

IV-8 Paramètre optimaux

Après calculer et modifie les valeurs de chaque composent de algorithme génétique nous avons prendre la meilleur point de chaque composent de algorithme génétique. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau IV-5 résulta pour paramètre optimaux
(.géné=1200.Pop=50,Pc=0,4,Pm=0,04)

	P_{g1}	P_{g2}	P_{g3}	P_{g4}	P_{g5}	P_{g6}	P_{g7}	P_{loss}	**Cout totale**
classique	200,00	273,19	254,27	267,39	265,60	266,70	264,24	12,41	3634352,18
(GA)	199.87	279.22	264.70	275.07	257.58	249.92	262.85	12,24	3637922,96

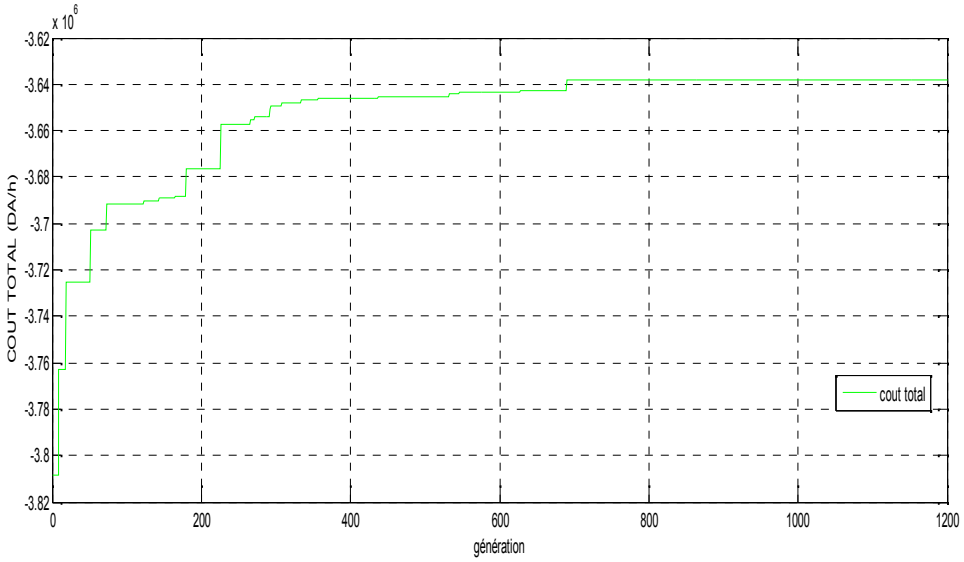


Figure IV-9 cout total par paramètre optimaux d'algorithme génétique (GA)

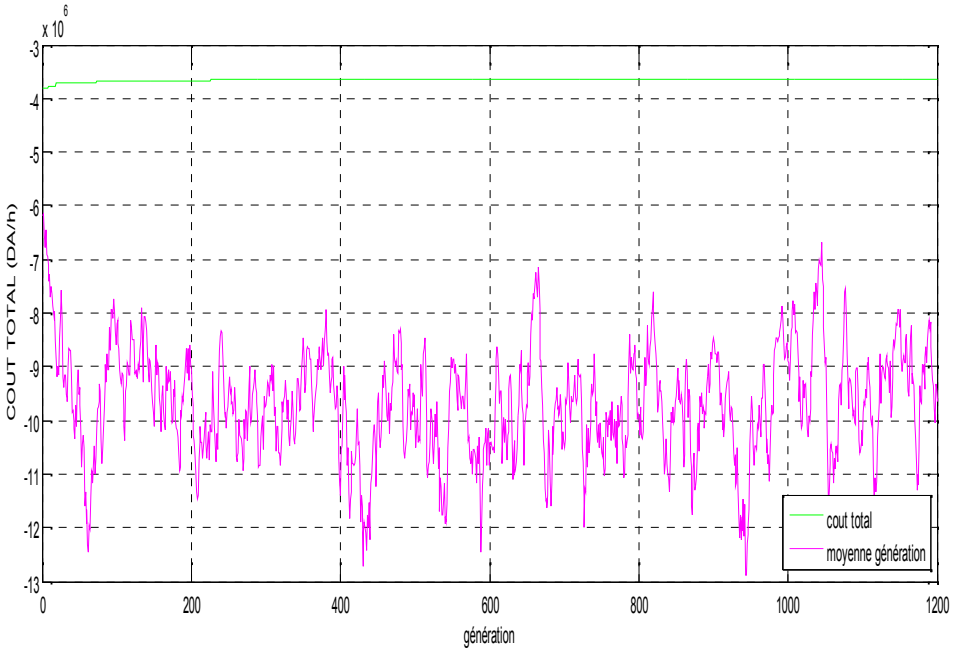


Figure IV-10 cout total par paramètre optimaux d'algorithme génétique (GA) avec moyenne génération

Conclusion

Il est évident que la méthode classique basée sur les multiplicateurs de Lagrange est la meilleur du faite que la dérivée est facilement calculable (une fonction quadratique).

Cependant, dans le cas où cette dérivée est difficile à évaluer, la méthode GA est la plus adéquate, ce qui n'est pas notre cas.

Conclusion Générale

Dans ce travail nous avons étudié le problème de dispatching économique dans les grands réseaux électriques. a titre exemple nous avons étudier le réseaux régionale algérois a duel.(avril 2014).

Nous avons comparé le résultat obtenu par la méthode classique basée sur les multiplicateurs de langage et la méthode métahenistique qui est les algorithmes génétiques.

Bien sure la méthode classique est la plus fiable (temps d'exécution nettement inferieur)

La méthode classique est le meilleur dans ce cas, cependant dans d'autre problème de réseaux électrique a la dérivée. Nous aboutissons a des fractions non dérivable, les algorithmes génétiques offre une bonne alternative.

Comme perspective de travail nous comptons :

- incorporer les FACTS et HVDC
- introduire les générations dissepersé (énergies renouvelables).
- et la dérégulation du marché d'électricité.

Bibliographies

[1] Sayeh Samir "Application de l'Intelligence Artificielle pour le Fonctionnement Optimal des Systèmes Electriques Thèse de doctorat université de Sétif Algérie.

[2] Yang Jun-jie, Zhou Jian-zhong, YU Jing, et al., "A Hybrid Intelligent Genetic Algorithm For Large Scale Unit Commitment", Power System Technology, Vol.28, No.19,2004, pp. 47-50.

[3] A.J. Wood, B.F. Wollenberg, Power generation operation and control, Second. Edition, John Wiley & Sons, New York, NY, 1996.

[4] Wang C, Shahidehpour SM. Effects of ramp rate limits on unit commitment and economic dispatch. IEEE Trans Power Syst 1993;8:1341–50.

[5] A. J. Svoboda, C. Tseng , C. Li, R. B. Johnson''Short-Tenn Resource Scheduling with Ramp Constraints'', submitted to the IEEE PES I996 Winter meeting.

[6] Site www.google.fr/iamge réseaux électrique moderne.

[7] Théodore Wildi et Gilbert Sybille, Électrotechnique, 4e édition, Québec, Presse de l'Université Laval / De Boeck, 2005, 1215 p.

[8] Vincent Rious, « Le développement du réseau de transport dans un système électrique libéralisé, un problème de coordination avec la production », Thèse de Doctorat en Sciences économiques, U-Paris- Sud 11, 2007.

[9] Slimani linda '' Contribution à l'application de l'optimisation par des méthodes metaheuristiques à l'écoulement de puissance optimal dans un environnement de l'électricité dérégulé. Thèse de doctorat université de Batna 12/2009.

[10] T. Bouktir ; ''Application de la programmation orientée objet à l'optimisation de l'écoulement de puissances'', Thèse de doctorat d'état. Université de Batna, Algérie, juin 2004.

[11] M. A. Abido,"Multiobjective Evolutionary Algorithms for Electric Power Dispatch Problem," IEEE Trans on Evolutionary computation ,vol. 10,NO.3,june .2006 .

[12] M. A. Abido, "A niched Pareto genetic algorithm for multiobjective environmental/economic dispatch," Electrical Power and Energy Systems, vol. 25, pp. 97–105, 2003 .

[13] H. Saadat, Power system analysis, Second Edition, McGraw-Hill International Editions, 2004.

[14] T.Nadeem Malik ,A ul Asar ,M.F.Wyne,S.Akhtar ”A new hybrid approach for the solution of nonconvex economic dispatch problem with valve-point effects”Electric Power Systems Research 80 (2010) 1128-1136.

[15] Victoire TAA, Jeyakumar AE.’’Hybrid PSO–SQP for economic dispatch with valve-point effect’’. Electric Power Syst Res 2004;71:51–9.

[16] L. Bayón, J.M. Grau, M.M. Ruiz, P.M. Suárez ‘’ Algorithm for calculating the analytic solution for economic dispatch with multiple fuel units’’Computers & Mathematics with Applications, Volume 62, Issue 5, September 2011, Pages 2225-2234.

[17] Mark A. Delucchi, Mark Z. Jacobson’’ Providing all global energy with wind, water, and solar power, Part II: Reliability, system and transmission costs, and policies’’ Energy Policy Volume 39, Issue 3, March 2011, Pages 1170–1190.

[18] Fan JY, McDonald JD. A ‘’practical approach to real time economic dispatch considering unit’s prohibited operating zones’’. IEEE Trans Power Syst 1994;9(4):1737–43.

[19] Abdani Rafik ,Mémoire de Magistère ‘’ optimisation de l’écoulement de puissance dans un marché d’électricité dérégulé par essaim de particules’’ Centre universitaire d’Oum el Bouaghi.

[20] Coelho LdS, Mariani VC.‘’Combining of chaotic differential evolution and quadratic programming for economic dispatch optimization with valve-point effect’’. IEEE Trans Power Syst 2006;21:989–96.

[21] Chowdhury, B.H.; Rahman, S.; “A Review of Recent Advances in Economic Dispatch”, IEEE Transactions on Power Systems, Volume 5, Issue 4, Nov.1990 pp.1248 – 1259

[22] Mekhamer SF, Abdelaziz AY, Kamh MZ, Badr MAL.’’Dynamic economic dispatch using a hybrid hopfield neural network quadratic programming based technique’’. Electr Power Compon Syst2009;37:253–64.

[23].jh .hollend,adaptition in natural and artificiel systems,university of michigan press.1975

hollend ,1975

[`24] D.G goldberg,genetic alghorithem in search,optimition and machine learning,addison-wesly,1989.goldberg 1989.

[`25] A.chipperfield ,P.fleming Hpohlhiim abd C.fonseca,genitic alghorithem toolbox user guide.versien 1.2,department of automatic control and systeme energinineering .university of sheffiled .chipperfield et al .

[`26] C.Darwin ,on the origin of specie by meansof natural selection ,or the preservation of favored raced in the stuggle for life 1859.